

Школа Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки 21.03.01 Нефтегазовое дело
 Отделение школы Отделение нефтегазового дела

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Оптимизация системы поддержания пластового давления при разработке низкопроницаемых коллекторов на месторождениях Западной Сибири

УДК 622.276.4(571.1)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Б7Г1	Лунгол Алиса Владимировна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Пулькина Наталья Эдуардовна			

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Гасанов Магеррам Али оглы	Д.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Авдеева Ирина Ивановна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Максимова Юлия Анатольевна			

Результаты освоения ООП

Код	Результат освоения ООП	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон
Р1	Применять базовые естественнонаучные, социально-экономические, правовые и специальные знания в области нефтегазового дела, самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОК(У)-1, ОК(У)-2, ОК(У)-4, ОК(У)-6, ОК(У)-7, ОК(У)-8, ОПК(У)-1, ОПК(У)-2)</i>
Р2	Решать профессиональные инженерные задачи на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ ОК(У)-3, ОК(У)-5, ОК(У)-9, ОПК(У)-5, ОПК(У)-6)</i>
Р3	Осуществлять и корректировать технологические процессы при эксплуатации и обслуживании оборудования нефтегазовых объектов	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ПК(У)-1, ПК(У)-2, ПК(У)-3, ПК(У)-6, ПК(У)-7, ПК(У)-8, ПК(У)-10, ПК(У)-11)</i>
Р4	Выполнять работы по контролю промышленной безопасности при проведении технологических процессов нефтегазового производства и применять принципы рационального использования природных ресурсов а также защиты окружающей среды в нефтегазовом производстве	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ, (ПК(У)-4, ПК(У)-5, ПК(У)-9, ПК(У)-12, ПК(У)-13, ПК(У)-14, ПК(У)-15)</i>
Р5	Получать, систематизировать необходимые данные и проводить эксперименты с использованием современных методов моделирования и компьютерных технологий для решения расчетно-аналитических задач в области нефтегазового дела	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК(У)-4, ПК (У)-23, ПК (У)-24)</i>
Р6	Использовать стандартные программные средства для составления проектной и рабочей и технологической документации в области нефтегазового дела	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ ОК(У)-4, ОПК(У)-3, ОПК(У)-5, ОПК(У)-6, ПК(У)-25, ПК(У)-26)</i>
Р7	Работать эффективно в качестве члена и руководителя команды, формировать задания и оперативные планы, распределять обязанности	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК(У)-4, ПК(У)-9, ПК(У)-14), требования профессионального стандарта 19.021 Специалист по промысловой геологии</i>

Код	Результат освоения ООП	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон
	членов команды, нести ответственность за результаты работы при разработке и эксплуатации месторождений	
Р8	Управлять технологическими процессами, обслуживать оборудование, использовать любой имеющийся арсенал технических средств, обеспечивать высокую эффективность при разработке и реализации проектов нефтегазовых объектов	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК(У)-5, ОПК(У)-6, ПК(У)-9, ПК(У)-11), требования профессионального стандарта 19.007 Специалист по добыче нефти, газа и газового конденсата</i>
Р9	Повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности на опасных производственных объектах, соблюдать правила охраны труда и промышленной безопасности, выполнять требования по защите окружающей среды	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК(У)-6, ОПК(У)-7, ПК(У)-4, ПК(У)-7, ПК(У)-13), требования профессионального стандарта 19.007 Специалист по добыче нефти, газа и газового конденсата, 19.021 Специалист по промысловой геологии.</i>

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
 Отделение школы: Отделение нефтегазового дела

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Ю. А. Максимова
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Б7Г1	Лунгол Алиса Владимировна

Тема работы:

Оптимизация системы поддержания пластового давления при разработке низкопроницаемых коллекторов на месторождениях Западной Сибири	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	28.04.2022 №118-11/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	20.06.2022
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Тексты и графические материалы отчетов и исследовательских работ, фондовая и научная литература, технологические регламенты нормативные документы.
---------------------------------	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Особенности разработки месторождений Западной Сибири с низкопроницаемыми коллекторами; Анализ технологических показателей системы поддержания пластового давления на месторождениях Западной Сибири; Оптимизация системы поддержания пластового давления на низкопроницаемых коллекторах.
---	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Социальная ответственность	старший преподаватель, Авдеева И. И.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	профессор, д.э.н. н. Гасанов М.А.

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	29.04.2022
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
старший преподаватель	Пулькина Наталья Эдуардовна			29.04.22

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Б7Г1	Лунгол Алиса Владимировна		29.04.22

Реферат

Выпускная квалификационная работа состоит из 95 страниц, 9 рисунков, 27 таблиц, 48 источников.

Ключевые слова: поддержание пластового давления, нестационарное заводнение, сетка скважин, низкопроницаемые коллектора, нагнетательные скважины, заводнение.

Объектом исследования является система поддержания давления.

Цель работы – оптимизации системы поддержания пластового давления при разработке низкопроницаемых коллекторов на месторождениях Западной Сибири.

В результате исследования был проведен полный анализ и получено полноценное представление о существующей системе поддержания пластового давления на месторождениях Западной Сибири, было рассмотрено усовершенствование технологических схем. Также представлены данные об энергоэффективности модернизированных методов поддержания пластового давления и нового энергосберегающего оборудования.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- ППД – поддержание пластового давления;
- ППР – планово-предупредительный ремонт;
- ГРП – гидравлического разрыва пласта;
- КИН – коэффициент извлечения нефти;
- ГС – горизонтальная скважина;
- ВПП – Выравнивание профиля приемистости;
- ЗБС – зарезка боковых стволов;
- ПАВ – поверхностно-активные вещества;
- ВРБ – водораспределительные блоки;
- БКНС – блочная кустовая насосная станция;
- УПСВ – установка предварительного сброса воды;
- ЦПС – центральный пункт сбора нефти;
- ТРИЗ – трудноизвлекаемые запасы нефти;
- ОПЗ – операция по обработке призабойной зоны;
- СПС – сшитых полимерных составов.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	10
1 Особенности разработки месторождений Западной Сибири с низкопроницаемыми коллекторами.....	13
1.1 Геолого-промысловая характеристика месторождений Западной Сибири	13
1.2 Методы повышения нефтеотдачи	14
1.3 Системы разработки для низкопроницаемых коллекторов.....	17
1.4 Роль системы поддержания пластового давления при разработке месторождений.....	18
2 Анализ системы поддержания пластового давления на месторождениях Западной Сибири	24
2.1 Технологические схемы системы ППД	24
2.2 Технологическое оборудование для закачки воды.....	27
2.3 Подготовка воды для использования в системе ППД.....	32
3 Оптимизация системы поддержания пластового давления на низкопроницаемых коллекторах	34
3.1. Обзор современных методов повышения эффективности системы ППД.....	34
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение... 47	
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения..	47
4.2 Планирование научно-исследовательских работ.....	53
4.3 Бюджет научно-технического исследования	57
4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	63
5 Социальная ответственность	69
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности... 69	
5.2 Производственная безопасность	70

5.3 Анализ опасных и вредных производственных факторов	72
5.4 Экологическая безопасность	82
5.5 Безопасность при чрезвычайных ситуациях.....	84
Заключение.....	87
Список используемых источников	89

Введение

Выбор оптимального способа разработки низкопроницаемых коллекторов является важнейшей задачей для большинства нефтедобывающих компаний. Это связано с разбуриванием трудноизвлекаемых запасов как на новых активах, так и в краевых зонах старых месторождений.

За последние годы проблема разработки залежей с низкими коллекторскими свойствами привела к развитию технологий строительства горизонтальных скважин с многостадийным гидравлическим разрыва пласта (ГРП) и их массовому использованию при формировании систем разработки. Но подходы к выбору режима разработки прежние – заводнение пластов остается безальтернативным методом воздействия.

На основании опыта эксплуатации таких месторождений, сделан вывод о том, что необходим детальный анализ системы поддержания пластового давления (ППД) в целях принятия грамотных решений по повышению ее эффективности и совершенствованию системы разработки месторождений в целом.

Вопросы, связанные с решением проблем ППД при разработке нефтяных месторождений, сложны и многогранны. Исходя из этого, наиболее актуальные цели и задачи связаны с повышением эффективности систем ППД за счет разработки и реализации комплекса мероприятий по оптимизации заводнения продуктивных пластов и разработки целевых или специализированных технологий повышения нефтеотдачи.

Объект исследования – система поддержания пластового давления.

Предмет исследования – методы поддержания пластового давления, применяемые в условиях месторождений Западной Сибири с низкопроницаемыми коллекторами.

Цель работы – провести анализ систем поддержания пластового давления при разработке низкопроницаемых коллекторов.

Задачи работы:

- изучить геолого-географические характеристики месторождений Западной Сибири;
- рассмотреть коэффициент охвата при поддержании пластового давления на низкопроницаемых коллекторах;
- проанализировать роль системы поддержания пластового давления при разработке месторождений;
- изучить технологии закачивания воды для поддержания пластового давления;
- выделить основные направления повышения эффективности системы поддержания пластового давления на низкопроницаемых коллекторах.

Месторождения с низкопроницаемыми коллекторами выделяют в особую группу в связи с низкой технологической эффективностью их разработки имеющимися в отрасли техникой и технологиями. Эффективная разработка низкопроницаемых коллекторов и трудноизвлекаемых запасов предусматривает необходимость принятия решений по регулированию комплекса технологических процессов.

Разработка нефтяных месторождений осуществляется в нескольких этапах, которые содержат в себе контроль, анализ и регулирование процесса разработки без изменения системы разработки или с частичным её изменением. При постоянном регулировании процесса разработки нефтяных месторождений увеличивается эффективность вытеснения нефти. При влиянии на залежь, можно увеличить или уменьшить фильтрационные потоки, исходя из этого привлекаются в процесс разработки еще ранее не дренируемые участки месторождения. Таким образом происходит увеличение темпов отбора нефти, уменьшение добычи попутной воды и увеличение коэффициента конечной нефтеотдачи.

Система ППД является одним из наиболее эффективных методов повышения коэффициента извлечения нефти (КИН). Для того, чтобы поддерживать проектный уровень закачки нефти, необходимо проводить

мероприятия по выравниванию профиля притока, проводить планово-предупредительный ремонт (ППР) подземного оборудования. Помимо этого, необходимо уделить особое внимание к системе подготовки воды для закачки в пласт. В процессе эксплуатации вести мониторинг и анализ эффективности внедренной системы ППД.

1 Особенности разработки месторождений Западной Сибири с низкопроницаемыми коллекторами

1.1 Геолого-промысловая характеристика месторождений Западной Сибири

Коллекторы – это горные породы, обладающие способностью вмещать флюиды (нефть, газ и воду) и отдавать их при разработке (при перепаде давления) [1].

Коллектора можно поделить на традиционные и нетрадиционные (таблица 1). К первым относятся коллектора с проницаемостью от 0,001 и более Дарси, а ко вторым – менее 0,001 Дарси.

Таблица 1 – Характеристика проницаемости пород-коллекторов

Проницаемость, Дарси	Качество проницаемости	Коллекторы
Более 1,00	Очень высокопроницаемая	Традиционные
От 1,00 до 0,10	Высокопроницаемая	
От 0,10 до 0,01	Проницаемая	
От 0,01 до 0,001	Среднепроницаемая	
От 0,001 до 0,0001	Низкопроницаемая	Нетрадиционные
От 0,0001 до 0,00001	Сверхнизкопроницаемая	
Менее 0,00001	Экстранизкопроницаемая	
0,000000001	Нанопроницаемая	

Нетрадиционные коллектора требуют применения более сложных и современных, а поэтому дорогостоящих технологий. Ярким представителем данных коллекторов является баженовская свита.

Основную долю разрабатываемых и вводимых в освоение трудноизвлекаемых запасов нефти Западной Сибири составляет запасы легкой нефти в низкопроницаемых терригенных коллекторах (порядка 80%), в то время как их выработка не превышает 17% [2,3]. Разработка указанных

запасов осуществляется с использованием заводнения на основе применения горизонтальных скважин (ГС), зарезки боковых стволов (ЗБС), ГРП.

В низкопроницаемых коллекторах давление может достигать очень больших величин и оказывать сильное сопротивление извлечению нефти [4].

Поэтому в низкопроницаемых коллекторах расформирование зоны проникновения может оказаться вообще невозможным из-за недостаточного градиента давления (по техническим причинам), и газонасыщенный пласт после его вскрытия будет интерпретироваться как непродуктивный [5].

1.2 Методы повышения нефтеотдачи

Особого внимания требуют низкопроницаемые коллектора месторождений Западной Сибири, для которых необходимо применять особые методы повышения нефтеотдачи.

Методы повышения нефтеотдачи можно разделить на три группы: гидродинамические методы; тепловые методы; физико-химические методы.

Так, к гидродинамическим методам относится система ППД. Основным методом ППД является метод заводнения, который позволяет наращивать добычу нефти быстрыми темпами при условии, что объем закачки воды компенсирует отбор нефти из пласта.

Различают следующие виды заводнения по способу реализации:

- законтурное (вода в пласт закачивается через специальные нагнетательные скважины, расположенные в один ряд по периметру нефтяной залежи);

- внутриконтурное (воздействие на пласт происходит через систему нагнетательных скважин, которые располагаются по специальной схеме внутри контура нефтеносности);

- приконтурное (размещение нагнетательных скважин вблизи от контура нефтеносности или между внешним и внутренним контурами нефтеносности).

Однако, для низкопроницаемых коллекторов подходит только приконтурное заводнение, так как нагнетательные скважины размещаются на небольшом расстоянии от контура нефтеносности или непосредственно на этом контуре в более проницаемых частях залежи.

Также существует метод нестационарного заводнения, который играет значительную роль в повышении эффективности разработки нефтяных месторождений. Его эффективность обусловлена проникновением воды в низкопроницаемые элементы пласта при повышении давления нагнетания и перемещением нефти из низкопроницаемых прослоев в высокопроницаемую часть коллектора при снижении давления нагнетания.

Метод нестационарного заводнения применим как на ранней, так и на поздней стадии разработки. Возможно его использование и на высокообводненных месторождениях, разрабатываемых методом обычного стационарного заводнения, даже после достижения предельного рентабельного дебита добывающих скважин.

Также широко используется ГРП для повышения продуктивности скважин. ГРП представляет из себя физический процесс, при котором порода разрывается по плоскостям минимальной прочности благодаря воздействию на пласт давлением, создаваемым закачкой [6]. Таким образом повышается дебит в несколько раз, либо приемистость скважин. Это происходит за счет снижения гидравлических сопротивлений в призабойной зоне пласта и увеличения фильтрационной поверхности скважины и увеличивается конечная нефтеотдача. Таким образом, ГРП для пластов с низкой проницаемостью помогает увеличить добычу или приемистость созданием каналов с высокой продуктивностью, улучшить движение флюидов между скважиной и пластом.

Для вытеснения вязкой нефти следует ориентироваться на тепловые (термические) методы при добыче нефти. По своему содержанию они многообразны и сегодня включают следующие технологии [7]:

- вытеснение нефти горячей водой;

- вытеснение нефти паром;
- вытеснение нефти парогазом;
- вытеснение нефти терморастворителем;
- внутрислоевое горение.

В настоящее время интенсивно разрабатываются и применяются на практике физико-химические технологии, направленные на регулирование заводнения путем снижения проводимости высокопроницаемых каналов и трещин пласта с использованием осадко-гелеобразующих составов, эмульсионных и суспензионных систем [6].

Выравнивание профиля приемистости (ВПП) нагнетательных и уменьшение обводненности продукции добывающих скважин может быть достигнуто за счет проведения водоизоляционных [8]. ВПП проводят с целью:

- увеличения коэффициента охвата пласта воздействием за счет изменения направлений фильтрационных потоков закачиваемого агента в пласт, снижения проницаемости каналов низких фильтрационных сопротивлений;
- получения дополнительной добычи нефти из ранее не дренируемых зон пласта;
- снижения эксплуатационных затрат на добычу попутно добываемой воды [8].

Для ВПП применяются различные осадко- и гелеобразующие составы, а также различные технологии выполнения работ. Применяемые технологии ограничения притока воды в скважины зависят от характера влияния закачиваемой водоизолирующей массы на проницаемость нефтенасыщенной части пласта, вскрытого перфорацией, и разделяются на селективные и неселективные [9]. Такое разделение определяется физико-химическими свойствами материала.

В свою очередь, повысить эффективность системы заводнения возможно за счет изменения свойств закачиваемой воды путем добавления к ней поверхностно-активных веществ (ПАВ) [9]. Закачка в пласт водных

растворов ПАВ позволяет не только снизить поверхностное натяжение на границах раздела фаз в системе «нефть-газ-вода-порода», обеспечивая тем самым повышение коэффициента извлечения нефти, но и позволяет решать проблему набухания глинистых минералов. Известно, что определенные ПАВ способны подавлять гидратацию и набухание глин, что в пластовых условиях должно привести к увеличению фазовой проницаемости полимиктовых пород-коллекторов по нефти и в целом повысить эффективность системы заводнения [10, 11]. Кроме того, закачка в пласт раствора ПАВ позволит снизить проявление в нем капиллярных и межмолекулярных сил и, таким образом, позволит значительно уменьшить отрицательные результаты и последствия применения технологии ГРП.

1.3 Системы разработки для низкопроницаемых коллекторов

Рассмотрим разновидность систем разработки для низкопроницаемых коллекторов:

Система разработки с уплотнение сетки скважин.

Под сеткой скважин понимают сеть, по которой размещаются добывающие и нагнетательные скважины на эксплуатационном объекте [12]. Правильный выбор сетки скважин — важнейшее звено в обосновании рациональной системы разработки объекта. Поскольку затраты на бурение скважин — одна из наибольших частей капитальных затрат на разработку месторождения, необходимо предотвращать бурение лишних скважин, т. е. переуплотнение сетки. В то же время количество скважин должно быть достаточным для обеспечения необходимых темпов добычи нефти и возможно более высокого коэффициента извлечения нефти. Следовательно, необходимо обосновывать оптимальную сетку скважин. Виды сеток скважин представлен на рисунке 1 [13].

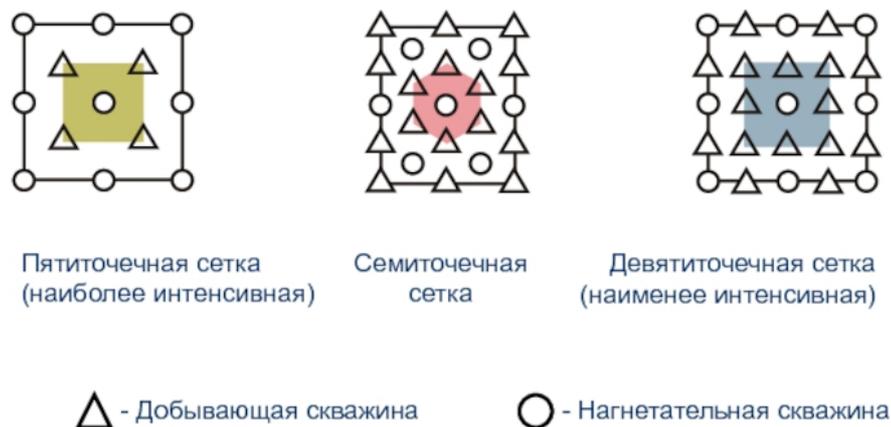


Рисунок 1 – Виды сеток скважин

Альтернативой уплотнению сетки скважин может служить бурение системы горизонтальных стволов, что позволяет значительно увеличить площадь дренирования и охват пласта воздействием.

Система разработки с бурением горизонтальных скважин.

Горизонтальное направленное бурение для нефтедобычи сопровождается использованием инновационных технологий, которые дают возможность устроить скважину с большим углом отклонения от вертикального направления [14].

Как правило, слои, которые содержат нефть, имеют горизонтальную структуру, и подобная технологическая особенность делает добычу такой нефти возможной.

Горизонтальные скважины, в отличие от стандартных, отличаются большими показателями по производительности, если сравнивать результаты бурения в одной и той же области [15].

1.4 Роль системы поддержания пластового давления при разработке месторождений

При постоянной работе нефтяного месторождения возможно снижение пластового давления, что приводит к сокращению прибыли от добычи нефти.

Однако, с помощью закачки с поверхности через нагнетательные скважины в пласт рабочего агента, можно восстановить пластовое давление [16].

Интенсификацию процесса разработки обеспечивается с помощью поддержания пластового давления закачкой воды. Такое объясняется приближением зоны повышенного давления, создаваемого за счет закачки воды в водо-нагнетательные скважины, к добывающим скважинам.

Цель ППД [17]:

- обеспечение закачки рабочего агента в пласт;
- обеспечение подготовки сеноманской воды до определенных условиями закачки показателей;
- управление эффективностью процесса поддержания пластового давления;
- повышение качества и оперативности принятия решений при управлении процессом;
- оптимизация и контроль затрат на процесс поддержания пластового давления;
- увеличение темпов отбора нефти из залежи и получить повышенные коэффициенты нефтеотдачи, характерные для напорных режимов.

Задачи ППД:

- определить метод поддержания пластового давления;
- выбрать рабочий агент для закачки в пласт;
- обеспечить качество закачиваемого агента;
- обеспечить эффективность процесса поддержания пластового давления.

В процессе эксплуатации скважин при помощи забойных и поверхностных приборов должен проводиться постоянный контроль за приемистостью, давлением нагнетания и охватом пластов заводнением по толщине. Пластовое давление, фильтрационные параметры пласта и коэффициенты приемистости скважин определяются путем исследования

скважин методами падения забойного давления и установившихся пробных закачек [18].

Взаимодействие скважин и пути перемещения по пласту закачиваемой воды изучаются по динамике давления на различных участках пласта, результатам исследований методом гидропрослушивания, геофизическими методами, добавкой в закачиваемую воду индикаторов. Оценка эффективности мероприятий по регулированию закачки воды по разрезу производится с помощью глубинных расходомеров, метода радиоактивных изотопов или высокочувствительных термометров.

Периодичность и объем исследовательских работ в нагнетательных скважинах устанавливается предприятием в соответствии с утвержденным обязательным комплексом промыслово- геофизических и гидродинамических исследований, с учетом требований технологического проектного документа на разработку.

Конструкция промысловых трубопроводов (диаметр, толщина стенки), способ их прокладки, материал для их изготовления определяются проектной организацией и обеспечивают [19]:

- безопасную и надежную эксплуатацию;
- промысловый сбор и транспорт вод системы ППД в нагнетательные скважины;
- производство монтажных и ремонтных работ;
- возможность надзора за техническим состоянием водоводов;
- защиту от коррозии, молний и статического электричества;
- предотвращение образования гидратных и других пробок.

Для закачки воды используются насосные станции и установки, базирующиеся, в основном, на центробежных поршневых насосных агрегатах.

В низкопроницаемых коллекторах, содержащих трудноизвлекаемые запасы нефти (ТРИЗ), проявление эффекта от организации системы ППД менее выражено по сравнению с традиционными высоко- и среднепроницаемыми коллекторами (рисунок 2). Эффект значительно

растянут во времени, проявляется позже, без существенного прироста от вытесняемого вала нефти, как в традиционных коллекторах [1]. Кроме того, обеспечение целевой приемистости достигается за счет создания высокого давления нагнетания, что способствует формированию трещин автоГРП и приводит к прорывам закачиваемой воды к забоям добывающих скважин. По этим причинам зачастую принимается решение по эксплуатации рассматриваемых коллекторов на режиме истощения, при этом существенно недооценивается негативное влияние на конечный коэффициент извлечения нефти (разница в 1,5-2 раза) [1, 2].

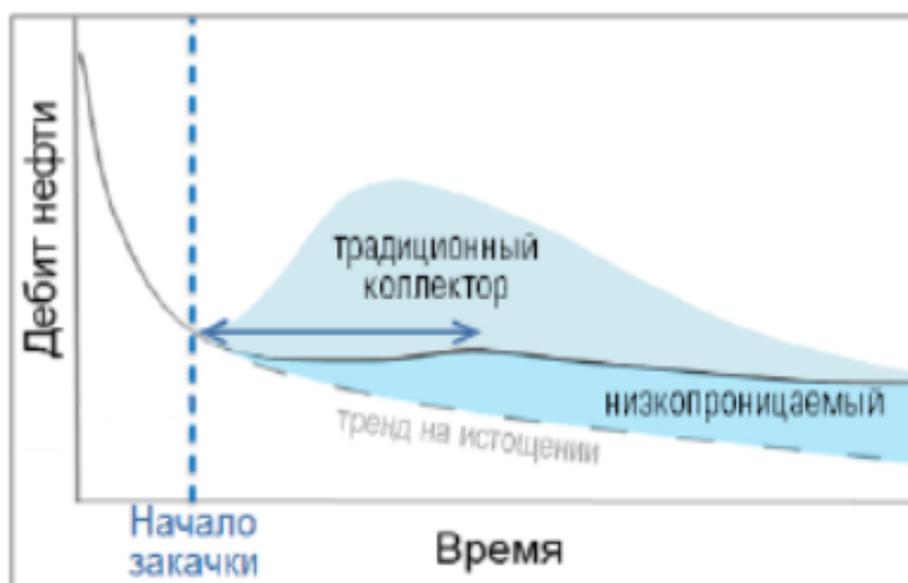


Рисунок 2 – Схематичное представление эффективности системы ППД (отклик дебита нефти) в традиционных и низкопроницаемых коллекторах [20]

Для формирования комплекса проектных решений по заводнению, направленных на повышение рентабельности разработки, необходим детальный геолого-промысловый анализ, позволяющий обосновать [21]

- оптимальное расстояние между добывающими и нагнетательными скважинами;

- соотношение добывающих/нагнетательных скважин и давление нагнетания, определяющих интенсивность закачки;

- ориентацию системы заводнения относительно стресса;

- оптимальный период отработки нагнетательных скважин на нефть.

Помимо этого, важно уделить внимание вопросу мониторинга и регулирования закачки с целью минимизации прорывов закачиваемой воды.

Проблема низкой вовлеченности запасов связана со сложностью геологического строения:

- континентальные отложения;

- большой этаж нефтеносности (общая толщина 120 м);

- высокая расчлененность и невыдержанность коллектора по площади (доля коллектора менее 15 %);

- сверхнизкая проницаемость (менее 2-10-3 мкм², объект ТРИЗ);

- низкая изученность и разведанность запасов (доля категории В2 более 60 %).

Получение рентабельных дебитов в таких терригенных коллекторах возможно только в случае проведения ГРП [14, 15]. При этом за первый год дебиты по наклонно-направленным и горизонтальным скважинам снижаются на 68 и 70 % соответственно.

Одним из основных инструментов поддержания добычи на рассматриваемом месторождении является организация системы ППД путем закачки воды.

Рассмотрим последние научные тенденции в сфере поддержания пластового давления при разработке месторождений. Размещение ННС по более плотной сетке 16 га/скв. и формирование интенсивной системы с соотношением скважин 1:1 позволило увеличить охват заводнением.

По характеру вытеснения нефти газом моделировалось несмешивающееся вытеснение с учетом массообмена между нефтью и газом, который сопровождается изменением их физико-химических свойств в переходной зоне. Состав газа для закачки в пласт соответствует

углеводородному газу, который представлен сухим газом (доля метана более 90 %). Состав оторочки газа однородный. Для реализации ВГВ и закачки газа использован попутный газ, добываемый только с исследуемой залежи. Более подробно указанные численные исследования приведены в исследовании Раянова Роберта Ришатовича [22].

При заводнении обоснована оптимальная длина горизонтального участка 500 м, расстояние между рядами нагнетания и отборов - 300 м. Забойное давление для добывающих ГС принято равным 11 МПа, что соответствует обоснованной критической величине. По сравнению с вариантом разработки с традиционным заводнением с забойным давлением 11 МПа при водогазовом воздействии с забойным давлением 11 МПа с применением наклонно-направленных добывающих скважин увеличение КИН составляет 7,9 %; с применением горизонтальных добывающих скважин увеличение КИН составляет 9,5 %.

2 Анализ системы поддержания пластового давления на месторождениях Западной Сибири

2.1 Технологические схемы системы ППД

Система ППД представляет собой комплекс технологического оборудования необходимый для подготовки, транспортировки, закачки рабочего агента в пласт нефтяного месторождения с целью поддержания пластового давления и достижения максимальных показателей отбора нефти из пласта [23].

Система ППД должна обеспечивать:

- необходимые объемы закачки воды в пласт и давления ее нагнетания по скважинам, объектам разработки и месторождению в целом в соответствии с проектными документами;

- подготовку закачиваемой воды до кондиций (по составу, физико-химическим свойствам, содержанию мех. примесей, кислорода, микроорганизмов), удовлетворяющих требованиям проектных документов;

- проведение контроля качества вод системы ППД, замеров приемистости скважин, учета закачки воды как по каждой скважине, так и по группам, пластам и объектам разработки, и месторождению в целом;

- герметичность и надежность эксплуатации системы промышленных водоводов, применение замкнутого цикла водоподготовки и заводнения пластов с использованием сточных вод;

- возможность изменения режимов закачки воды в скважины, проведения операций по обработке призабойной зоны (ОПЗ) нагнетательных скважин с целью повышения приемистости пластов, охвата пластов воздействием заводнения, регулирование процесса вытеснения нефти к забоям добывающих скважин.

Система ППД включает в себя следующие технологические узлы (рисунок 3) [24].

- систему нагнетательных скважин;
- систему трубопроводов и распределительных блоков (ВРБ);
- станции по закачке агента (БКНС), а также оборудование для подготовки агента для закачки в пласт.

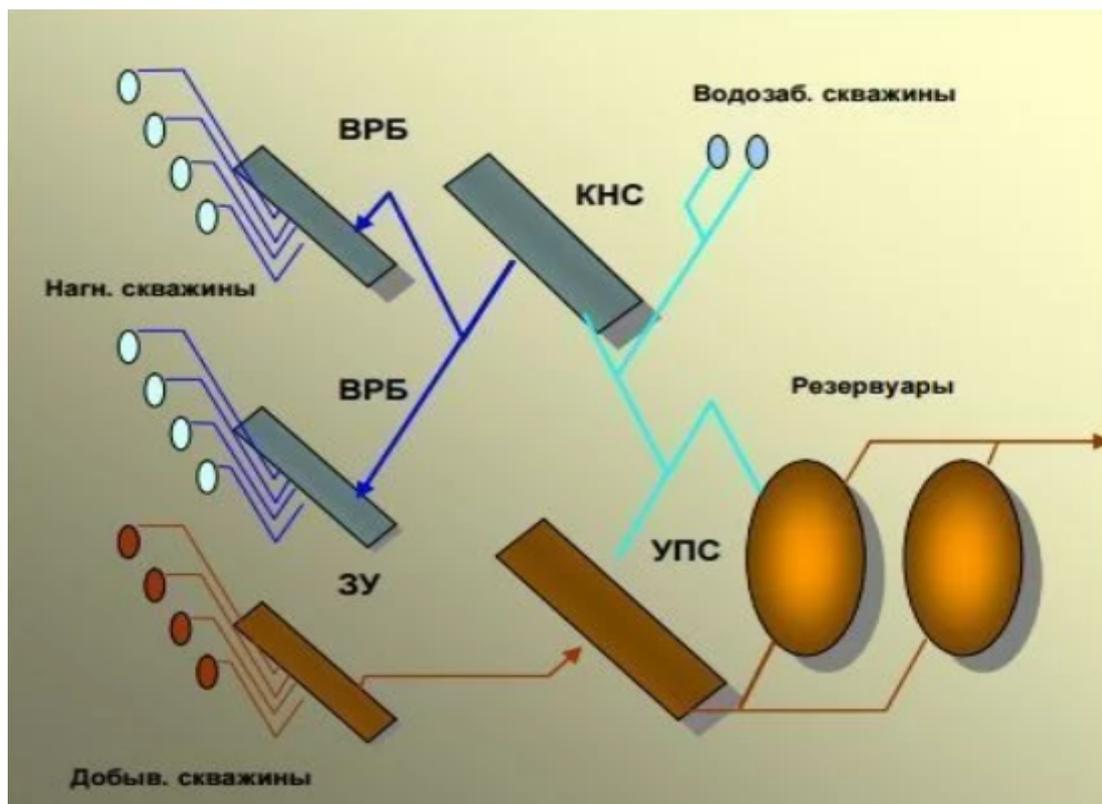


Рисунок 3 – Принципиальная схема системы ППД [24]

К трубопроводам системы поддержания пластового давления относятся:

- нагнетательные линии (трубопровод от водораспределительных блоков (ВРБ) до устья скважины);
- водоводы низкого давления (давление до 2 МПа);
- водоводы высокого давления (в водоводах высокого давления нагнетание воды осуществляется насосными агрегатами);
- внутриплощадочные водоводы (водоводы площадочных объектов).

Транспортируемой продукцией трубопроводов является агрессивная смесь вод, содержащая: механические примеси, серу, кальцит и другие вредные вещества.

Технологии сбора и транспорта продукции.

Подача воды на блочные кустовые насосные станции (БКНС) осуществляется из нескольких источников:

- по водоводам низкого давления подается пластовая вода (УПСВ и ЦППН (ЦПС));

- по водоводам низкого давления подается вода из водозаборных скважин;

- из открытых водоемов по водоводам низкого давления подается пресная вода.

Кольцевая и лучевая водораспределительные системы приведены на рисунке 4 [24].

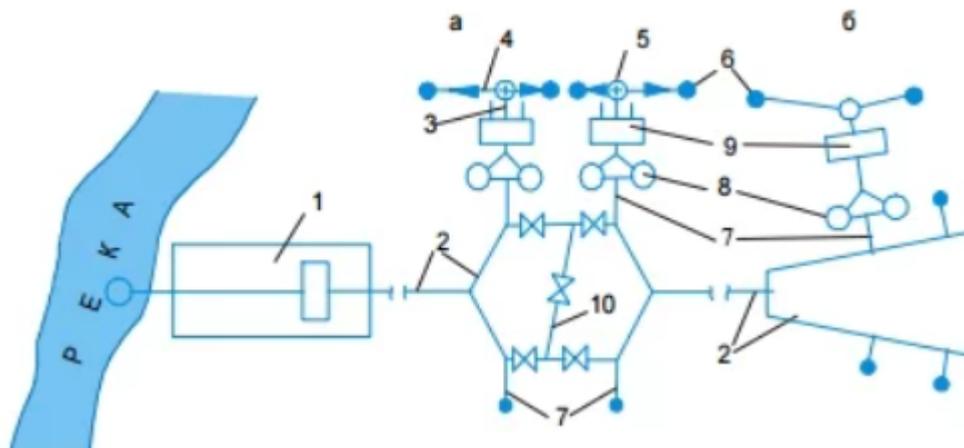


Рисунок 4 – Кольцевая (а) и лучевая (б) водораспределительные системы
1 - водоочистная станция; 2 - магистральный водовод; 3 - водовод высокого давления; 4 - нагнетательная линия; 5 - колодезь; 6 нагнетательные скважины;
7 - подводящие водоводы; 8 - подземные резервуары чистой воды; 9 - кустовая насосная станция; 10 - перемычка

Из БКНС рабочий агент (вода) через ВРБ по водоводам высокого давления и нагнетательным линиям скважин подается для закачки в пласт с целью поддержания пластового давления.

Основные технологические параметры.

Конструкция промышленных трубопроводов (диаметр, толщина стенки), способ их прокладки, материал для их изготовления определяются проектной организацией и обеспечивают:

- безопасную и надежную эксплуатацию;
- промышленный сбор и транспорт вод системы ППД в нагнетательные скважины;
- производство монтажных и ремонтных работ;
- возможность надзора за техническим состоянием водоводов;
- защиту от коррозии, молний и статического электричества;
- предотвращение образования гидратных и других пробок.

Таблица 2 – Рабочее давление в трубопроводах системы ППД [25]

Назначение трубопровода	Рабочее давление, МПа
Выкидные линии водозаборных скважин	До 2
Водоводы низкого давления	До 2
Водоводы высокого давления, нагнетательные линии скважин	10...22
Внутриплощадные трубопроводы	Согласно регламентам ДНС, БКНС, ЦППН

2.2 Технологическое оборудование для закачки воды

Блочная кустовая насосная станция

Рассмотрим на рисунке 5 типовую технологическую схему БКНС, которая в свою очередь, предназначена для закачки воды из поверхностных, подземных источников или промышленных очищенных сточных вод в нагнетательные скважины для поддержания давления в разрабатываемом продуктивном горизонте нефтяного месторождения.

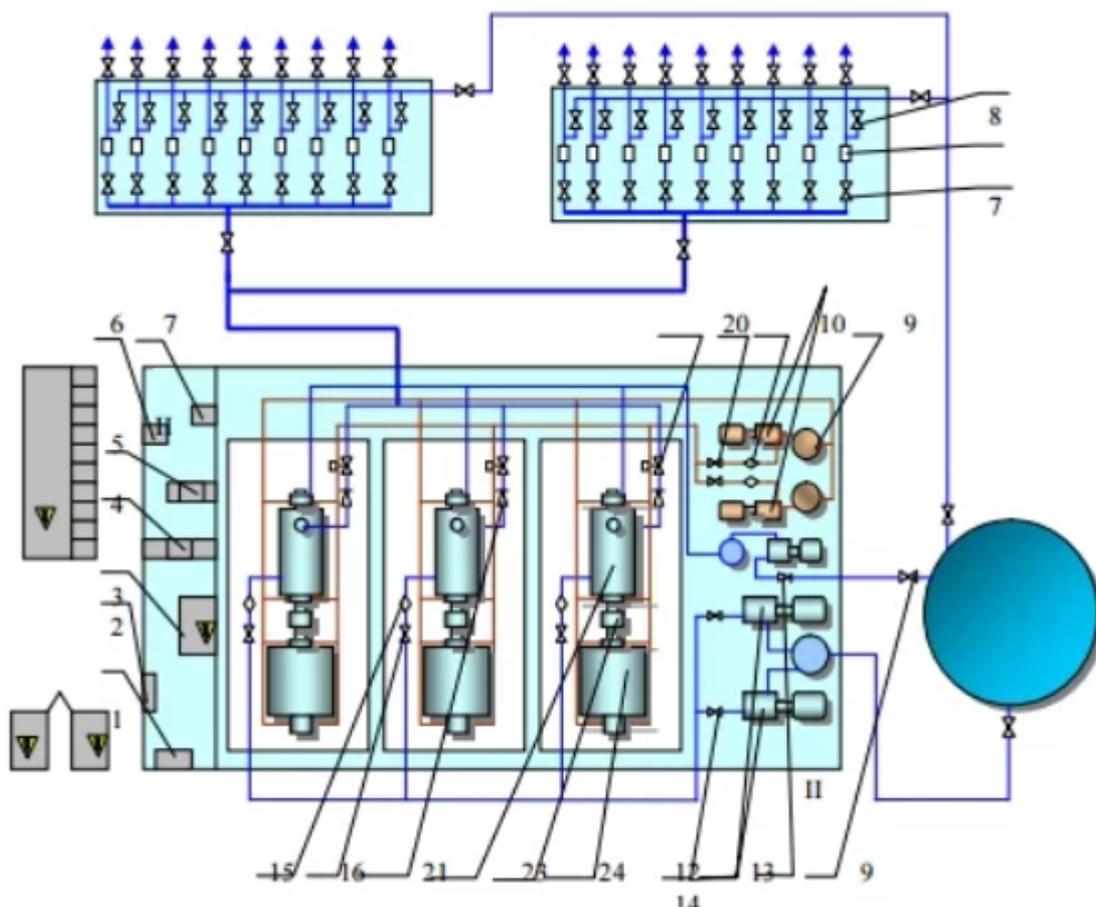


Рисунок 5 – Типовая технологическая схема БКНС [26]

На типовой технологической схеме БКНС (рисунок 5) цифрами обозначено:

1, 2, 7 - шкафы соответственно трансформаторные, вводы кабеля и управления дренажными насосами;

3 - станция управления;

4 - распределительное устройство низковольтное;

5, 6 - щиты приборный и общестанционный;

- 8, 13, 23 - насосы 1СЦВ, ЦНСК и ЦНС180;
- 9, 11, 21 - клапаны соответственно: обратный, подъемный и обратный;
- 10, 19, 26, 28 - вентили соответственно: запорный, электромагнитный, регулирующий, угловой;
- 12, 14, 16, 17, 20 - задвижки ЗКЛ и электроприводная;
- 15 - фильтр;
- 18 - маслоохладитель;
- 22 - бак масляный;
- 24 - муфта зубчатая;
- 25 - электродвигатель;
- 27 - диафрагма;
- I - насосные блоки;
- II - блок дренажных насосов;
- III - блок низковольтной аппаратуры и управления;
- IV - блок напорных гребенок;
- V - распределительное устройство РУ-6(10) кВ;
- VI - трансформаторная комплектная подстанция КТПН 66-160/6КК;
- VII - резервуар сточных вод [27].

БКНС выполнена в виде отдельных блок-боксов транспортного габарита, монтируемых на месте эксплуатации в единое здание и функционально связанных между собой технологическими, электрическими линиями. Блоки имеют законченный внутренний электромонтаж приборов и оборудования. В качестве стеновых и кровельных ограждений блок-боксов используются трехслойные металлические панели с утеплителем. Условно БКНС делится на машзал (насосные блоки) и энергозал (блоки энергообеспечения). Блоки насосные выполняют функцию повышения давления технологической воды до уровня, обеспечивающего нагнетание воды в скважины системы поддержания пластового давления (заводнения). Энергоблоки служат для автоматического управления работ насосных агрегатов, контроля параметров и сигнализации состояния технологического оборудования, защиты технологического

оборудования при изменении параметров технологического процесса сверх допустимых пределов, автоматического отключения насосного агрегата и включения резервного. Применение устройств плавного пуска позволяет снизить значение пускового тока и устраняет значительные скачки напряжения в сети, характерные для прямого пуска мощных электроаппаратов, что повышает надежность работы системы электроснабжения, продлевает срок эксплуатации оборудования.

Приемная линия насосного агрегата оборудуется сетчатым фильтром и ручной задвижкой, нагнетательная линия – обратным клапаном и электроприводной задвижкой [28].

Блок напорной гребенки (БГ) предназначен для учета и распределения поступающей от насоса жидкости по напорным трубопроводам, размещается, как правило, в отдельном блоке. Включает в себя распределительный коллектор, шкаф местной автоматики, расходомер, вентиляцию и отопление, площадку для обслуживания. В зависимости от количества водоводов блоки напорных гребенок подразделяются на восьми-, пяти-, четырехводоводные [24].

Для контроля за работой насосных агрегатов необходимо вести учет следующих параметров:

- давление на входном патрубке, МПа ($\text{кг}/\text{см}^2$);
- давление в напорном патрубке, МПа ($\text{кг}/\text{см}^2$);
- расход объемный через насос, $\text{м}^3/\text{ч}$;
- мощность, потребляемая электродвигателем, кВт;
- давление отвода воды из камеры гидропята, МПа ($\text{кг}/\text{см}^2$);
- давление масла в конце напорной магистрали, МПа ($\text{кг}/\text{см}^2$);
- давление охлаждающей воды, МПа ($\text{кг}/\text{см}^2$);
- температура подшипников агрегата, ОС;
- температура масла на выходе из маслоохладителя, ОС;
- осевой разбег при планово-предупредительных ремонтах.

Кроме контроля параметров насосных агрегатов необходимо соблюдать

следующие правила:

- постоянно следить за исправностью контрольно-измерительных приборов;
- регулярно производить промывку торцового уплотнения;
- не реже 1 раза в месяц проверять качество и количество масла в маслосистеме и работу смазочных колец;
- следить за положением ротора по указателю осевого сдвига.

Насосные станции.

Для закачки воды используются насосные станции и установки, базирующиеся, в основном, на центробежных поршневых насосных агрегатах (рисунок 6) [29].

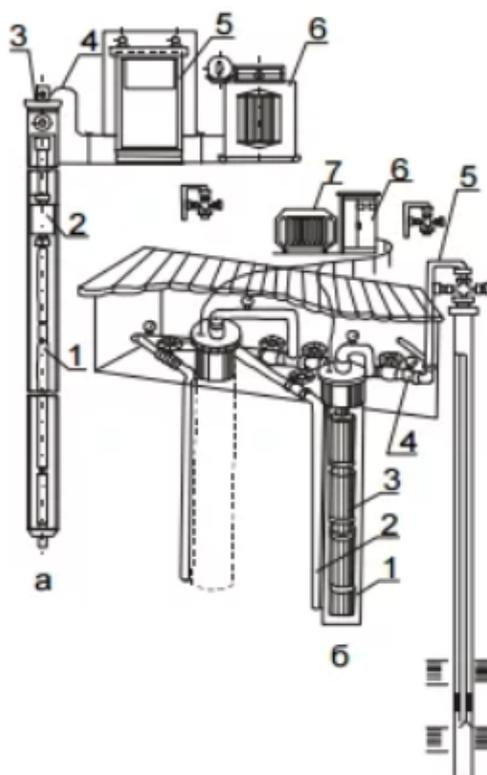


Рисунок 6 – Установка погружного центробежного электронасоса для подачи пластовых вод: 1 погружной электродвигатель; 2 - погружной насос; 3 - оборудование устья скважины; 4 - силовой кабель; 5 - комплексное оборудование; 6 - трансформатор; б - для закачки воды: 1 - шурф; 2 - разводящий водовод; 3 - электронасосный погружной аппарат; 4 -

контрольно-измерительные приборы; 5 - нагнетательный водовод; 6 - комплексное устройство; 7 - трансформатор

В системе ППД широко применяются центробежные насосы типа ЦНС, агрегаты электронасосные скважинные типа УЭЦПК, в состав которых входят погружные центробежные насосы, перспективно использование плунжерных насосов, имеющих жесткую напорную характеристику.

Центробежные насосы типа ЦНС180 (высоконапорные) предназначены для нагнетания воды в скважину с целью поддержания пластового давления. Конструкция насосов типа ЦНС180 разработана с учетом создания на одной корпусной базе трех-модификаций с давлением нагнетания 9,5, 19 МПа.

Центробежные насосы типа ЦНС180 допускают изменение рабочей характеристики посредством уменьшения числа ступеней (не более 2) с установкой проставочных втулок, без изменения привязочных размеров, с обязательной динамической балансировкой ротора.

2.3 Подготовка воды для использования в системе ППД

Для поддержания пластового давления в залежь можно нагнетать как природным (пресные или слабоминерализованные), так и сточные (дренажные) воды, состоящие в основном, из пластовых (~ 85 %), пресных (~ 10 %) и ливневых (~ 5 %) вод. Рассмотрим в таблице 3 характеристику пластовой воды [30].

Таблица 3 – Характеристика пластовой воды

№	Тип пластовой воды	Плотность, г/см ³	Вязкость, сПз	Примечание
1	Хлоркальциевый	1,013	0,7-0,8	Вода содержит растворенные углеводородные газы
2	Гидрокарбонатнатриевая	2,159	0,78-0,9	

Природные и сточные воды могут содержать примеси органического и неорганического происхождения. В природных водах могут содержаться различные газы, механические примеси, гидроксид $Fe(OH)_2$ и гидроксид $Fe(OH)_3$ железа, а также микроорганизмы, в той или иной степени влияющие на процесс заводнения пластов. В сточных водах, кроме того, могут присутствовать капельки нефти, а также большое количество солей, достигающее до 300 г/л.

Частицы водорослей, ила и соединения железа, содержащиеся в нагнетаемой воде, закупоривают поровые каналы продуктивного пласта, снижая приемистость нагнетательных скважин. Присутствующие же в закачиваемой воде микроорганизмы могут образовать нежелательные соединения. Так, сульфатвосстанавливающие бактерии при своей жизнедеятельности вырабатывают сероводород в количестве до 100 мг/л. В последующем этот коррозионно-активный газ вместе с нефтью извлекается на поверхность и подвергает разрушению трубопроводы, аппараты и оборудование.

Выявлено, что недостаточное или нестабильное качество очистки воды в течение некоторого времени приводит к повышению давления нагнетания, при этом депрессия возрастает.

Новая технология подготовки воды для поддержания пластового давления основана на использовании явления образования кристаллов гидрата метановым газом с последующим разложением на чистую воду и газ по безотходному тепловому балансу. Процесс образования гидратов сопровождается выделением тепла, а их разложение – его поглощением. При этом в гидрат превращается только кристально чистая вода, а соли и механические примеси осаждаются в нижней части горизонтального сепаратора. Совмещение области образования гидрата с местом его разложения упрощает технологию очистки воды и обеспечивает при этом минимальное теплотребление.

3 Оптимизация системы поддержания пластового давления на низкопроницаемых коллекторах

3.1. Обзор современных методов повышения эффективности системы ППД

При разработке нефтяных месторождений с применением системы ППД образуется сложная многокомпонентная система: закачиваемая вода – пластовая вода – нефть с растворенным газом – породы пласта. Необходимость изучения состояния равновесия в этой системе вызвана проблемой солеотложения в эксплуатационных скважинах нефтяных месторождений, вызывающего ухудшение коллекторских свойств продуктивных пластов и тем самым снижение их нефтеотдачи.

В Западной Сибири на каждом из многочисленных объектов добычи нефти, с одной стороны осуществляется изъятие из недр углеводородного сырья вместе с попутной (подтоварной) пластовой водой, с другой – закачка в недра (для системы поддержания пластового давления) подтоварной воды. Также для системы ППД используются минерализованные воды из аптсеноманского, в единичных случаях пресные воды из олигоцен-четвертичного водоносных комплексов, ресурсы поверхностных вод и хозяйственно-бытовые стоки.

Подготовка воды.

Закачиваемые воды, особенно промышленные сточные воды, перед закачкой должны пройти соответствующую подготовку, так как содержат в своем составе более 150 наименований химических компонентов, в том числе механические примеси, нефть, нефтепродукты, органические вещества, фенолы, хлориды, сульфаты, диэтиленгликоль, метанол, компоненты буровых растворов. Закачка в пласт этих вод без соблюдения требований к ее качеству

может привести к загрязнению призабойной зоны, кольматации приемной части ствола скважины, отложению солей в пласте, развитию микроорганизмов, образованию сероводорода, коррозии оборудования и другим осложнениям.

Одной из основных проблем при заводнении нефтяных пластов является оценка совместимости пластовых вод продуктивных пластов и закачиваемых вод.

Опыт разработки нефтяных месторождений показывает, что отложение солей в нефтяных коллекторах и на нефтепромысловом оборудовании имеет место вследствие изменения термодинамических условий пластовых флюидов, находящихся в состоянии насыщения по отношению к карбонатам коллектора, нестабильности закачиваемых вод в пластовых условиях, смешения химически несовместимых вод [30].

Возможность образования твердого осадка карбоната кальция и его количество контролируются карбонатным равновесием, которое в значительной степени зависит от содержания в пластовой воде двуокиси углерода (CO_2), гидрокарбонатного (HCO_3) и карбонатного (CO_3^{2-}) ионов. Смешиваемые воды считаются совместимыми, если содержание осадка, образовавшегося при их смешении, не превышает значения, установленного по ОСТ 39-255-88 «Вода для заводнения нефтяных пластов. Требования к качеству».

Для прогноза возможного осаждения карбоната кальция на участках обводнения залежей нефти используют различные расчетные методы, позволяющие прогнозировать образование и осаждение солей по количественным критериям, такие как метод Стиффа – Деввиса и Дебая – Гюккеля, термодинамическое моделирование физико-химических процессов в смешиваемых водах в рамках ОСТ 39-225-88 «Вода для заводнения нефтяных пластов. Требования к качеству», а также опытные исследования смешения пластовых и закачиваемых вод.

Метод Стиффа – Девиса основан на возможности осаждения карбоната кальция путем сравнения фактического рН с расчетным значением рНх при насыщении данной воды карбонатом кальция [31].

Проведенные специалистами расчеты по данной методике показали [32], что при $\text{pH} < 7$ индекс насыщения (I_s) имеет отрицательные значения, то есть пластовая вода способна растворять дополнительное количество карбоната кальция. В этом случае индекс стабильности (I_s) изменяется в пределах 6,7-7,76 и соответствует стабильной или среднеагрессивной воде, не образующей осадок. При $\text{pH} > 7$ индекс насыщения (I_s) приобретает положительные значения, индекс стабильности в этом случае изменяется от 5,95 до 6,39, что соответствует сильно пересыщенной воде, образующей осадок карбоната кальция.

В результате исследуемых расчетов по некоторым скважинам были получены противоречивые результаты. Это можно объяснить тем, что при использовании данной методики результаты замеров рН по пробам воды в поверхностных условиях, по истечении времени после их отбора, существенно отличаются от истинной картины и не соответствуют реальным пластовым условиям. Данная методика также была использована при оценке стабильности вод Самотлорского нефтяного месторождения, где она показала лишь приближенные результаты. Из более чем 50 опробованных добывающих скважин в 40 % результаты расчета не согласовывались с промысловыми данными. Нами также были проведены термодинамические расчеты насыщенности пластовых вод относительно карбоната кальция с введением поправок на повышенную температуру вод по методике Дебая – Гюккеля.

Количественная оценка степени насыщенности вод карбонатом кальция проводилась путем вычисления индекса неравновесности с CaCO_3 по реакции



По мере насыщения воды карбонатом кальция индекс неравновесности уменьшается, стремясь к нулю, а при пресыщении вод его значения становятся отрицательными, нулевое значение характеризует равновесное состояние.

Выполненные расчеты в рассматриваемом исследовании [38] позволили оценить степень насыщения подземных вод различных нефтяных пластов относительно карбоната кальция по месторождениям нефтегазоносных районов Западной Сибири. В результате проведенных расчетов было установлено, что минерализованные пластовые воды нефтяных пластов перенасыщены относительно карбоната кальция, индекс неравновесности имеет отрицательное значение.

Проведенное термодинамическое моделирование физико-химических процессов в смешиваемых водах в рамках ОСТ 39-225-88 «Вода для заводнения нефтяных пластов. Требования к качеству» показало, что на большинстве нефтяных месторождений пластовые воды продуктивных пластов и закачиваемые воды совместимы (за исключением некоторых месторождениях Нижневартовского нефтегазоносного района).

Специалистами в рассматриваемом исследовании [33] были проведены лабораторные исследования на совместимость вод различных вариантов [34]. Исходя из технологической схемы поддержания пластового давления, используемой на месторождениях Западной Сибири, были приняты следующие схемы:

- 1) пластовая вода (неокомский водоносный комплекс) \Leftrightarrow пресная поверхностная вода;
- 2) пластовая вода (неокомский водоносный комплекс) \Leftrightarrow подтоварная вода;
- 3) подтоварная вода \Leftrightarrow хозяйственно-бытовые стоки;
- 4) хозяйственно-бытовые стоки \Leftrightarrow пресная поверхностная вода.

Исследования проводились при атмосферном давлении и температуре аналогичной пластовой. Подробно данные исследования освещены в авторской работе и позволили сделать некоторые выводы [33]:

- проведенные лабораторные исследования (эксперименты) показывают, что при смешении сточных вод с пластовой водой осадков не наблюдается, то есть можно предполагать, что воды совместимы;

- хозяйственно-бытовые сточные воды, прошедшие механическую очистку, при смешении с закачиваемыми пресными, подтоварными и пластовыми водами продуктивных пластов нефтяных месторождений, осадков карбоната кальция не образуют, также не происходит выпадения осадка при смешении пресных вод с пластовыми или подтоварными водами. Отсутствие осадкообразования подтверждается многолетним успешным опытом эксплуатации нефтяных месторождений при использовании рассмотренной выше технологической схемы ППД.

Также рассмотрим исследования на совместимость вод Кальчинского нефтяного месторождения. Исходя из технологической схемы поддержания пластового давления на месторождении, рассмотрены следующие смеси: пластовая вода продуктивного горизонта (ачимовская толща) — пресная вода олигоценовых отложений (новомихайловская свита). Исследования проводились при атмосферном давлении, температуре близкой к пластовой — 60 0С. Пластовые воды смешивались с пресными олигоценовыми водами в пропорции 3:1; 1:1; 1:3.

В процессе опытов в рассматриваемом исследовании [33] определялось содержание солеобразующих ионов в пластовых, закачиваемых водах и их смесях, а также были проведены расчеты коэффициента неравновесности по методике Дебая – Гюккеля. Результаты исследований и расчетов приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты смешения пластовых вод ачимовской толщи и пресных вод олигоценовых отложений [35]

Состав смеси	Компоненты, мг/дм ³							Минерализация, мг/дм ³	Индекс неравновесности
	С1	HCO ₃	SO ₄ ²⁻	CO ₃	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺⁺ K ⁺		
Пластовая вода	5680	4880	н/обн	н/обн	40,08	48,64	5382	16030,7	-2,31
3:1	5857,8	3050	н/обн	н/обн	36,07	25,54	4855,3	13824,4	-2,05
1:1	3017,5	2440	н/обн	н/обн	28,06	21,89	2801,4	8308,8	-2,06
3:1	1775	2440	н/обн	н/обн	28,06	17,02	2005,6	6265,68	-2,02
Пресная вода	35,5	457,5	н/обн	н/обн	18,04	17,02	142,6	670,7	-0,36

Результаты исследований показали, что смешение пластовых и закачиваемых пресных вод олигоценового водоносного горизонта подчиняется уравнению А. Н. Огильви и при смешении двух вод (пресной и минерализованной), химический состав смеси подчиняется прямолинейному уравнению вида

$$Y = AX + B,$$

где X и Y — содержания двух каких-либо составных частей в данном объеме воды; A и B — параметры, постоянные для данных двух составных частей и для всей группы вод-смесей.

На основании построенных графиков (рисунок) можно сделать вывод о том, что взаимодействие основных солеобразующих ионов в исследуемых водах и их смесях не приводит к образованию осадка — наблюдается спрямление графиков, а их содержание определяется разбавлением в соответствии с пропорциями смеси [35, 36].

Расчеты карбонатных равновесий для исследуемых вод и их смесей по методике Дебая – Гюккеля с использованием лабораторных данных показали перенасыщенность пластовых вод относительно карбоната кальция (см. табл.), однако при смешении минерализованных пластовых и закачиваемых пресных вод степень насыщения снижается, стремясь к равновесному состоянию.

Итак, при смешении минерализованных пластовых вод продуктивных пластов и пресных вод олигоценового водоносного комплекса при взаимодействии основных солеобразующих ионов возможно выпадение осадка в количестве 0,025-0,027 мг/м³ (норма до 0,05 мг/м³), что удовлетворяет требованиям ОСТ 39-255-88 «Вода для заводнения нефтяных пластов. Требования к качеству».

Таким образом, на большинстве нефтяных месторождений Западной Сибири пластовые воды продуктивных пластов и закачиваемые воды являются совместимыми (за исключением некоторых месторождений Нижневартовского нефтегазоносного района), поэтому в рамках проведения

мониторинга водных объектов необходимы постановка наблюдений за характером изменения приемистости скважин, документация условий проведения работ (состав закачиваемых вод, содержание нефтепродуктов и твердовзвешанных веществ), должен проводиться контроль за изменением температуры и давлением в нефтяном пласте.

Автоматизация системы водоподготовки.

В основе водоподготовки лежат процессы дозирования реагентов, регулирование производительности водоподготовительной установки и регулирование температуры воды. Установки дозирования реагентов используются для следующих типов водоподготовки: - рН, электропроводность, скорость коррозии, концентрацию основного реагента ингибитора коррозии и солеотложения (по фосфатам, люминесцентной или иной метке), концентрацию взвешенных веществ в оборотной воде; - рН, электропроводность в подпиточной воде.

Система автоматического мониторинга и управления обеспечит регистрацию, накопление, отображение по месту и возможность передачи данных в централизованную операторную. Дополнительно система автоматического мониторинга и управления должна обеспечить автоматическое регулирование количества подпиточной воды (линия подпитки) и количества оборотной воды, сбрасываемой в канализацию (линия продувки) по датчикам электропроводности, мутности и содержания полимера-диспергатора. Вода, поступающая извне, проходит цикл механической очистки от различного мусора, песка и ила. Весь новый поступивший объём воды измеряется расходомером и анализатором электропроводности воды и на каждые 1000 литров воды блок дозирования впрыскивает ингибитор коррозии и солеотложения.

Всего в установке дозируется пять реагентов:

- Ингибитора коррозии и солеотложения. Предлагаемое изобретение относится к составу ингибиторов для предотвращения карбонатных, сульфатных, железо-окисных отложений.

- Биодисперант. Дисперсант представляет собой жидкофазный поверхностно-активный реагент, предназначенный для борьбы с биологическими отложениями в водных средах и в целях контроля над ростом водорослей и грибов в системах оборота охлаждающей воды.

- Гипохлорит натрия. Хлор – это очень токсичное вещество, обработка воды жидким хлором представляет опасность для жизни и здоровья людей. Наиболее безопасным и распространённым, на данный момент, является применение гипохлорита натрия (№010) -хлорсодержащий реагент, по своим свойствам он максимально приближен к жидкому хлору, но при этом намного безопаснее, минимизируется количество опасных для здоровья соединений хлора в очищенной воде.

- Биоцид-активатор. Выявлено, что применение базового биоцида - гипохлорита натрия с биоцидом-активатором приводит к резкому увеличению хлорид-ионов в оборотной воде, а также способно подавлять процессы жизнедеятельности и уничтожать все известные разновидности микроорганизмов

- Биоцид неокисляющего действия в целях стабилизационной обработки оборотной воды против солеотложения (накипеобразования), коррозии и биообрастания обеспечивают долговременную защиту от биологической атаки.

Реагенты дозируются в концентрированном виде. На начальном этапе доза реагента осуществляется в пределах 100 мг/л объёма системы (для насыщения и пассивации системы продуктом). Ингибирование осуществляется при поддержании продукта в системе в концентрации 3040 мг/л (регулярно добавляется реагент в дозе 11 мг/л подпиточной воды), а затем обработка осуществляется дозой 8 мг/л на расход подпиточной воды. Реагент дозируется автоматически, пропорционально количеству подпиточной воды.

Для сохранения целостности системы ведется контроль по следующим параметрам: уровень, расход, давление, концентрация.

Структурная схема системы водоподготовки приведена на рисунке 7.

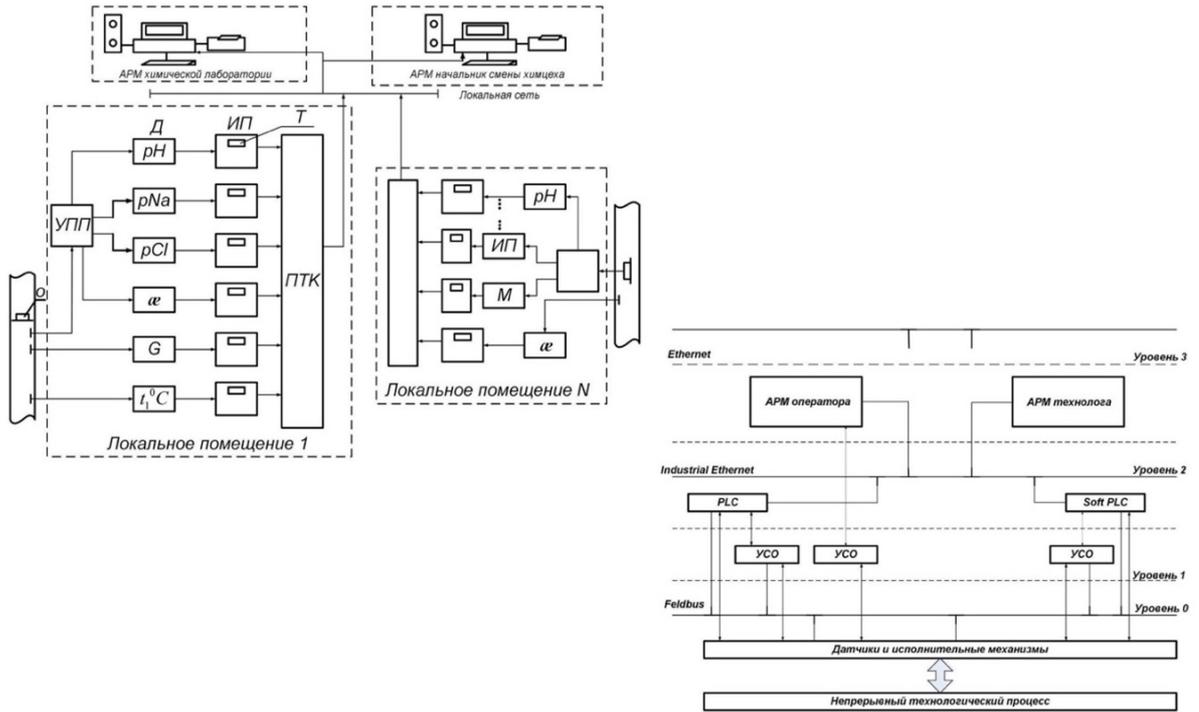


Рисунок 7 - Структурная схема системы водоподготовки

Алгоритмы системы водоподготовки приведен на рисунке 8.

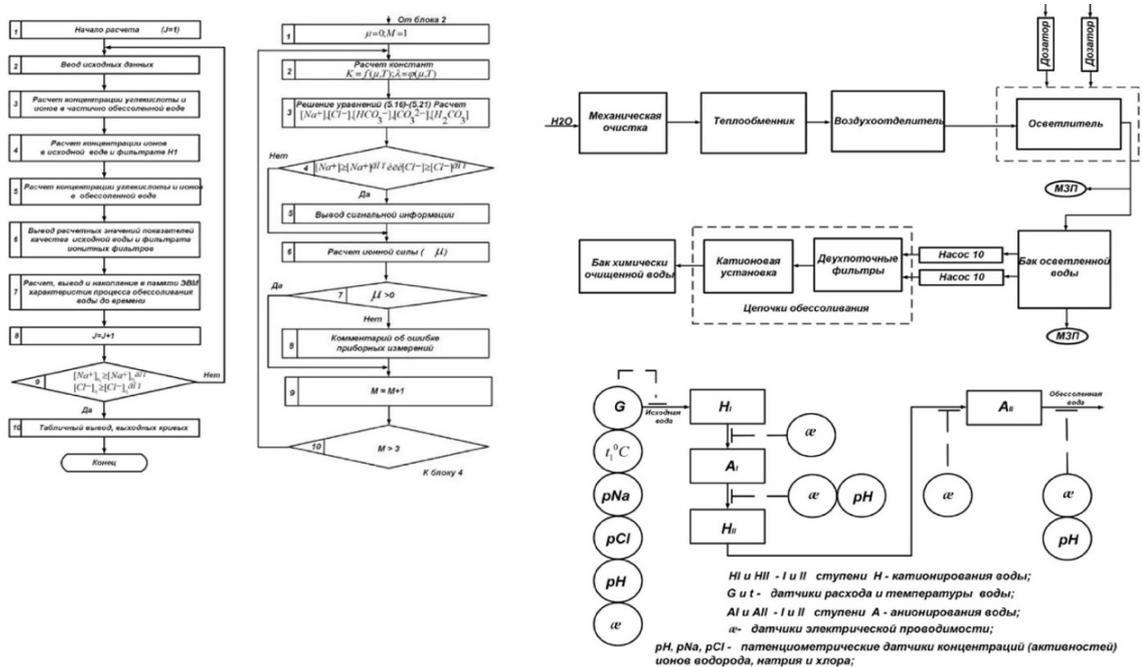


Рисунок 8 - Алгоритмы системы водоподготовки

Энергоэффективность установок.

Одной из актуальных задач по оптимизации системы ППД является энергосбережение.

Это, обусловлено тем, что системы ППД, как наиболее крупные потребители электроэнергии в нефтедобыче (до 50 и более процентов от общего потребления) и с наибольшими резервами экономии энергии, в новых условиях должны быть оптимизированы по минимуму затрат энергии при безусловном выполнении технологических заданий по закачкам [37].

Так, например, на ГПП «Повхнефтегаз» ведется работа по обновлению и модернизации насосного парка, путем изменения конструктивного и материального исполнения насосов. Ежегодно разрабатываются мероприятия по оптимизации режимов работы объектов систем ППД, направленные на снижение энергопотребления и повышение энергоэффективности добычи нефти и газа [38].

Применение нестационарного заводнения.

Нестационарный метод заводнения основан на периодическом изменении режима воздействия на нефтяные залежи сложного строения, при котором в продуктивных отложениях искусственно создается нестационарное распределение пластового давления и движения пластовых флюидов. Практически всегда нестационарное заводнение применяется в комплексе с технологиями изменения направления фильтрационных потоков, что приводит к одновременному увеличению охвата пласта заводнением по толщине и площади. При этом эффект от нестационарных процессов в пласте дополняется эффектом от изменения направления фильтрационных потоков.

ООО «ЛУКОЙЛ – Западная Сибирь» с 2013 года массово начала применять метод нестационарного заводнения на своих месторождениях [39], большинство из которых характеризуются низкой проницаемостью и сложным геологическим строением.

На Ватъёганском месторождении проводится комплексное воздействие нестационарного заводнения в сочетании с адресными обработками нагнетательных скважин потокоотклоняющими составами. Комплексное

воздействие этими методами направлено на снижение обводненности продукции, вовлечением в разработку остаточных запасов нефти, из недренируемых застойных зон пласта, увеличивая тем самым коэффициент извлечения нефти.

Применение ПАВ.

Одним из способов оптимизации системы ППД в условиях низкой проницаемости является добавление ПАВ к закачиваемой в пласт воде. Также ПАВ помогают решить проблему набухания глинистых минералов в составе коллекторов. Однако, выбор ПАВ до сих пор остается трудной задачей, так как нельзя сделать однозначный выбор по эффективности реагента и области его применения.

С практической точки зрения, в первую очередь, необходимо, чтобы раствор ПАВ оказывал влияние на процессы смачивания пород-коллекторов и обладал нефтеотмывающими способностями [40].

Применение ВПП.

Способ ВПП нагнетательных скважин включает последовательную закачку в пласт гелеобразующей композиции и стимулирующего кислотного состава, отличающийся тем, что стимулирующий кислотный состав закачивают при давлении выше давления закачки гелеобразующей композиции. Поэтому между оторочками гелеобразующей композиции и стимулирующего кислотного состава закачивают оторочку буферной жидкости, не фильтрующейся или мало фильтрующейся в низкопроницаемые пропластки, стимулирующий кислотный состав продавливают водным раствором поверхностно-активного вещества.

Вместе с тем данная технология имеет ограничения применимости в низкопроницаемых коллекторах и в условиях высокотемпературных пластов, представляющих распространенную группу объектов Западной Сибири. В условиях высоких пластовых температур уже при закачке сшитых полимерных составов (СПС) в пласт первые его порции успевают сшиваться, в результате чего быстро растет давление закачки. Это, в свою очередь, ведет

к тому, что последующие порции СПС все в большем объеме проникают в низкопроницаемую часть разреза, что приводит к ее повышенной кольматации и в конечном счете к более неоднородному профилю приемистости [41].

Методы, описанные выше, позволяют достичь заметного повышения нефтеотдачи.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Б7Г1	Лунгол Алиса Владимировна

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение школы	Отделение нефтегазового дела
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	21.03.01 Нефтегазовое дело Эксплуатация и обслуживание объектов добычи нефти

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Материальные затраты 10987 руб. Затраты на спецоборудование 26927 руб. Основная заработная плата исполнителей НИ 148391 руб. Дополнительная заработная плата исполнителей темы 22258,7 руб. Отчисления во внебюджетные фонды 51194,9 руб. Накладные расходы 51412,34 руб.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	П99
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Размер отчислений во внебюджетные фонды – 30%.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	Оценочная карта конкурентных технических решений
2. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НТИ
3. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	Проведение оценки экономической эффективности проведения гидроразрыва пласта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>«Портрет» потребителя результатов НТИ</i>
2. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>
3. <i>Матрица SWOT</i>
4. <i>График проведения и бюджет НТИ</i>
5. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	29.04.2022
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Гасанов М.А.	Д.Э.Н.		29.04.22

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Б7Г1	Лунгол Алиса Владимировна		29.04.22

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

Основная цель данного раздела – оценить перспективность развития и планировать финансовую и коммерческую ценность конечного продукта, представленного в рамках исследовательской программы. Коммерческая ценность определяется не только наличием более высоких технических характеристик над конкурентными разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сможет ответить на следующие вопросы – будет ли продукт востребован на рынке, какова будет его цена, каков бюджет научного исследования, какое время будет необходимо для продвижения разработанного продукта на рынок [42].

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- Оценка коммерческого потенциала разработки.
- Планирование научно-исследовательской работы;
- Расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- Определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

Цель данной НИ (ВКР) – оптимизация системы поддержания пластового давления при разработке низкопроницаемых коллекторов на месторождениях Западной Сибири.

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

4.1.1 Цели и актуальность проекта

В перспективе основными потребителями результатов данной работы будут нефтегазовые компании. Как выглядит сегментирование в случае данного метода, представлено в таблице 5.

Таблица 5 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Нефтегазовые компании	Улучшение оборудования для поддержания пластового давления
	Снижение нефтепотерь

В таблице 6 представлена информация о цели и результатах проекта, и критериях достижения целей.

Таблица 6 – Цель и результаты проекта

<u>Цель проекта:</u>	Оптимизация системы поддержания пластового давления при разработке низко-проницаемых коллекторов на месторождениях Западной Сибири.
<u>Ожидаемые результаты проекта:</u>	Разработка по усовершенствованию скважин
<u>Критерии приемки результата проекта:</u>	Доступность
	Удобство и простота использования
	Надёжность
<u>Требование:</u>	
<u>Требования к результату проекта:</u>	Соблюдение требований к документации
	Стоимость проекта должна быть сопоставима по цене с аналогичными, или быть ниже

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

В связи с постоянным движением рынка анализ производства конкурента требуется проводить поэтапно. Исследуем предлагаемое технологическое решение с конкурентами, которые актуальны на рынке. В

качестве конкурентных решений примем:

- 1) Система пластового давления ("Лукойл");
- 2) Система пластового давления ("Газпром").

Оценим разработки по выбранным техническим и экономическим критериям по пятибальной шкале. Результат анализа сведем в таблицу 7.

Таблица 7 – Оценочная карта конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1 Выход продукта	0,12	4	5	5	0,48	0,60	0,60
2 Качество продукта	0,12	4	4	5	0,48	0,48	0,60
3 Эффективность использования сырья и материалов	0,09	5	4	5	0,45	0,36	0,45
4 Энергоэкономичность	0,09	5	3	2	0,45	0,27	0,18
5 Износостойкость оборудования	0,08	3	5	4	0,24	0,40	0,32
6 Безопасность персонала	0,08	5	5	4	0,40	0,40	0,32
7 Экологичность	0,07	4	5	4	0,28	0,35	0,28
8 Простота реализации	0,05	5	3	2	0,25	0,15	0,10
Экономические критерии оценки эффективности							
1 Стоимость оборудования	0,09	4	4	2	0,36	0,36	0,18
2 Стоимость сырья	0,10	5	3	3	0,50	0,30	0,30
3 Предполагаемый срок эксплуатации	0,07	4	5	4	0,28	0,35	0,28
4 Уровень проникновения на рынок	0,04	5	2	1	0,20	0,08	0,04
Итого	1	53	48	41	4,37	4,10	3,65

Расчет конкурентоспособности, на примере стабильности срабатывания, определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i \quad (1)$$

где K – конкурентоспособность проекта;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл показателя.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что разработка более конкурентоспособна и ресурсоэффективна. Проведение проекта целесообразно, так как он обладает рядом преимуществ: универсальность, безопасность, быстрота и простота в эксплуатации.

4.1.3 SWOT-анализ

Для исследования внешней и внутренней среды проекта, в этой работе проведен SWOT-анализ с детальной оценкой сильных и слабых сторон исследовательского проекта, а также его возможностей и угроз.

Первый этап, составляется матрица SWOT, в которую описаны слабые и сильные стороны проекта и выявленные возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде, приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны	Слабые стороны
С1. Эффективное использование сырья за счет замкнутого процесса.	Сл1. Дорогой конструкционный материал.
С2. Малое количество отходов за счет их вторичного использования.	Сл2. Быстрый износ оборудования.
С3. Качество продукта.	Сл3. Большое количество аналогичных технологий.
С4. Экономия энергии.	
С5. Экономия конструкционного материала.	
С6. Безопасность персонала за счет автоматизации.	
С7. Простота в разработке, эксплуатации и ремонте.	
С8. Процесс восстановления приёмистости нагнетательных скважин хорошо изучен и описан в литературе	
Возможности	Угрозы
В1. Рост спроса на этилацетат.	У1. Рост импорта из других стран.

В2. Рост объемов получения нефтепродукта.	У2. Конкурентные разработки.
В3. Прекращение импорта нефтепродукта из других стран.	У3. Отсутствие финансирования.
В4. Рост цены на другие технологии.	У4. Рост цен на материалы.
В5. Финансирование проекта за счет государства.	У5. Поломка оборудования.
В6. Экспорт продукта.	У6. Производственная авария.

На втором этапе на основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность проекта, а также надежность его реализации. Соотношения параметров представлены в таблицах 9 – 12.

Таблица 9 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и сильные стороны»

		Сильные стороны проекта							
		С1	С2	С3	С4	С5	С6	С7	С8
Возможности проекта	В1	+	+	+	-	-	-	+	+
	В2	-	-	-	+	-	-	-	-
	В3	+	-	-	-	-	-	-	-
	В4	+	+	-	-	-	-	-	-
	В5	-	-	-	-	-	-	-	-
	В6	+	-	-	-	-	-	-	+

Таблица 10 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и слабые стороны»

		Слабые стороны проекта		
		Сл.1	Сл.2	Сл.3
Возможности проекта	В1	-	+	-
	В2	-	-	-
	В3	-	-	-
	В4	-	-	-
	В5	-	-	-
	В6	-	+	-

Таблица 11 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и сильные стороны»

		Сильные стороны проекта							
		С1	С2	С3	С4	С5	С6	С7	С8
Угрозы проекта	У1	-	-	+	-	-	-	+	+
	У2	-	-	-	+	-	-	-	-
	У3	-	-	-	-	+	-	-	-
	У4	-	+	-	-	-	-	+	-
	У5	-	-	-	+	-	-	-	-

	У6	-	-	-	-	-	-	-	+
--	----	---	---	---	---	---	---	---	---

Таблица 12 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта				
Угрозы проекта		Сл.1	Сл.2	Сл.3
	V1	-	-	-
	V2	-	-	-
	V3	-	-	-
	V4	-	-	-
	V5	-	-	-
	V6	-	-	-

Результаты анализа представлены в итоговую таблицу 13.

Таблица 13 – Итоговая таблица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта</p> <p>С1. Эффективное использование сырья за счет замкнутого процесса.</p> <p>С2. Малое количество отходов за счет их вторичного использования.</p> <p>С3. Качество продукта.</p> <p>С4. Экономия энергии.</p> <p>С5. Экономия конструкционного материала.</p> <p>С6. Безопасность персонала за счет автоматизации.</p> <p>С7. Простота в разработке, эксплуатации и ремонте.</p> <p>С8. Процесс восстановления приёмистости нагнетательных скважин хорошо изучен и описан в литературе.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта</p> <p>Сл1. Дорогой конструкционный материал.</p> <p>Сл2. Быстрый износ оборудования.</p> <p>Сл3. Большое количество аналогичных технологий.</p>
<p>Возможности</p> <p>V1. Рост спроса.</p> <p>V2. Рост объемов получения нефтепродукта.</p> <p>V3. Прекращение импорта из других стран.</p> <p>V4. Рост цены на другие технологии.</p>	<p>Направления развития</p> <p>V1C3C1. Качество продукта ведет к росту спроса на нефтепродукт и эффективное использование сырья за счет замкнутого процесса.</p> <p>V2C3B5B3B6. Качество продукта позволяет увеличивать рост объемов производства на предприятиях-потребителях, что влечет за собой финансирование</p>	<p>Сдерживающие факторы</p> <p>Сл2B1У3. Рост спроса на нефтепродукт предполагает наращивание производственных мощностей. Это предвещает быстрый износ оборудования.</p>

<p>В5. Финансирование проекта за счет государства. В6. Экспорт продукта.</p>	<p>проекта за счет государства, следовательно прекращение импорта продукта из других стран, в следствие экспорта продукта зарубеж. СЗС8. Качество продукта благодаря хорошо изученному и описанному в литературе.</p>	<p>Возможен недостаток финансов на дорогие материалы.</p>
<p>Угрозы У1. Рост импорта из других стран. У2. Конкурентные разработки. У3. Отсутствие финансирования. У4. Рост цен на реагенты и материалы. У5. Поломка оборудования. У6. Производственная авария.</p>	<p>Угрозы развития С1УЗВ5. Отсутствие финансирования, роста цен на сырье и материалы, в связи с этим преобладает эффективное использование сырья за счет замкнутого процесса.</p>	<p>Уязвимости: УЗУ2. Проекту угрожают альтернативные разработки отечественных и иностранных производителей. Существует угроза нехватки финансов на дорогие материалы, на ремонт оборудования.</p>

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса научно-исследовательских работ осуществляется в порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение количества исполнителей для каждой из работ;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для оптимизации работ удобно использовать классический метод линейного планирования и управления.

Результатом такого планирования является составление линейного графика выполнения всех работ. Порядок этапов работ и распределение исполнителей для данной научно-исследовательской работы, приведен в таблице 14.

Таблица 14 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Научный руководитель
	2	Календарное планирование выполнения работ	Инженер, научный руководитель
Выбор способа решения поставленной задачи	3	Обзор научной литературы	Инженер
	4	Выбор методов исследования	Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Планирование эксперимента	Инженер, научный руководитель
	6	Подготовка образцов для эксперимента	Инженер
	7	Проведение эксперимента	Инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Обработка полученных данных	Инженер
	9	Оценка правильности полученных результатов	Инженер, Научный руководитель
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	10	Составление пояснительной записки	Инженер

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

При проведении научных исследований основную часть стоимости разработки составляют трудовые затраты, поэтому определение трудоемкости проводимых работ является важным этапом составления сметы.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости использована следующая формула:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5},$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, человеко-дни;

$t_{min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни;

$t_{max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни.

Зная величину ожидаемой трудоемкости, можно определить продолжительность каждой i -ой работы в рабочих днях T_{pi} , при этом учитывается параллельность выполнения работ разными исполнителями. Данный расчёт позволяет определить величину заработной платы.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i},$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, рабочие дни;

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дни;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для перевода длительности каждого этапа из рабочих в календарные дни, необходимо воспользоваться формулой :

$$T_{ки.инж} = T_{pi} \cdot k_{кал},$$

где $T_{ки}$ – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{кал}$ – календарный коэффициент.

Календарный коэффициент определяется по формуле:

$$k_{кал.инж} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48$$

где $T_{кал}$ – общее количество календарных дней в году; $T_{вых}$ – общее количество выходных дней в году; $T_{пр}$ – общее количество праздничных дней в году.

Расчеты временных показателей проведения научного исследования обобщены в таблице 15.

Таблица 15 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожид}$, чел-дни			
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	2	-	4	-	2,8	-	2,8	4
2. Календарное планирование выполнения работ	1	3	3	4	1,8	3,4	2,6	4
3. Обзор научной литературы	-	6	-	10	-	7,6	7,6	11
4. Выбор методов исследования	-	3	-	5	-	3,8	3,8	6
5. Планирование эксперимента	2	6	4	8	2,8	6,8	4,8	7
6. Подготовка образцов для эксперимента	-	5	-	7	-	5,8	5,8	9
7. Проведение эксперимента	-	15	-	20	-	17	17	25
8. Обработка полученных данных	-	10	-	15	-	12	12	18
9. Оценка правильности полученных результатов	2	3	4	5	2,8	3,8	3,3	5
10. Составление пояснительной записки		8		10	-	8,8	8,8	13
Итого:	7	59	15	84	13,5	68,5	68,5	102

Примечание: Исп. 1 – научный руководитель, Исп. 2 – инженер.

Далее приведен календарный план-график с диаграммой Ганта на основе календарного плана проекта (рисунок 9). График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках НИР с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования.



Рисунок 9 – Диаграмма Ганта на основе календарного плана проекта

Общее число календарных дней, в течении которых выполнялась работа – 102.

4.3 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования учитывались все виды расходов, связанных с его выполнением. В этой работе использовать следующую группировку затрат по следующим статьям:

- материальные затраты научно-исследовательской работы (НИР);
- затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы НИР.

4.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Материальные затраты – это затраты организации на приобретение сырья и материалов для создания готовой продукции.

Данная часть включает затрат всех материалов, используемых при выполнении ВКР. Результаты расчета затрат представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Затраты при расчете материальных затрат

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во, ед.	Сумма, руб.
Труба стальная 89*6,0 мм, м	838	8	6704
Кабель силовой, м	4283	1	4283
Итого:			10987

4.3.2 Расчет амортизации специального оборудования

Расчет сводится к определению амортизационных отчислений, так как оборудование было приобретено до начала выполнения данной работы и эксплуатировалось ранее, поэтому при расчете затрат на оборудовании (таблица 17) учитываем только рабочие дни по данной теме.

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации: рассчитывается по формуле:

$$H_A = \frac{1}{n},$$

где n – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m,$$

где I – итоговая сумма, тыс. руб.; m – время использования, мес.

Таблица 17 – Затраты на оборудование

№ п/п	Наименование оборудования	Дни эксплуатации	Срок службы, лет	Стоимость оборудования, тыс.руб.	Амортизационные отчисления, руб.
1	Персональный компьютер фирмы ASUS	55	8	141	26927,1
Итого:					26927,1

4.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В данном разделе рассчитывается заработная плата инженера и руководителя, помимо этого необходимо рассчитать расходы по заработной плате, определяемые трудоемкостью проекта и действующей системой оклада.

Основная заработная плата $Z_{осн}$ одного работника рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p,$$

где $Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата, руб.; T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн. (таблица 9).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_0} = \frac{51285 \cdot 10,3}{246} = 2147,3 \text{ руб.},$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.; F_0 – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

– при отпуске в 28 раб. дня – $M = 11,2$ месяца, 5-дневная рабочая неделя;

– при отпуске в 56 раб. дней – $M = 10,3$ месяца, 6-дневная рабочая неделя.

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{о}}} = \frac{33150 \cdot 11,2}{213} = 1743,1 \text{ руб.}$$

Должностной оклад работника за месяц:

– для руководителя:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{мс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{о}}) k_{\text{р}} = 26300 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 51285 \text{ руб.}$$

– для инженера:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{мс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{о}}) k_{\text{р}} = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 33150 \text{ руб.},$$

где $Z_{\text{мс}}$ – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.; $k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равен 0,3; $k_{\text{о}}$ – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2; $k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томска).

Баланс рабочего времени исполнителей представлен в таблице 18.

Таблица 18 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	52/14	104/14
- выходные дни		
- праздничные дни		
Потери рабочего времени	48/5	24/10
- отпуск		
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	246	213

Расчет основной заработной платы исполнителей представлен в таблице 19.

Таблица 19 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$З_{мс}, руб$	$k_{пр}$	k_{∂}	k_p	$З_{м}, руб$	$З_{\partialн}, руб$	$T_p, раб.дн.$	$З_{осн}, руб$
Руководитель	26300	0,3	0,2	1,3	51285	2147,3	13,5	28988,6
Инженер	17000	0,3	0,2	1,3	33150	1743,1	68,5	119402,4
Итого:								148391

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

– для руководителя:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} = 0,15 \cdot 28988,6 = 4348,3 \text{ руб.}$$

– для инженера:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} = 0,15 \cdot 119402,4 = 17910,4 \text{ руб.},$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимаем равным 0,15).

4.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

– для руководителя:

$$З_{внеб} = k_{внеб} (З_{осн} + З_{доп}) = 0,3 \cdot (28988,6 + 4348,3) = 10001,1 \text{ руб.}$$

– для инженера:

$$З_{внеб} = k_{внеб} (З_{осн} + З_{доп}) = 0,3 \cdot (119402,4 + 17910,4) = 41193,8 \text{ руб.},$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2022 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

4.3.5 Накладные расходы

Накладные расходы включают в себя следующие расходы: печать ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи и т.д. Сумма 5 статьи затрат, рассчитанных выше, приведена в таблице ниже и используются для расчета накладных расходов.

Группировка затрат по статьям представлена в таблице 20.

Таблица 20 – Группировка затрат по статьям

Статьи					
1	2	3	4	5	6
Амортизация	Сырье, материалы	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого без накладных расходов
8290	26927,1	148391	22258,7	51194,9	257061,7

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{\text{нр}},$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,2.

Накладные расходы по элементам представлены в таблице 21:

Таблица 21 – Накладные расходы по элементам

Наименование элемента	Затраты
Печать ксерокопирование материалов исследования	12500 руб.
Оплата услуг связи	10000 руб.
Оплата потраченной электроэнергии	28912,34 руб.

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости научно-исследовательской работы по форме, приведенной в таблице 22. В таблице также представлено определение бюджета затрат двух конкурирующих научно-исследовательских проектов.

Таблица 22 – Группировка затрат по статьям

№	Наименование статьи	Сумма, руб.		
		Текущий Проект	Исп.2	Исп.3
1	Материальные затраты НИР	10987	9700	15945
2	Затраты на специальное оборудование	26927,1	32959,8	43453
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	148391	148391	148391
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	22258,7	22258,7	22258,7
5	Отчисления во внебюджетные фонды	51194,9	51194,9	51194,9
6	Накладные расходы	51412,34	52900,88	49776,6
Бюджет затрат НИР		311171,04	317405,28	331019,2

4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Для определения эффективности исследования рассчитан интегральный показатель эффективности научного исследования путем определения интегральных показателей финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получен в процессе оценки бюджета затрат трех вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принят за базу расчета (как

знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

В качестве аналогов данной НИР рассмотрены:

- 1) Система пластового давления ("Лукойл");
- 2) Система пластового давления ("Газпром").

Интегральный финансовый показатель разработки рассчитывается как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}},$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{ri} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения.

$\Phi_{\text{текущ.проект}} = 311171,04$ руб, $\Phi_{\text{исп.1}} = 317405,28$ руб, $\Phi_{\text{исп.2}} = 331019,2$ руб.

$$I_{\text{финр}}^{\text{тек.пр.}} = \frac{\Phi_{\text{тек.пр.}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{311171,04}{331019,2} = 0,93;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{\Phi_{\text{исп.2}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{317405,28}{331019,2} = 0,96;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.3}} = \frac{\Phi_{\text{исп.3}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{331019,2}{331019,2} = 1.$$

В результате расчета консолидированных финансовых показателей по трем вариантам разработки вариант 1 (текущий проект) с меньшим перевесом признан считается более приемлемым с точки зрения финансовой эффективности.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов выполнения НИР (I_{ri}) определен путем сравнительной оценки их характеристик, распределенных с учетом весового коэффициента каждого параметра (таблица 23).

Таблица 23 – Сравнительная оценка характеристик вариантов НИР

Объект исследования / Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1. Безопасность при использовании установки	0,15	4	4	4
2. Стабильность работы	0,2	4	4	5
3. Технические характеристики	0,2	5	3	3
4. Механические свойства	0,3	5	4	3
5. Материалоёмкость	0,15	5	5	5
ИТОГО	1	4,65	3,95	3,85

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p1} = 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,3 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 = 4,65;$$

$$I_{p2} = 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 + 0,3 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 = 3,95;$$

$$I_{p3} = 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 3 + 0,3 \cdot 3 + 0,15 \cdot 5 = 3,85.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки вычисляется на основании показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{финр.i}}.$$

$$I_{исп.1} = \frac{4,65}{0,93} = 5, \quad I_{исп.2} = \frac{3,95}{0,96} = 4,11, \quad I_{исп.3} = \frac{3,85}{1} = 3,85.$$

Далее интегральные показатели эффективности каждого варианта НИР сравнивались с интегральными показателями эффективности других вариантов с целью определения сравнительной эффективности проекта (таблица 24).

Таблица 24 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,93	0,96	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,65	3,95	3,85

3	Интегральный показатель эффективности	5	4,11	3,85
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,82	0,77

Сравнение среднего интегрального показателя сопоставляемых вариантов позволило сделать вывод о том, что наиболее финансово- и ресурсоэффективным является вариант 1 (текущий проект). Разработка, представленная в текущей работе, является более эффективной по сравнению с конкурентами.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 3-2Б7Г1		ФИО Лунгол Алиса Владимировна	
Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение	Отделение нефтегазового дела
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	21.03.01 Нефтегазовое дело Эксплуатация и обслуживание объектов добычи нефти

Тема ВКР:

Оптимизация системы поддержания пластового давления при разработке низкопроницаемых коллекторов на месторождениях Западной Сибири

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Введение	<p>Объект исследования низкопроницаемые коллектора Область применения кустовая площадка, нефтедобывающие объекты; Рабочая зона: полевые условия; Климатическая зона: континентальная; Количество и наименование оборудования рабочей зоны задвижки, фланцевые соединения, фонтанная арматура, агрегат; Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне гидравлический разрыв пласта</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации	<ol style="list-style-type: none"> 1. ГОСТ Р 58869-2020 Горное дело. Метод направленного гидроразрыва кровли горных пород в угольных шахтах; 2. № 197-ФЗ Трудовой кодекс Российской Федерации (ред. от 1 марта 2022 года); 3. ГОСТ Р 53709-2009 Скважины нефтяные и газовые. Геофизические исследования и работы в скважинах. Общие требования; 4. ГОСТ Р 53375-2016 Скважины нефтяные и газовые. Геолого-технологические исследования. Общие требования; 5. ГОСТ Р 51858-2002 Нефть. Общие технические условия
2. Производственная безопасность при эксплуатации	<p>Вредные факторы: – аномальные климатические параметры воздушной среды; – загрязнение воздушной среды в зоне дыхания; – шум; – вибрация; – освещенность; – монотонность труда; – укусы животных;</p> <p>Опасные факторы: – движущиеся части механизмов; – работа с сосудами под давлением; – химические вещества. – производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей</p>

	<p>электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий;</p> <ul style="list-style-type: none"> – производственные факторы, связанные с повышенным образованием электростатических зарядов на корпусе разрабатываемого устройства; – неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых механизмов; – радиация. <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: спецодежда, виброизолирующие материалы, глушители шума, перчатки, очки, маски, каски, противогазы, респираторы, страховочные стропы, газоанализатор, защитные ботинки, нарукавники, оградительные устройства, предупреждающие вывески</p>
3. Экологическая безопасность при эксплуатации	<p>Воздействие на селитебную зону: химическое загрязнение, СЗЗ - 120 м</p> <p>Воздействие на литосферу: радиоактивное загрязнение при проведении мероприятия ГРП, утилизация отработавшего оборудования</p> <p>Воздействие на гидросферу: ухудшение качества подземных вод при утечке материалов ГРП, продукты жизнедеятельности человека</p> <p>Воздействие на атмосферу: загрязнение воздуха утечкой углеводородов через сальниковые уплотнения</p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации	<p>Возможные ЧС: природные: оползни, землетрясения, бури, торнадо;</p> <p>Техногенные: выброс радиоактивных веществ, взрыв, пожар, обрушение;</p> <p>Биологические: пандемия, инфекционные заболевания людей, эпидемия;</p> <p>Экологические: загрязнение среды, разрушение озонового слоя, изменение геолого-климатических характеристик</p> <p>Наиболее типичная ЧС пожары и взрывы</p>
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
29.04.2022	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
старший преподаватель	Авдеева Ирина Ивановна			29.04.22

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Б7Г1	Лунгол Алиса Владимировна		29.04.22

5 Социальная ответственность

В данном разделе рассматриваются факторы возможного влияния сырья, энергии, потребляемой на установке, технологического оборудования и условий работы на рабочий персонал и окружающую среду, а также описываются возможные чрезвычайные ситуации с указанием мер по их ликвидации, приводятся правовые и организационные аспекты обеспечения безопасности. Абсолютно безопасных и безвредных условий труда не существует, задачи охраны труда состоят в том, чтобы при максимальной производительности труда обеспечить рабочему персоналу достаточно комфортные условия и свести до минимума вероятность повреждений, заболеваний и производственных аварий.

В данной работе рассматривается оптимизация системы поддержания пластового давления при разработке низкопроницаемых коллекторов на месторождениях Западной Сибири. Следовательно, рабочие процессы происходят в полевых условиях.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Работы по исследованию проводятся лицами, работающими вахтовым методом. Данный вид работ регулируется Трудовым Кодексом РФ. Вахтовый метод – особая форма осуществления трудового процесса вне места постоянного проживания работников, когда не может быть обеспечено ежедневное их возвращение к месту постоянного проживания.

К работам, выполняемым вахтовым методом, не могут привлекаться работники в возрасте до восемнадцати лет, беременные женщины и женщины, имеющие детей в возрасте до трех лет, а также лица, имеющие противопоказания к выполнению работ вахтовым методом в соответствии с медицинским заключением, выданным в порядке, установленном

федеральными законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации.

Вахтой считается общий период, включающий время выполнения работ на объекте и время междусменного отдыха. Продолжительность вахты не должна превышать одного месяца. Рабочее время и время отдыха в пределах учетного периода регламентируются графиком работы на вахте, который утверждается работодателем.

Работникам, выполняющим работы вахтовым методом, предоставляются надбавки и коэффициенты к заработной плате, а также социальные пакеты (пенсионный фонд, медицинская страховка, оплата санаторного лечения, оплата путевок в детские лагеря и др.).

5.2 Производственная безопасность

Мероприятия по безопасному ведению работ, связанных с использованием недр, при введении скважин в эксплуатацию должны соответствовать требованиям, изложенным в ст. 24 от 21.02.1992 № 2395-1 (ред. от 05.04.2016) [43] по безопасному ведению работ, связанных с использованием недр, т.е. необходимо обеспечить безопасность для жизни и здоровья населения, охрану зданий и сооружений, атмосферного воздуха, земель, лесов, вод, животного мира и других объектов окружающей среды; осуществлять систематический контроль состояния окружающей среды выполнения природоохранных мероприятий, а также свести к минимуму отрицательное воздействие на продуктивные пласты.

Основные мероприятия по обеспечению безопасного ведения работ, связанных с использованием недр:

- допуск к работам лиц, имеющих специальную подготовку и квалификацию, а к руководству горными работами – лиц, имеющих соответствующее специальное образование;
- обеспечение лиц, занятых на работах, специальной одеждой,

средствами индивидуальной и коллективной защиты – в соответствии с требованиями ТК РФ, работникам на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях, или связанных с загрязнением, бесплатно выдаются прошедшие обязательную сертификацию или декларирование соответствия специальная одежда, специальная обувь и другие средства индивидуальной защиты, а также смывающие и обезвреживающие средства. Опасные и вредные факторы представлены в таблице 25.

Таблица 25 – Опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)[43]	Нормативные документы
Аномальные климатические параметры воздушной среды	ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация
Загрязнение воздушной среды в зоне дыхания	ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны;
Превышение уровня шума и вибрации	ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности; СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003 ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования
Освещенность	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*; СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий;
Монотонность труда	Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство, по гигиенической оценке, факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда
Укусы животных	Одежда специальная для защиты от насекомых и паукообразных ГОСТ Р 12.4.296-2013 ССБТ
Движущиеся части механизмов	ГОСТ 12.2.003-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие требования безопасности
Работа с сосудами под давлением	ГОСТ 34347-2017 Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия
Химические вещества	ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные

	вещества. Классификация и общие требования безопасности СанПиН 1.2.3685-21. Предельно допустимые концентрации (ПДК)
Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий;	ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление
Производственные факторы, связанные с повышенным образованием электростатических зарядов на корпусе разрабатываемого устройства	ГОСТ ИЕС 61340-5-1-2019 Электростатика. Защита электронных устройств от электростатических явлений. Общие требования
Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых механизмов	ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования. ГОСТ 12.4.280-2014 ССБТ. Одежда специальная для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий.
Радиация	ГОСТ Р 55776-2013 Контроль неразрушающий радиационный. Термины и определения

5.3 Анализ опасных и вредных производственных факторов

5.3.1 Аномальные климатические параметры воздушной среды

Отклонение показателей климата может привести к ухудшению общего самочувствия рабочего. Нормирование параметров на открытых площадках не производится, но определяются конкретные мероприятия по снижению неблагоприятного воздействия их на организм рабочего. При отклонении показателей климата на открытом воздухе, рабочие должны быть обеспечены средствами индивидуальной защиты, которые предусмотрены отраслевыми нормами соответствуют времени года.

Спецодежда должна быть хлопчатобумажной, из льна, грубошерстные сукна, иметь удобный крой для работы в экстремальных условиях (например, при пожаре) применяют специальные костюмы из металлизированной ткани. Для защиты головы от теплового облучения применяют алюминиевые, фибровые каски, войлочные и шляпы; глаз - очки (темные или с прозрачным

слоем металла) лица - маски с откидным прозрачным экраном. Защита от воздействия пониженной температуры достигается использованием теплой спецодежды, а при осадках – плащом.

Коллективная защита может быть обеспечена путём рационального размещения технологического оборудования, рационализации режимов труда и отдыха, применения теплоизоляции оборудования, автоматизации и дистанционного управления технологическими процессами.

При определенной температуре воздуха и скорости ветра в холодное время работы приостанавливаются (таблица 26).

Таблица 26 – Погодные условия, при которых работы на открытом воздухе приостанавливаются

Скорость ветра, м/с	Температура воздуха, °С
безветренная погода	-40
менее 5,0	-35
5,1–10,0	-25
10,1–15,0	-15
15,1–20,0	-5
более 20	0

5.3.2 Загрязнение воздушной среды в зоне дыхания

Кустовая площадка огорожена насыпью песка со всех сторон с целью предотвращения разгорания лесного пожара. С учетом сильных ветров может происходить попадание песка в носовую область оператора ППД, что негативно влияет на его здоровье. Мероприятия для устранения попадания песка в носовую область: использование респираторов. Также для защиты глаз от песка необходимо использовать очки.

5.3.3. Превышение уровня шума и вибрации

Вибрация возникает в самых разнообразных технических устройствах вследствие несовершенства их конструкции, неправильной эксплуатации, внешних условий (например, рельеф дорожного полотна для автомобилей), а также специально генерируемая вибрация возникает в результате механических колебаний. Особенность действия вибрации состоит в том, что механические колебания распространяются по грунту (воде) и оказывают воздействие на основания сооружений, вызывая звуковые колебания в виде шума. Воздействие вибрации может привести к ощущениям сотрясения и изменениям нервной, сердечно-сосудистой, опорно-двигательной системы.

На кустовой площадке расположен один источник шума – агрегат (100дБ).

Согласно нормам, представленным в таблице 27, источник шума превышает максимальный уровень.

Таблица 27 – Предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочем месте

Территория	Уровень звукового давления (эквивалентный уровень звукового давления), дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц								Максимальный уровень звука, дБ
Территории предприятий с постоянными рабочими местами	107	95	87	82	78	75	73	71	95

Для снижения воздействия производственных шумов на рабочих в лаборатории можно воспользоваться следующими средствами защиты: рациональная планировка агрегата, противошумные наушники, вкладыши [45].

Устранение или снижение вибрации в источнике возникновения должны быть реализованы еще на стадии конструирования машин и проектирования технологических процессов. При этом особое внимание должно быть уделено исключению или максимальному сокращению динамических процессов, вызванных ударами, резкими ускорениями.

Ослабление вибрации в источнике ее возникновения производится за счет уменьшения действующих в системе переменных сил. Такое уменьшение переменных возможно при замене динамических процессов статическими, при тщательной балансировке вращающихся частей и другие.

5.3.4 Освещенность

При работе в темное время суток объект должен быть освещен, во избежание травматизма. В качестве осветительных приборов применяются фонари и прожектора. Норма освещенности не ниже 10 люксов (СП 52.13330.2011) [46].

К средствам нормализации освещения производственных помещений и рабочих мест относятся: источники света, осветительные приборы, световые проемы, светозащитные устройства, светофильтры.

5.3.5 Монотонность труда

Работа на установке, а также внесение результатов и обработка баз данных являются монотонным процессом.

Монотонность труда может привести к возникновению неприятных ощущений у работников, таких как снижение уровня бодрствования, снижение тонуса скелетной мускулатуры, снижению тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы (снижение частоты пульса и артериального давления, увеличение аритмии пульса и др.). Основными последствиями монотонного труда являются: снижение работоспособности и производительности труда, производственный травматизм, повышенная заболеваемость и т.д.

Работа по исследованию относится к классу вредных напряженных условий труда 1 степени.

Рекомендации предполагают введение частых (через 60 - 120 мин.), но коротких (5-10 мин.) регламентированных перерывов при факторе монотонии.

Полезным является введение физической активности (гимнастика) продолжительностью 7-10 минут в начале смены, а также физкультурных пауз один-два раза за рабочую смену.

5.3.6 Укусы животных и насекомых

Работы проводятся на открытом воздухе вследствие этого возникает риск укуса насекомыми и животными. Особую опасность представляют энцефалитные клещи. В данном случае к средствам индивидуальной защиты относится защитный энцефалитный костюм, гудок, репелленты и москитные сетки.

Для защиты от клещевого энцефалита выполняют вакцинацию. Страхование на случай укуса клеща – спасительная мера для не привитых от клещевого энцефалита лиц, у которых риск заболеть выше, чем у привитых лиц.

5.3.7 Движущиеся части механизмов

До проведения гидроразрыва пласта на глубинно-насосных скважинах следует отключить привод станка-качалки, затем редуктор затормаживается и вывешивают предупредительные таблички или плакаты с информацией о проводимых работах. Подвижные части оборудования должны быть должным образом защищены, чтобы работники не получили механических повреждений. В процессе обвязки устья скважины и монтажа трубопроводов устанавливают противовыбросовое оборудование, обратные клапаны и манометры с целью следить за повышенными давлениями. Манометры выносятся на безопасное расстояние с помощью импульсных трубок, чтобы была возможность снимать показания с них без опасности здоровью

оператора. Перед закачкой жидкости в скважину все оборудование проверяется на наличие неисправностей, исследуется надежность и правильность обвязки и их соединения с устьевой арматурой, которая в свою очередь также проходит обязательную проверку. Затем нагнетательные трубопроводы подвергают опрессовке на давление, которое должно превышать в 1,5 раза ожидаемое максимально давление ГРП. Рабочие в это время должны находиться за пределы опасной зоны. Запуск технологических установок и начала операции по закачке жидкостей в скважину начинается только после удаления от опасной зоны всех рабочих, не связанных с непосредственной работой у агрегатов.

5.3.8 Работа с сосудами под давлением

Оснащение предохранительными клапанами всех аппаратов, в которых может возникнуть давление, превышающее расчетное, должно проводиться с учетом требований «Правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением».

Опасность может возникнуть вследствие взрывной волны (за счет превышения избыточного давления), результатом которого может произойти распространение остроережущих предметов и осколков, что в дальнейшем может привести к травмированию и летальному исходу.

Разгерметизация сосудов, работающих под давлением, может произойти в результате коррозии, неправильной транспортировки и хранения. Для устранения причин и разгерметизации, ежегодно проводятся целевые комиссии в лице механиков.

Для минимизации возникновения данного фактора для всех работников, обслуживающих оборудование под давлением, проводится обязательное обучение по безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением.

5.3.9 Химические вещества

Опасность и вредность работы на установке обусловлена применением вредных и токсичных продуктов: газ-метан с примесями азота, углекислого газа, конденсат, водометанольная смесь.

Метан удушлив, а смеси с воздухом при концентрации от 4 до 17% по объёму–взрывоопасен. Газ при не герметичности оборудования, трубопроводов в аварийных ситуациях может выделяться в пространство рабочих помещений, в воздух рабочей зоны на наружных установках, создавая при этом пожарную и взрывную опасность.

В качестве ингибитора гидрообразования используется метанол с концентрацией 80-95%. Метанол-сильный яд, действующий на нервную и сердечно сосудистую системы человека. В смеси с воздухом при концентрации от 5,5 до 36,5% объёмных взрывоопасен. Предельно допустимая концентрация метанола в воздухе рабочей зоны производственных помещений 5 мг/м³.

Для работы с вредными условиями труда, связанными с агрессивными средами, загрязнениями, повышенными температурами, влажностью, рабочим установки выдается спец. одежда, спец. обувь и другие средства индивидуальной защиты.

- Для защиты рук от воздействия вредных и агрессивных сред применяются рукавицы или голицы с кислотостойкой пропиткой.
- Для защиты органов дыхания используют противогазы и респираторы.
- Для защиты глаз применяют защитные очки.
- Для предохранения кожи открытых частей тела от производственных вредностей необходимо применять защитные мази.

Для работы внутри технологического оборудования в обязательном порядке использовать только шланговые противогазы. Каждый противогаз за обслуживающим персоналом закреплен индивидуально.

5.3.10 Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий

Источником поражения электрическим током, при проведении работ на кузовных площадках, могут являться плохо изолированные токопроводящие части, металлические элементы, случайно оказавшиеся под напряжением. Известно, что поражение человека электрическим током возможно лишь при замыкании электрической цепи через тело человека, т.е. при прикосновении человека к сети не менее чем в двух точках. Опасное воздействие на людей электрического тока проявляется в виде электротравм (ожоги, металлизация кожи, механические повреждения), электрического удара и профессиональных заболеваний. Все применяемое электрооборудование и электроинструменты должны иметь заземление и подлежать занулению отдельной жилой кабеля с сечением жилы не менее сечения рабочих жил. Защитное заземление должно удовлетворять ряду требований, изложенных в ГОСТ 12.1.030-81 «Защитное заземление. Зануление» [47].

Для защиты персонала от поражения электрическим током при пробое изоляции электрифицированных механизмов и электроинструмента они должны быть оборудованы устройствами защитного отключения (УЗО). Одной из защитных мер является также ограничение напряжения до 12- 36 В для переносного электрооборудования, местного или ремонтного освещения.

Для предотвращения негативного воздействия электрического тока на рабочих используются средства коллективной и индивидуальной защиты (ГОСТ Р 12.1.019-2009).

Коллективные средства электрозащиты: изоляция токопроводящих частей (проводов) и ее непрерывный контроль, установка оградительных устройств, предупредительная сигнализация и блокировка, использование знаков безопасности и предупреждающих плакатов, применение малых

напряжений, защитное заземление, зануление, защитное отключение. Помимо этого, каждый год для персонала проводят инструктажи.

Индивидуальные средства защиты: диэлектрические перчатки, инструменты с изолированными рукоятками, диэлектрические боты, изолирующие подставкин.

5.3.10 Производственные факторы, связанные с повышенным образованием электростатических зарядов на корпусе разрабатываемого устройства

Статическое электричество представляет настоящую угрозу для организма человека. При длительном пребывании человека в электростатическом поле возникают головные боли, снижение аппетита, нарушается сон, наблюдаются боли в области сердца, брадикардия и артериальная гипотония, может наблюдаться артериальная гипертензия, возможно потемнение в глазах и головокружение. Статическое электричество приводит к росту заболеваний сердечно-сосудистой системы, увеличению числа психических заболеваний, приносит вред работе нервной системы.

Избыток статического электричества провоцирует искру при малейшем контакте с другими объектами. Это представляет серьезную угрозу для безопасности работ на взрывоопасном производстве, т.к. в результате искры возникает взрыв и пожар.

Нейтрализацию заряда рекомендуется осуществлять путем ионизации воздуха в непосредственной близости от заряженного материала. Для этой цели могут быть использованы нейтрализаторы статического электричества (радиоизотопные, индукционные, высоковольтные, нейтрализаторы скользящего разряда и др.).

5.3.11 Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых механизмов

Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях инструмента – перед началом работы оператор обязан осматривать инструмент, оборудование, фланцевые соединения скважин. Неисправный инструмент отбраковывается и изымается. Работать неисправным инструментом запрещается. Основные средства индивидуальной защиты: спецодежда, специальная обувь, соответствующей характеру и условиям выполняемой работы.

5.3.12 Радиация

При добыче нефти и газа на работников отрасли воздействуют следующие радиационные факторы:

- внешнее гамма-облучение, связанное с радиоактивным распадом природного урана-238 и тория-232;
- внутреннее облучение альфа- и бета-частицами при ингаляционном пути их попадания в организм;
- облучение кожных покровов и органов зрения персонала бета-частицами.

Перед строительством площадки для нефтеобъекта проводят дозиметрические мероприятия. При многократном превышении норм, строительство данной площадки переносится, либо выбирается меньшая глубина разрыва.

Для контроля превышения данного фактора проводят дозиметрическое исследование, где рассчитывает плотность потока радона на площадке. При повышении норм, рекомендуется использовать респираторы, так как данные вещества являются газами.

При облучении ингаляционных путей проводят медицинское лечение, направленное на ускоренное выведение, альфа и бета-частиц.

5.4 Экологическая безопасность

Операции по оптимизации системы поддержания пластового давления при разработке низкопроницаемых коллекторов на месторождениях сопровождается неизбежным техногенным воздействием на объекты природной среды. Воздействие на селитебную зону: химическое загрязнение, СЗЗ - 120 м

Воздействие на селитебную зону

При добыче нефти проявляются другие органические и неорганические соединения. В связи с чем возможно химическое заражение селитебной зоны при возникновении аварии.

Для защиты селитебной зоны предусматриваются следующие средства защиты:

- санитарно-защитная зона,
- установление требований защиты к проектируемому зданию, технологическому процессу, оборудованию.

Загрязнение гидросферы

Вторичное вскрытие пласта скважин при определенных условиях может сопровождаться:

- загрязнением водотоков, поверхностных водоемов, подземных вод грунтов, почв химическими реагентами, горюче-смазочными материалами (ГСМ), пластовыми флюидами;
- хозяйственно-бытовыми жидкими и твердыми отходами;
- перетоками в заколонном пространстве из-за нарушения целостности обсадной колонны;
- продуктами утечек скважины.

Организационные мероприятия по предупреждению загрязнения объектов природной среды. В процессе освоения скважины продукты освоения должны собираться в передвижные металлические емкости по 25 м³ с последующей откачкой нефти и пластовой воды в нефтесборный коллектор.

После закачки химических реагентов или других вредных веществ до разборки нагнетательной системы агрегата должна прокачиваться инертная жидкость объемом, достаточным для промывки нагнетательной системы. Сброс жидкости после промывки должен производиться в сборную емкость. Остатки химических реагентов следует собирать и доставлять в специально отведенное место, оборудованное для утилизации или уничтожения.

Влияние на атмосферу

Источниками выбросов загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферу от планируемых объектов эксплуатации месторождения являются:

- транспортабельная котельная с котлами, работающая в период бурения новых скважин;
- дизельная электростанция (работает в период освоения и бурения при строительстве скважин и в период освоения при зарезки бокового ствола);
- дизельный цементировочный агрегат (работает в период освоения и бурения скважин);
- двигатели внутреннего сгорания автомобильной и строительной техники.

Основными ЗВ, выбрасываемыми в приземный слой атмосферы, от планируемых источников являются: углеводороды, оксид азота, диоксид азота, оксид углерода.

Минимизация негативного воздействия на атмосферный воздух территории разработки месторождения достигается:

- полной герметизацией технологического оборудования;
- контролем швов сварных соединений трубопроводов;
- защитой оборудования от коррозии;
- оснащением предохранительными клапанами всей аппаратуры, в которой может возникнуть давление, превышающее расчетное;
- испытание оборудования и трубопроводов на прочность и герметичность после монтажа;

– использование попутного нефтяного газа для выработки электроэнергии.

Экологический мониторинг за изменением качества приземного слоя атмосферного воздуха на территории месторождения осуществляется в составе программы экологического мониторинга (ПЭМ) месторождения.

Влияние на литосферу

На состояние литосферы также влияет выброс химических реагентов и углеводородов, которое широко используются при гидроразрыве пласта. Загрязнение литосферы может произойти из-за разлива химических реагентов в почву.

Если произошел разлив и выброс нефтяных эмульсий в почву, необходимо осуществить сбор, срезку растительного слоя толщиной 0,3-0,4 м и переместить в временные отвалы до рекультивации земель.

Во избежание разливов углеводородов и химических реагентов необходимо осуществлять постоянный контроль за герметичностью нефтепромысловых объектов, проводить вводные, целевые, внеплановые, первичные инструктажи персоналу, соблюдать правила промышленной безопасности и охраны труда.

5.5 Безопасность при чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайные ситуации, которые могут возникнуть на кустовой площадке месторождения при проведении работ по выравниванию профиля приёмистости:

- разрыв нефтесборных элементов, которым обычно приурочено высокие показатели давления;
- разрушение нефтесборных коллекторов и трубопроводов, которые подают химреагенты в эксплуатируемую скважину;
- замыкание в электрической сети;
- пожары, взрывы.

Во избежание несчастных случаев, работниками бригад должны быть

пройденны правила безопасности при ведении работ. Персонал должен быть ознакомлен со своей должностной инструкцией, со всеми видами инструктажей (вводный, первичный, внеплановый, целевой, повторный). При проведении работ на кустовых площадках, непосредственно у специалиста по ПБ и ОТ бригад ГРП необходимо получить акт-допуск на проведение работ по ГРП.

Чаще всего ЧС возникает в результате разрыва элементов, которые находятся под высоким давлением. Негерметичность соединений швов может привести к взрыву и пожару, в результате которого работник может получить травмы и даже летальный исход.

При возникновении ЧС, ответственному за проведение работ по ГРП необходимо приостановить работы, оградить опасный участок, сообщить руководителю о ситуации, предпринять действия по эвакуации и спасению людей, удостоверившись в собственной безопасности.

Выводы по разделу

Значение всех производственных факторов на изучаемом рабочем месте соответствует нормам, которые также были продемонстрированы в данном разделе.

- разделу 1 п.1.13 правил устройства электроустановок (ПУЭ) рабочее помещение относится ко второму классу;
- норма освещенности на месторождении должна быть не ниже 10 люксов;
- категория помещения(операторной) по взрывопожарной и пожарной опасности относится к категории Б;
- Категория тяжести труда на территории по СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" относится к категории Ib (работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся физическим напряжением).
- Рассмотренный объект, оказывающий негативное воздействие на

окружающую среду, относится к объектам I категории.

Заключение

Вопросы, связанные с решением проблем ППД при разработке нефтяных месторождений, сложны и многогранны. Исходя из этого, наиболее актуальные цели и задачи связаны с повышением эффективности систем ППД за счет разработки и реализации комплекса мероприятий по оптимизации заводнения продуктивных пластов и разработки целевых или специализированных технологий повышения нефтеотдачи.

Анализ систем разработки показал, что наиболее эффективна разработка на низкопроницаемых коллекторах будет вестись:

- горизонтальными скважинами;
- с нестационарным заводнением;
- с добавками ПАВ.

Так, например, закачка в пласт водных растворов ПАВ позволяет не только снизить поверхностное натяжение на границах раздела фаз в системе «нефть-газ-вода-порода», обеспечивая тем самым повышение коэффициента извлечения нефти, но и позволяет решать проблему набухания глинистых минералов. Известно, что определенные ПАВ способны подавлять гидратацию и набухание глин, что в пластовых условиях должно привести к увеличению фазовой проницаемости полимиктовых пород-коллекторов по нефти и в целом повысить эффективность системы заводнения.

В свою очередь, горизонтальные скважины, в отличие от стандартных, отличаются большими показателями по производительности, так как горизонтальное направленное бурение сопровождается использованием инновационных технологий, которые дают возможность устроить скважину с большим углом отклонения от вертикального направления

При разработке месторождений с низкопроницаемыми коллекторами наиболее подходящими для оптимизации ППД являются: системы разработки с нестационарным заводнением. Эффективность этого метода обусловлена проникновением воды в низкопроницаемые элементы пласта при повышении

давления нагнетания и перемещением нефти из низкопроницаемых прослоев в высокопроницаемую часть коллектора при снижении давления нагнетания.

Для оптимизации системы ППД особое внимание стоит уделять водоподготовке. Выбор реагента для закачиваемой воды также играет значительную роль.

Также, для системы ППД выбираются технологии закачек с высоким уровнем управляемости, с разработкой автоматизированной системы контроля и управления. Стоит уделять внимание экономичности и энергоэффективности работы системы ППД.

Однако, следует модернизировать систему ППД и по ряду других направлений.

Список используемых источников

1. Сараев, А. К. Каротаж при изучении нефтегазоносных коллекторов : учебное пособие / А. К. Сараев. — Санкт-Петербург : СПбГУ, 2021. — 158 с.
2. Мищенко И.Т., Бравичев К.А., Бравичева Т.Б. Обоснование энергосберегающих экологически безопасных технологических решений по управлению разработкой трудноизвлекаемых запасов с учетом изменения эффективного напряжения. Вестник ассоциации буровых подрядчиков, № 3, 2019. Стр 2-5
3. Куликов Александр Николаевич. Повышение эффективности разработки сложнопостроенных залежей нефти с низкопроницаемости коллекторами при заводнении (на примере месторождений Западной Сибири) : диссертация ... кандидата технических наук : 25.00.17 / Куликов Александр Николаевич; [Место защиты: ГУП "Институт проблем транспорта энергоресурсов АН Башкортостана"]. - Уфа, 2008. - 174 с. : 54 ил.
4. Попов, И. П. Новые технологии в нефтегазовой геологии и разработке месторождений / И. П. Попов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 312 с.
5. Р.Р. Раянов, К.В. Казаков, К.А. Бравичев Поиск оптимального варианта разработки низкопроницаемого и неоднородного ачимовского пласта месторождения Западной Сибири, Нефть, Газ и Бизнес, № 2 2016г., стр.23-29.
6. Журавлев, Г. И. Бурение и геофизические исследования скважин : учебное пособие для вузов / Г. И. Журавлев, А. Г. Журавлев, А. О. Серебряков. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 344 с.
7. Ваганов, Л. А. Основы проектирования разработки месторождений нефти: учебное пособие / Л. А. Ваганов. — Тюмень: ТюмГНГУ, 2016. — 80 с.

8. Ильина, Г. Ф. Методы и технологии повышения нефтеотдачи для коллекторов Западной Сибири: учебное пособие / Г. Ф. Ильина, Л. К. Алтунина. — 2-е изд. — Томск: ТПУ, 2012. — 166 с.
9. Миннигулов, Р.А. Обзор технологий на основе геле и осадкообразующих композиций по выравниванию профиля приемистости для месторождений с высокой обводненностью продукции скважин / Р. А. Миннигулов // Академический журнал Западной Сибири. — 2020. — № 2. — С. 11-13.
10. Рогачев, М.К. Исследование и разработка растворов поверхностно- активных веществ для заводнения низкопроницаемых полимиктовых коллекторов нефтяник», №1, 2016г. с. 49-53.
11. Рогачев, М.К. Регулирование фильтрационных характеристик нефтяных коллекторов с использование поверхностно-активных веществ, А.Н. Кузнецова // Международный Научно-исследовательский журнал International research journal – №10 (41), часть 4, 2015. С. 98-99.
12. Коротенко, В. А. Физические основы разработки нефтяных месторождений и методов повышения нефтеотдачи: учебное пособие / В. А. Коротенко, А. Б. Кряквин, С. И. Грачёв. — Тюмень: ТюмГНГУ, 2014. — 104 с.
13. Сизов, В. Ф. Управление разработкой залежей нефти с трудноизвлекаемыми запасами: учебное пособие / В. Ф. Сизов. — Ставрополь: СКФУ, 2014. — 136 с.
14. Нескоромных, В. В. Направленное бурение. Бурение горизонтальных и многозабойных скважин: учебник / В. В. Нескоромных. — Красноярск: СФУ, 2020. — 410 с.
15. Установки горизонтально-направленного бурения: справочник / составители А. А. Бер [и др.]. — Томск: ТПУ, 2018. — 208 с.
16. Квеско, Б. Б. Методы и технологии поддержания пластового давления / Б. Б. Квеско. — Вологда: Инфра-Инженерия, 2018. — 128 с.

17. Юшков, И. Р. Организация закачки воды. Система поддержания пластового давления: учебное пособие / И. Р. Юшков, В. Д. Гребнев. — Пермь: ПНИПУ, 2021. — 44 с.
18. Кудинов В.И. Основы нефтегазопромыслового дела. – Москва Ижевск: Институт компьютерных исследований; Удмуртский госуниверситет, 2005. – 720 с.
19. СП 284.1325800.2016 Трубопроводы промышленные для нефти и газа. Правила проектирования и производства работ
20. Нефть и газ: технологии и инновации: материалы конференции: в 3 томах / ответственный редактор Н. В. Гумерова. — Тюмень: ТИУ, 2020 — Том 1 — 2020. — 251 с.
21. Плиткина Ю. А. Повышение эффективности системы поддержания пластового давления в низкопроницаемых неоднородных коллекторах с трудноизвлекаемыми запасами // Известия вузов. Нефть и газ. 2021. №3.
22. Раянов Р.Р. Обоснование технологии разработки низкопроницаемых неоднородных коллекторов с применением горизонтальных скважин: дисс. канд. техн. наук: 25.00.17 / Раянов Роберт Ришатович М.: 2016. – 146 с.
23. Геолого-технологическое обоснование добычи высоковязкой нефти мелких месторождений: учебное пособие / Д. А. Ишкинеев, Д. В. Иванов, Ш. Х. Султанов [и др.]. — 2-е изд., перераб. и доп. — Уфа : УГНТУ, 2020. — 162 с.
24. Поплыгин, В. В. Эксплуатация и обслуживание объектов добычи нефти: введение в специальность: учебное пособие / В. В. Поплыгин. — Пермь: ПНИПУ, 2014. — 172 с.
25. Системы автоматизации в нефтяной промышленности: учебное пособие / М. Ю. Прахова, Е. А. Хорошавина, А. Н. Краснов, С. В. Емец; под общей редакцией М. Ю. Праховой. — Вологда: Инфра-Инженерия, 2019. — 304 с.

26. Гребнев, В. Д. Строительство нефтегазопромысловых объектов: учебное пособие / В. Д. Гребнев, Г. П. Хижняк, Д. А. Мартюшев. — Пермь: ПНИПУ, 2013. — 100 с.
27. Большой справочник инженера нефтегазодобычи. Разработка месторождений. Оборудование и технологии добычи /Под ред. У.Лайонза и Г.Плизга-Пер.с англ.-СПб.:Профессия,2009.-952с
28. Кукьян, А. А. Реконструкция и восстановление скважин: учебное пособие / А. А. Кукьян, А. А. Мелехин, В. М. Плотников. — Пермь: ПНИПУ, 2015. — 210 с.
29. Оборудование для насосной эксплуатации скважин с направленным профилем ствола: учебное пособие / К. Р. Уразаков, В. П. Жулаев, Б. М. Латыпов [и др.]. — Уфа: УГНТУ, 2018. — 354 с.
30. Серебряков, А. О. Морские инженерные изыскания: монография / А. О. Серебряков. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 212 с.
31. Бешенцев, В. А. Обоснование захоронения промышленных и сточных вод в недра: учебное пособие / В. А. Бешенцев, Т. В. Семенова. — Тюмень : ТюмГНГУ, 2018. — 95 с.
32. Кумыков, Р. М. Физическая и коллоидная химия: учебное пособие для вузов / Р. М. Кумыков, А. Б. Иттиев. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2022.
33. Семенова Т. В. Проблемы совместимости пластовых и закачиваемых вод на нефтепромыслах Западной Сибири // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. - 2017. - № 5. - С. 34-40.
34. Обезвреживание сточных вод в Ямало-Ненецком автономном округе / В. А. Бешенцев [и др.] // Горные ведомости. - 2008. - № 2. - С. 86-96.
35. Семенова Т. В. Изменение ионно-солевого состава пластовых вод месторождений южных нефтегазоносных районов Тюменской области // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. - 2002. - № 5. - С. 65-70

36. Семенова Т. В., Данкова И. М. Гидроминеральные ресурсы юга Тюменской области и перспективы их использования // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. - 2012. - № 5. - С. 9-13.
37. Пальянов, А. П. Технология дискретных закачек в системах поддержания пластового давления при разработке нефтяных месторождений: дис. канд. техн. наук: 25.00.17 / Пальянов Александр Петровична. – Москва, 2001. – 141с.
38. Сайт ООО «Лукойл»: [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://zs.lukoil.ru/ru/About/Structure/Povkhneftegaz> – Дата доступа: 17.06.2022
39. Арефьев, С. В. Основные направления повышения эффективности разработки месторождений ООО «ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь» / С. В. Арефьев — Тюмень, 2017. — 20 с.
40. Торопина, Э. Ю. Способ выравнивания профиля приемистости нагнетательных скважин / Э. Ю. Торопина — Москва, 2004. – 3 с.
41. Коротенко, В. А. Физические основы разработки нефтяных месторождений и методов повышения нефтеотдачи: учебное пособие / В. А. Коротенко, А. Б. Кряквин, С. И. Грачёв. — Тюмень: ТюмГНГУ, 2014. — 104 с.
42. Карпов, К. А. Технологическое прогнозирование развития производств нефтегазохимического комплекса: учебник / К. А. Карпов. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 492 с.
43. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина З.В. Криницына; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.
44. Закон РФ "О недрах" от 21.02.1992 N 2395-1
45. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

46. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума.
Классификация.

47. СП 52.13330.2011. Свод правил. Естественное и искусственное
освещение.

48. ГОСТ 12.1.030-81 «Защитное заземление. Зануление»