

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Анализ эффективности применения технологии гидравлического разрыва пласта на нефтяных месторождениях Западной Сибири

УДК 622.276.66(571.1)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б7Г	Пискунов Сергей Александрович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гладких Марина Алексеевна			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОСГН ШБИП ТПУ	Дукарт Сергей Александрович	к.и.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Фех Алина Ильдаровна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2021 г.

Планируемые результаты обучения

№	Результаты обучения	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
1	2	3
Р1	Применять <i>базовые</i> естественнонаучные, математические, инженерные и специальные технические знания для решения прикладных инженерных задач, соответствующих профилю подготовки (в нефтегазовом секторе экономики)	Требования ФГОС ВО ОК-1, ОК-3, ОК-8, ОК-9, ОПК-1, ППК-2, ППК-3, ППК-4, ППК-5, ППК-6, ППК-7, ППК-11
Р2	Применять <i>базовые профессиональные знания</i> в области современных нефтегазовых технологий для решения <i>междисциплинарных инженерных задач</i> нефтегазовой отрасли	Требования ФГОС ВО ОК-1, ОК-3, ОК-6, ОК-7, ОПК-1, ППК-3, ППК-4, ППК-6
Р3	Планировать и проводить аналитические и экспериментальные <i>исследования</i> с использованием новейших достижений науки и техники, уметь критически оценивать результаты и делать выводы, полученные в <i>сложных и неопределённых условиях</i> ;	Требования ФГОС ВО ОК-6, ОК-8, ОПК-2, ППК-4, ППК-6
Р4	Проявлять <i>осведомленность о передовых знаниях и открытиях</i> в области нефтегазовых технологий с учетом <i>передового отечественного и зарубежного опыта</i> , уметь <i>использовать новые знания при обучении сотрудников</i>	Требования ФГОС ВО ОК-1, ОК-3, ОПК-1, ОПК-3, ППК-4, ППК-6
Р5	Внедрять в практическую деятельность <i>инновационные подходы</i> для достижения конкретных результатов	Требования ФГОС ВО ОК-4, ОПК-6, ППК-4, ППК-5, ППК-6, ППК-11
Р6	Управлять <i>технологическими процессами</i> , эксплуатировать и обслуживать <i>оборудование нефтегазовых объектов</i> , обеспечивать их <i>высокую эффективность</i> , соблюдать правила <i>охраны здоровья и безопасности труда</i> , выполнять требования по <i>защите окружающей среды</i>	Требования ФГОС ВО ОК-3, ОК-4, ОК-9, ОПК-5, ППК-1, ППК-2, ППК-3, ППК-5, ППК-6, ППК-7, ППК-8, ППК-9, ППК-11
Р7	Быстро ориентироваться и выбирать <i>оптимальные решения в многофакторных ситуациях</i> , владеть методами и средствами <i>математического моделирования</i> технологических процессов и объектов	Требования ФГОС ВО ОК-5, ОК-6, ОК-5, ОПК-4, ППК-3, ППК-4, ППК-7, ППК-10
Р8	Эффективно использовать любой имеющийся арсенал технических средств для максимального приближения к поставленным производственным целям при <i>разработке и реализации проектов</i>	Требования ФГОС ВО ОПК-5, ППК-2, ППК-3, ППК-4, ППК-8, ППК-9
Р9	Эффективно работать <i>индивидуально</i> , в качестве <i>члена и руководителя команды</i> , умение формировать задания и <i>оперативные планы</i> всех видов деятельности, распределять обязанности членов команды, готовность нести <i>ответственность за результаты работы</i>	Требования ФГОС ВО ОК-1, ОК-3, ОК-6, ОК-8, ОПК-6, ППК-2, ППК-5, ППК-7, ППК-10, ППК-11
Р10	Самостоятельно учиться и непрерывно <i>повышать квалификацию</i> в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВО ОК-1, ОК-3, ОК-6, ОК-7, ОПК-2, ППК-3, ППК-4, ППК-6, ППК-8, ППК-10

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 (специальность): 21.03.01 Нефтегазовое дело
 Отделение школы (НОЦ): Отделение нефтегазового дела

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы
<small>(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)</small>

Студенту:

Группа	ФИО
2Б7Г	Пискунов Сергей Александрович

Тема работы:

Анализ эффективности применения технологии гидравлического разрыва пласта на нефтяных месторождениях Западной Сибири	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	89-13/с от 30.03.2021

Срок сдачи студентом выполненной работы:	18.06.2021
--	------------

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	<ol style="list-style-type: none"> 1. Общие сведения о ГРП 2. Анализ проведения ГРП на месторождение X 3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 4. Социальная ответственность
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <small>(с указанием разделов)</small>	
Раздел	Консультант
Общие сведения о ГРП	Старший преподаватель Гладких Марина Алексеевна

Анализ проведения ГРП на месторождение X	Старший преподаватель Гладких Марина Алексеевна
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент, к.э.н. Дукарт Сергей Александрович
Социальная ответственность	Старший преподаватель Фех Алина Ильдаровна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Общие сведения о ГРП	
Анализ проведения ГРП на месторождение X	
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
Социальная ответственность	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	31.03.2021
---	------------

Задание выдал руководитель / консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гладких Марина Алексеевна			31.03.2021

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б7Г	Пискунов Сергей Александрович		31.03.2021

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 (специальность): 21.03.01 Нефтегазовое дело
 Уровень образования: высшее
 Отделение школы (НОЦ): Отделение нефтегазового дела
 Период выполнения: весенний семестр 2020 /2021 учебного года
 Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	20.06.2020
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	Общие сведения о ГРП	35
	Анализ проведения ГРП на месторождение X	35
	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
	Социальная ответственность	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гладких Марина Алексеевна			31.03.2021

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Максимова Юлия Анатольевна			31.03.2021

Обозначения, определения и сокращения

ГРП – гидравлический разрыв пласта

МУН – метод увеличения нефтеотдачи

ПАВ – поверхностно-активные вещества

НКТ – насосно-компрессорные трубы

ЛВД – линия высокого давления

ТБ – техника безопасности

ГТМ – геолого-технические мероприятия

ППП – промышленно-производственный персонал

NPV – net present value – чистая текущая стоимость

ДВ – денежный поток

ПДН – поток денежной наличности

НПДН – накопленный поток денежной наличности

ДПДН – дисконтированный поток денежной наличности

ЧТС – чистая текущая стоимость

СИЗ – средства индивидуальной защиты

ОХП – огнетушитель химический пенный

ЧС – чрезвычайная ситуация

ПЛВА – план по ликвидации возможных аварий

ГДИС – гидродинамические исследования скважин

Реферат

Выпускная квалификационная работа 78 с., 13 рис., 12 табл., 24 источников, 0 прил.

Ключевые слова: гидравлический разрыв пласта, методы интенсификации притока, проппант, дебит, эффективность применения, безразмерная проводимость трещины.

Объектом исследования являются пласты месторождения X, которые подходят под критерий проведения гидравлического разрыва.

Цель работы – анализ эффективности проведения гидравлического разрыва на позднем этапе разработки месторождения X.

ГРП активно применяется в нефтегазовой отрасли, как один из методов увеличения нефтеотдачи и стимуляции притока в пласте.

ГРП активно применяется во множестве зарубежных и отечественных компаниях на протяжении длительного времени.

В процессе исследования был проведен экономический расчет эффективности гидравлического разрыва пласта на месторождении X.

В результате исследования были выявлены, что гидравлический разрыв пласта оказался эффективным методом, который позволил увеличить дебит и улучшить коллекторские свойства призабойной зоны соответствующих скважин, на которых он был проведен.

Ожидаемый экономический эффект от гидравлического разрыва пласта по взятым для расчета скважинам получился положительным, что говорит о рентабельности проекта.

В будущем планируется использовать полученные результаты работы для улучшения разработки других месторождений, находящихся на поздней стадии.

Оглавление

Введение	9
1 Общие сведения о ГРП	11
1.1 Теоретические основы проведения ГРП	13
1.2 Оптимальные дизайн ГРП	15
1.3 Оборудование для проведения ГРП	24
1.4 Материалы, применяемые при ГРП	29
1.5 Проведение ГРП	33
1.6 ГДИС после ГРП	37
2 Анализ проведения ГРП на месторождении X	41
3 Обоснование экономической эффективности	43
3.1 Анализ влияния мероприятия на технико-экономические показатели ..	43
3.2 Расчет показателей экономической эффективности мероприятия	47
4 Социальная ответственность	54
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	54
4.2 Производственная безопасность	56
4.2.1 Анализ вредных факторов	57
4.2.2 Анализ опасных факторов	61
4.3 Экологическая безопасность	64
4.3.1 Влияние на литосферу	64
4.3.2 Влияние на гидросферу	65
4.3.3 Влияние на атмосферу	65
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	66
Заключение	69
Список литературы	71

ВВЕДЕНИЕ

Технология гидравлического разрыва пласта – это один из методов стимуляции скважины (интенсификации притока), заключающийся в закачке под высоким давлением «жидкости гидроразрыва», в основном состоящую из воды, песка или других проппантов, загустителей в ствол скважины, создании проводимых трещин, через которые может продвигаться флюид. Данная технология является наиболее подходящей для скважин с маленькой и умеренной проницаемостью, которые являются экономически невыгодными, но также она может использоваться для пластов с большими показателями проницаемости, если это является экономически обоснованным решением. Помимо увеличения дебита флюида данная технология позволяет увеличить нефтеотдачу, так как образуемые трещины способны уйти глубоко в пласт и затронуть целиковые зоны, не охваченные другими методами разработки. Указанный метод интенсификации притока позволяет быстрее выработать запасы и также получать больше флюида на последних этапах разработки, что может быть очень важно, особенно когда данные этапы затягиваются.[1]

ГРП – дорогостоящая операция и может достигать в стоимости до нескольких миллионов, но данные затраты являются обоснованными, если учитывать все плюсы данного метода. Также практически всегда он является рентабельным.

В данной работе рассмотрены такие основные составляющие метода гидравлического разрыва пласта, как сущность самого метода, состав «жидкости гидроразрыва», проппанта, оборудования для его проведения, принцип проведения ГРП, основной способ расчета эффективности ГРП.

Объектом исследования являются продуктивные пласты нефтяных месторождений, в которых на основе технолого-геологических особенностей и экономических параметров имело место быть применение ГРП.

Актуальность работы – гидравлический разрыв пласта является наиболее популярным, признанным и используемым в наше время методом интенсификации притока как на множестве месторождений России, так и

всего мира. На сегодняшний день, когда разработка месторождений в России стала очень дорогостоящей из-за климатических, геологических, технологических сложностей, то вопрос оптимизации и правильного применения такого рентабельного и высокоэффективного метода как ГРП стоит очень остро.

Задачи исследования:

- выделение основных особенностей, сложностей применения ГРП;
- обзор технологии и особенностей технологического процесса проведения ГРП;
- изучения опыта ГРП;
- расчет экономической эффективности применения ГРП;
- численный расчет эффективности от применения технологии ГРП на месторождении X;
- выделение основных факторов, которые пагубно влияют на организм человека в процессе реализации мероприятия ГРП. Также указать основные способы защиты окружающей среды от влияния последствия ГРП.

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГРП

Гидравлический разрыв пласта имеет богатую историю, которая насчитывает более 130 лет, но проходила все большее и большее количество усовершенствований и только в ближайшие 50 лет смогло стать одним из самых эффективных методов интенсификации притока, данный метод имеет место как для терригенных, так и для карбонатных коллекторов, только в одних мы делаем классическое удержание трещин при помощи проппанта, а в других используем кислоту, которая вступает во взаимодействие с карбонатом, не позволяя смыкаться трещинам. На основе множества испытаний было исследовано, что данный МУН проходит на больших глубинах, что свидетельствует о полной безопасности окружающей среды, отсутствии влияния на сточные и грунтовые воды, почву, следовательно, не влияют на здоровье людей, проживающих рядом. Но тем не менее, не смотря на все преимущества данного метода, данный метод не применяется настолько часто, насколько этого хотелось бы, так как является очень дорогостоящим, тяжелым в техническом плане, требующий большого количества подготовленного персонала и очень сложным в расчетах операцией, так как тяжело предугадать, куда пойдет трещина, в какой момент может произойти переток в другую зону, образование несовместимых условия эксплуатации, при которых флюид будет перетекать из одной зоны в другую, и будет стоять задача об установке множества пакеров, которые не всегда могут устранить проблему.[2]

Чаще всего такой метод интенсификации притока как гидравлический разрыв пласта используется именно на месторождениях, на которых идет поздний этап разработки, так как именно на этом этапе коэффициент продуктивности становится наименьшим, и необходимо вносить кардинальные меры по увеличению притока к стенкам скважины. Метод ГРП не является универсальным, и необходимо строго соблюдать критерии его применимости, к которым относятся показатель проницаемости скважины по

отношению к соседним, показатель обводнённости. Если идет речь про низкопроницаемые коллекторы, то критерии становятся еще более строгими и к вышесказанным критериям прибавляются такие уточнения, что должна соблюдаться необходимая минимальная эффективная толщина пласта, которая устанавливается индивидуально, в зависимости от разрабатываемого месторождения и условий в частности, отсутствия в полученном флюиде газа и газовой шапки, также недопустимо применение заводнения во всех его проявлениях, так как образование трещин может привести к резкому притоку воды, вследствие чего большая часть добываемого флюида будет вода, что является недопустимым. Также имеется множество других критериев, которые связаны с литологическими особенностями разработки и должны рассматриваться индивидуально в каждом случае. Данный метод является очень эффективным, о чем говорит статистика и анализ проведенных множеством крупных компаний, лидирующих в секторе нефтегазовой отрасли России, в данных которых наглядно прослеживается возможное увеличение притока флюида в 1,7 раза, что является выдающимся показателем, по сравнению с другими возможными методами.[3]

Технология ГРП не нашла такое широкое применение во всех странах мира как в США и России, так как несмотря на проведенные опыты по безопасности этого метода повышения нефтеотдачи, в некоторых странах Европы данный метод запрещен из-за возможных последствий, связанных с окружающей средой. Тем не менее ГРП является очень эффективным и смог, по некоторым подсчетам, способствовать увеличению добытой нефти в Северной Америке аж на 8 млрд. баррелей, что нельзя не отметить. Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что нужно всегда соотносить экономическую составляющую, риски и результат, полученных с проведенной операции, и только потом принимать окончательное решение о непосредственном использовании данного метода на том или ином месторождении, учитывая непосредственно условия, в которых добывается нефть и ее стоимость на рынке.[3]

1.1 Теоретические основы проведения ГРП

В основе решения расчета проведения ГРП лежит правило, что разрыв в большей степени расположен перпендикулярно направлению наименьшего напряжения (в большинстве случаев, при которых ведется разработка пластов, которые располагаются на значительной глубине), то есть трещина является вертикальной, так как минимальное напряжение чаще всего образуется в одном из горизонтальных направлений.[4] Наглядное представление данного правила показано на рисунке 1.1.

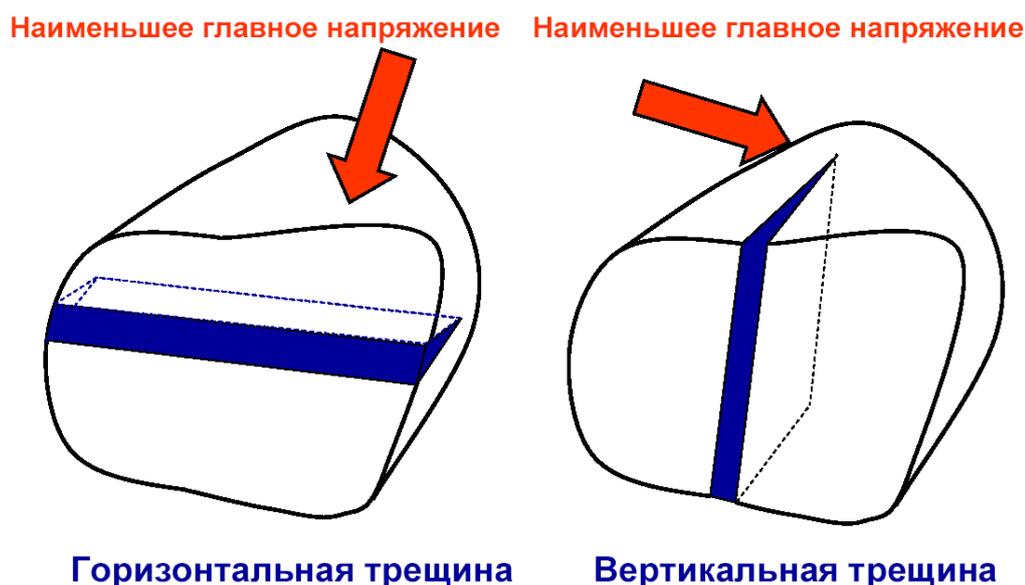


Рисунок 1.1 – Направление напряжения в трещинах [5]

Основными параметрами расчета трещины и в целом ее характеристики являются ее геометрические размеры, к которым относятся высота трещины, ее ширина, а также полудлина трещины. Для примера возьмем случай, в которой имеется вертикальная скважина с проникающей вертикальной трещиной. На рисунке 1.2 представлена геометрия трещины ГРП.

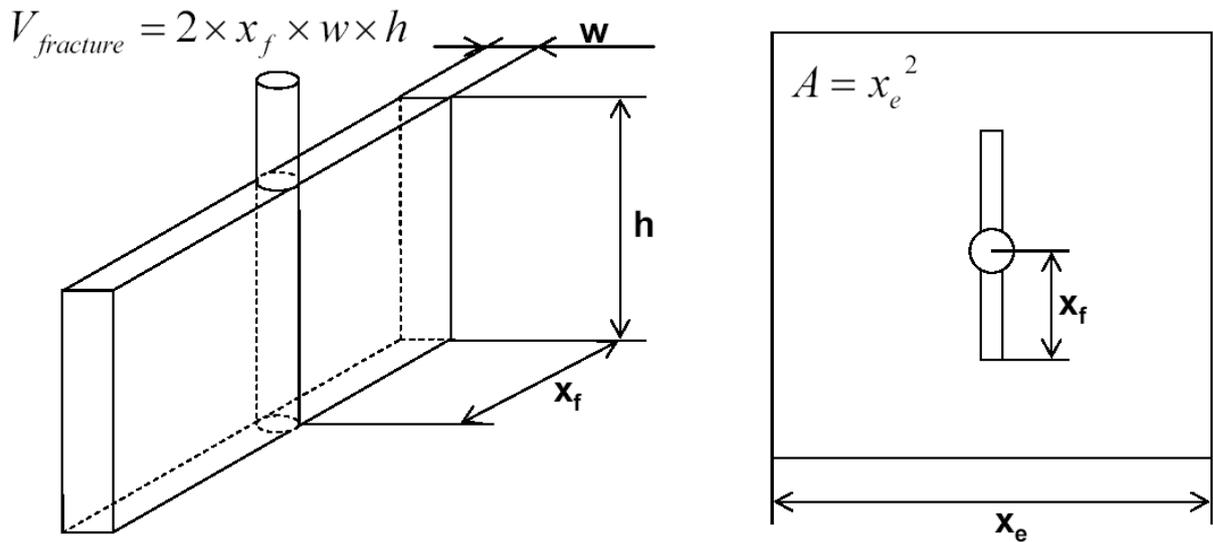


Рисунок 1.2 – Геометрия трещины ГРП [4]

В основе проектирования ГРП лежит не только определение геометрии трещины, но также и составление графика закачки жидкостей в пласт и распределения давления в затрубье и НКТ, который позволяет реализовать поставленные задачи. Примером такого графика представлен ниже на рисунке 1.3.

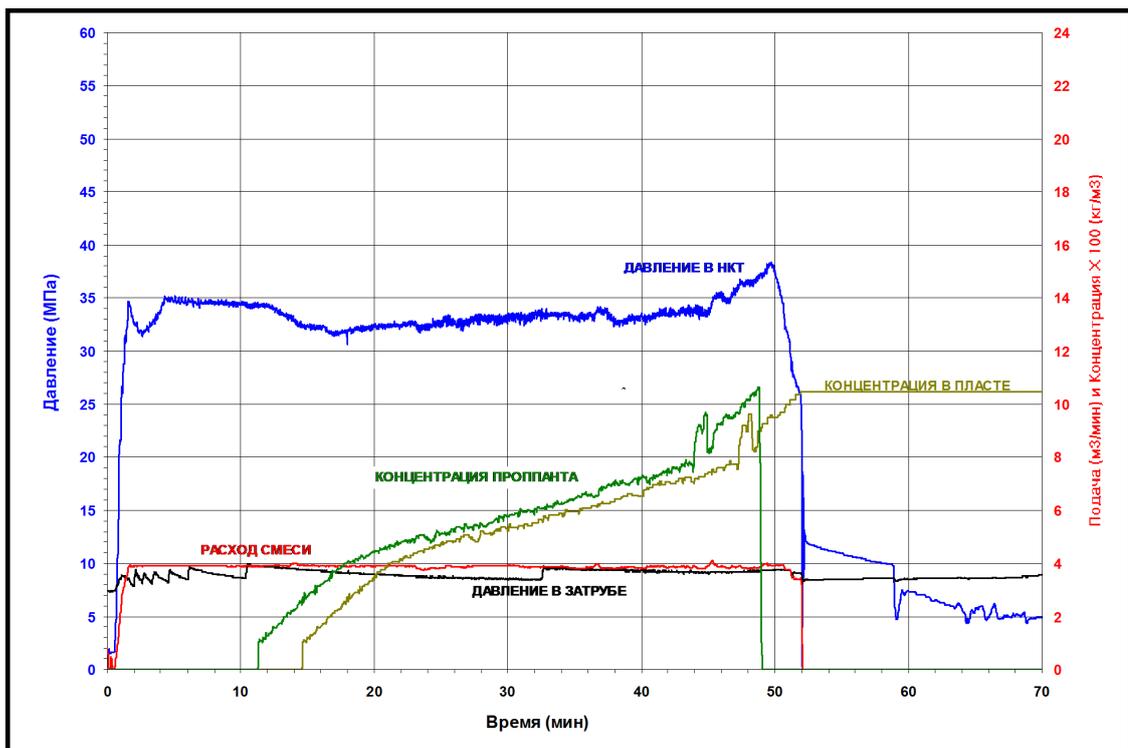


Рисунок 1.3 – Параметры на устье при ГРП [5]

Для того, чтобы определить примерное напряжение, которые необходимо достичь для создания микротрещины используется испытание под название «микро-ГРП». Чаще всего данный тест проводится путем закачивания жидкости в пласт под давлением в заранее выбранный небольшой интервал (в районе 3 метров) при небольшом расходе жидкости (до 1 м³/ мин). Расположение точки минимального давления можно определить по спаду давления при закрытии скважины на поверхности в районе устья или по значительному нарастанию давления в начале нагнетания. При минифраке происходит закачка значительного количества вещества в несколько тысяч галлонов. Основная цель минифрака принести максимальное количество информации и быть наиболее представительным для конкретного ГРП, под который мы и делаем это исследование. Полученная трещина должна отображать геометрию основной трещины. В идеале для точного отображения результатов исследования должен достигаться такой же объем и скорость закачки как для реального ГРП, но обычно в практике это является неосуществимым, в связи с экономической, технической и геологической точки зрения. Чаще всего находят баланс между многими противоречиями и вещами, которые невозможно осуществить.[4]

1.2 Оптимальные дизайн ГРП

Также хочется в данном разделе затронуть тему проводимости трещины ГРП, так как это очень важно при оценке рентабельности и в целом принятия решения о проведении данного мероприятия интенсификации притока.

Основная задача создания данного дизайна стоит в максимизации индекса продуктивности с учетом того количества пропанта на основе вводимых лимитов.

Ключевым параметром для определения проводимости трещины принято считать безразмерную проводимость трещины и соответственно полудлину.

$$C_{FD} = \frac{k_f \times w}{k \times x_f} = \frac{\text{трещина}}{\text{пласт}} \quad (1.1)$$

где w – ширина трещины

x_f – полудлина трещины

k_f – проницаемость в трещине (остаточная проницаемость проппанта)

k – проницаемость пласта

Как видно, в данном выражении фигурируют геометрические параметры трещины, а также коэффициенты проницаемости, то есть ключевые параметры при расчете продуктивности трещины – это размеры трещины и фильтрационные параметры пласта и трещины.[4]

В числителе проведена оценка способности проппанта (который наполняет трещину) проводить флюид. В знаменателе фигурирует непосредственно фильтрационные способности пласта и полудлина трещины, которая до своего времени считалась основным критерием ее проводимости.

От полудлины можно перейти к такому параметру, как степень вскрытия трещины, которым в дальнейшем и оперировать (именно данный параметр и отображает влияние полудлины трещины)[4]

$$I_x = \frac{2x_f}{x_e} \quad (1.2)$$

где x_f – полудлина трещины

x_e – длина стороны квадратной зоны дренирования

Данные 2 параметра, указанные выше определяют объем трещины, который будет заполнен проппантом в продуктивной зоне пласта. Из формулы наглядно видно, что изменение обоих параметров влечет прямое изменение показателя объема проппанта.

$$N_{prop} = I_x^2 C_{FD} = \frac{2k_f}{k} \frac{V_{propped}}{V_{reservoir}} \quad (1.3)$$

где $V_{propped}$ – объем трещины, заполненный проппантом

$V_{reservoir}$ – дренируемый объем резервуара

Хочется отметить, что судить о конечном размере ГРП можно лишь после оптимизации, основанной на вышеупомянутом коэффициенте (безразмерная проводимость). Ключевым параметром для расчета размеров является объем проппанта. Но так как при закачки определенного его объема далеко не гарантируется, что весь этот объем попадет в продуктивную часть, в которой нам необходимо образование трещины. Отсюда очевидно вводится понятие объемная эффективность проппанта, то есть отношение части проппанта, попавшей в продуктивную часть ко всему объему проппанта.[4]

Обычно объем закачиваемого проппанта принято рассчитывать, основываясь на рентабельности данного мероприятия. При увеличении вложений происходит закономерное увеличение дохода от операции, но в какой-то момент данный доход становится не сопоставим с расходами, следовательно, имеется оптимальный размер ГРП, который и определяет это положение, при котором отношение дохода к расходу будет максимальным. Именно исходя из ключевой задачи (получения прибыли) мы используем в качестве основной переменной при оценки ГРП именно объемную эффективность проппанта.[4]

Сам безразмерный коэффициент продуктивности (который служит количественно характеристикой эффективности ГРП) для радиального псевдоустановившегося режима зависит от геометрии дренируемого пласта, времени, а также непосредственно параметров, которые стимулируют пласт.

$$J_D = \frac{1}{\ln\left(\frac{r_e}{r_w}\right) - 0.75 + S} = \frac{1}{\ln\left(\frac{r_e}{r_w}\right) - 0.75} \quad (1.4)$$

где r_e – радиус зоны дренирования

r_w – радиус скважины

S – скин-фактор

Данный параметр выведен из закона Дарси для данного режима течения (приведена российская промысловая система единиц), так как в данном случае мы можем представить это как произведение константы T , коэффициента продуктивности (который мы и рассматриваем) и депрессии.

$$q = \frac{kh}{18.41\mu_o B_o} \frac{\bar{P} - P_{wf}}{\ln \frac{r_e}{r_w} - \frac{3}{4} + S} \quad (1.5)$$

где μ – вязкость жидкости

B – объемный коэффициент флюида

k – проницаемость пласта

h – мощность пласта

ΔP – депрессия

$$q = T \times J_D \times \Delta P \quad (1.6)$$

При детальном рассмотрении данной зависимости можно сделать вывод, который состоит в том, что мы можем увеличить добычу лишь изменяя безразмерный коэффициент продуктивности и депрессию на забое. Увеличение первого обеспечивается в основном методами по стимуляции пласта, к которым относится кислотная обработка, ГРП, перфорация, а увеличение депрессии происходит в основном за счет оборудования (насоса).

Имеются различные графики для определения безразмерного коэффициента продуктивности. На рисунке 1.4 представлен график зависимости безразмерного индекса продуктивности от безразмерной проводимости трещины, в которой степень вскрытия пласта является изменяющимся параметром, а количество проппанта является константой. [4]

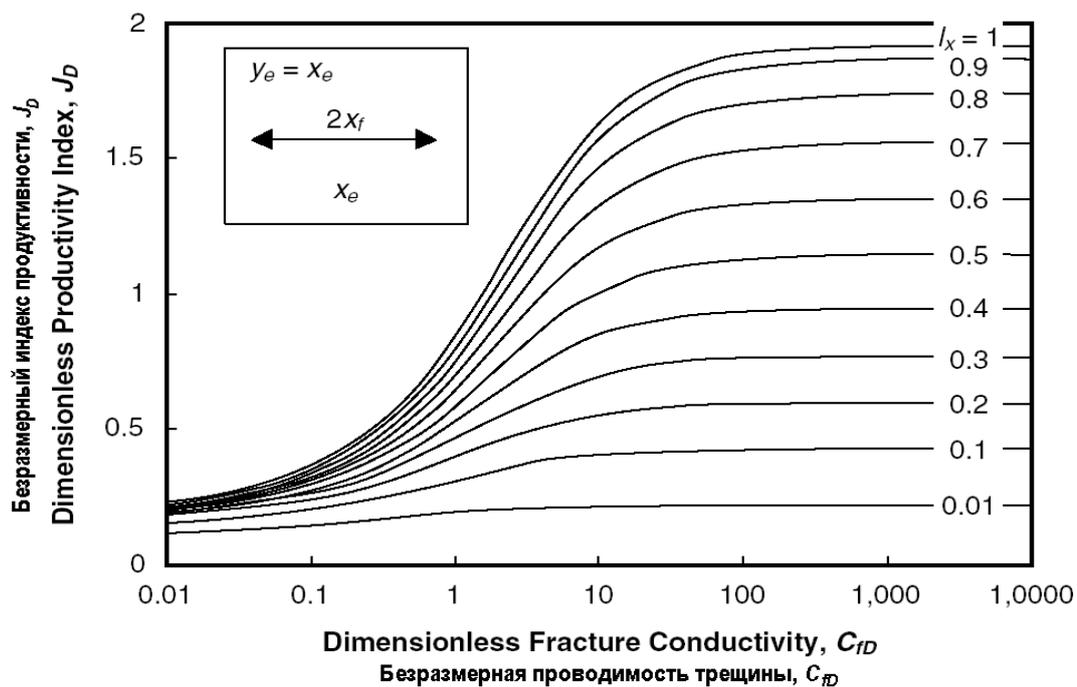


Рисунок 1.4 – Зависимость безразмерного индекса продуктивности от безразмерного проводимости трещины с различной степенью проникновения[4]

Но выше представленный график не всегда является удобным, так как не имеется возможности изменять количество пропантанта, следовательно, был предложен другой график, в котором, в качестве изменяющегося параметра лежит уже само количество пропантанта в тех же координатах, что на графике, представленном ранее. Для наглядного графического представления зависимости параметров продуктивности трещины от количества пропантанта имеется рисунок 1.5.

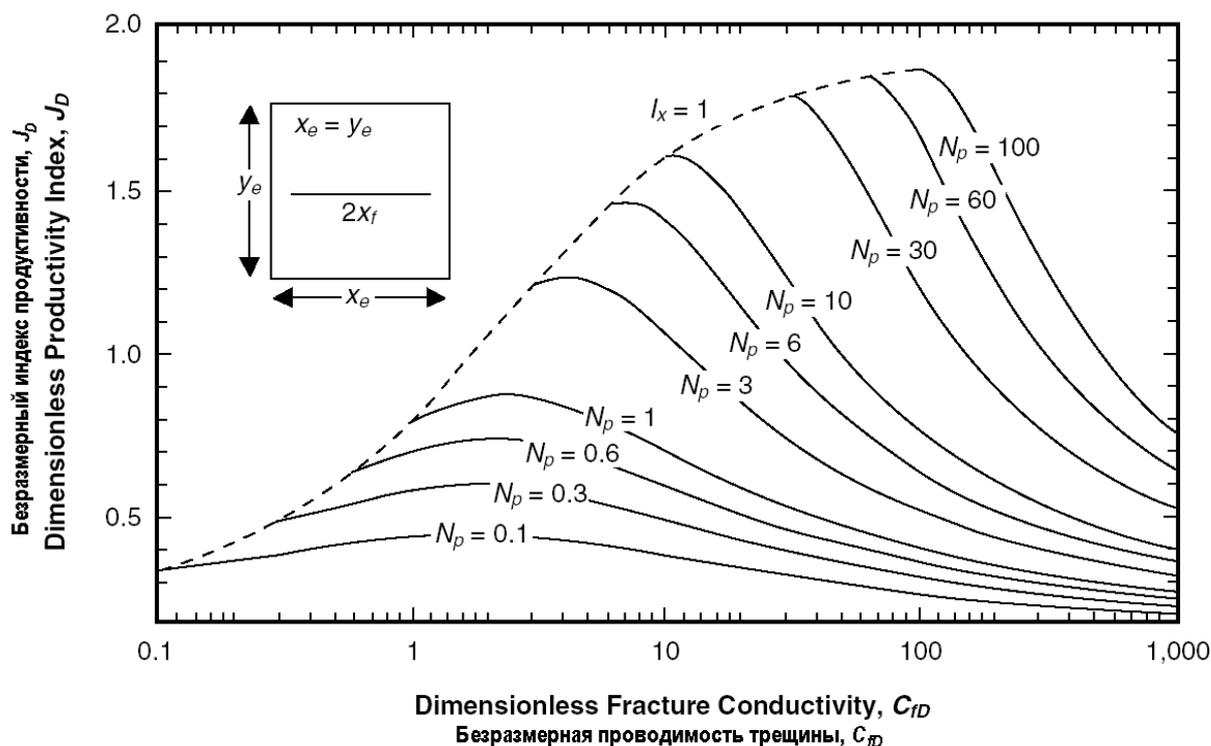


Рисунок 1.5 – Зависимость безразмерного индекса продуктивности от безразмерной проводимости трещины с постоянным количеством пропантанта[4]

При увеличении пропантанта, закачиваемого в трещину и подбора оптимального варианта необходимо наличие большей безразмерной проводимости трещины, так как коэффициент вскрытия пласта не может превышать единицы (в какой-то момент мы дойдем до границы пласта и он примет максимальное значение). Из графика следует, что значение 1,909, есть индекс продуктивности, соответствующий идеальному линейному потоку в квадратном пласте.

Хочется также отметить, что не всегда возможно реализовать оптимальные параметры трещины ГРП. В основном это возникает по 2 основным причинам:

Геометрическое ограничение трещины (ширина полученной трещины слишком мала);

Слишком большое давление на устье, которое превышает максимально возможное значения для оборудования. Значение ширины трещины ограничено «потолком» рабочего давления.

При подборе оптимального дизайна необходимо следовать алгоритму:

Выбрать концентрацию проппанта на метр высоты в продуктивной зоне $C_{prop}(T/M)$;

Задав объёмную эффективность проппанта, определить безразмерное число проппанта N_{prop} ;

По типовым кривым определить оптимальные индекс продуктивности J_{opt} и безразмерную проводимость трещины C_{fDopt} ;

Определить оптимальную длину трещины $x_{fopt}(M)$ по формуле (1.7)

$$x_{fopt} = \left(\frac{V_f k_f}{C_{fDopt} h k} \right)^{0.5} \quad (1.7)$$

Определить оптимальную ширину трещины $w_{fopt}(MM)$ по формуле (1.8):

$$w_{opt} = \left(\frac{C_{fDopt} V_f k}{h k_f} \right)^{0.5} = \frac{V_f}{x_f h} \quad (1.8)$$

Для наглядного примера проведем расчет для типовой скважины месторождения X.

Проведём расчет на основе последовательности подбора оптимального дизайна трещины, который представлен выше и будем руководствоваться формулами, которые представлены в данной главе.

В данном расчете учитывается, что уже провели ГРП и необходимо определить оптимальные параметры (оптимальная длина трещины и оптимальная ширина трещины).

Таблица 1.1 – Параметры для оценки оптимального дизайна трещины [4]

Исходные данные			
Проницаемость пласта	k	13	мД
Радиус контура питания	r_e	300	м
Полудлина трещины	xf	66	м
Высота трещины	h	19,6	м
Ширина трещины	w	0,0125	м
Проницаемость трещины	kf	212727	мД

В нашем расчете количество пропанта будет считаться параметром, следовательно, необходимо провести его расчет так, чтобы в дальнейшем оперировать им при определении оптимальных параметров трещины ГРП.

$$N_{\text{проп}} = I_x^2 * C_{fd} = \frac{2xf * kf * w}{xe * xf * k} = \frac{2 * 63.8 * 205752 * 0,0113}{63.8 * 250 * 15} = 1,24$$

Зная количество пропанта, используя соответствующую зависимость между безразмерным индексом продуктивности, количеством пропанта и безразмерной проводимостью трещины, найти соответствующую точку на графике, которая будет соответствовать наибольшей продуктивности и снять с нее необходимые параметры для дальнейшего расчета оптимальных размеров трещины ГРП.

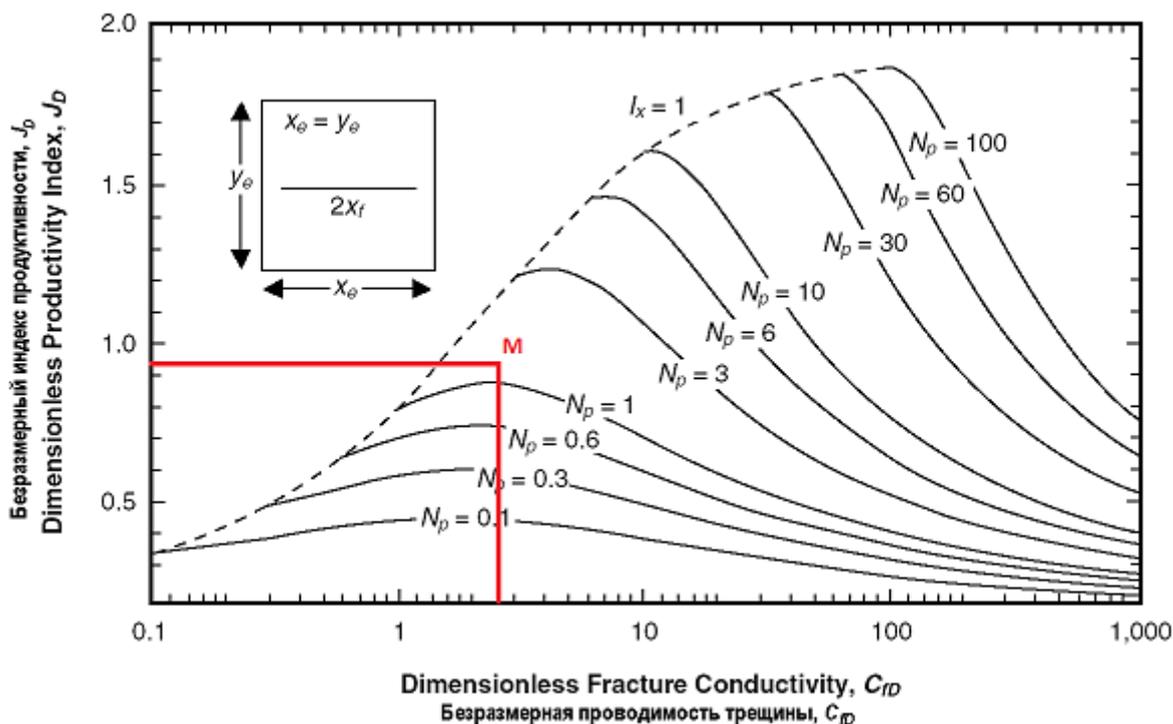


Рисунок 1.6 – Нахождение соответствующей точки М на графике [4]

Из приведенной выше зависимости и рассчитанного числа проппанта можно видеть, что для достижения наибольшего безразмерного индекса продуктивности (0,93) безразмерная проводимость будет в районе 2,65.

$$I=0,93$$

$$C = 2,65$$

Для расчета оптимальных параметров используем формулы, которые представлены ранее.

Для нахождения оптимальных параметров ГРП необходимо использовать объем одного крыла трещины.

$$V_f = h \times w \times x_f \quad (1.9)$$

$$V_f = 19,6 * 0,0125 * 66 = 16,7 \text{ м}^3$$

$$X_{\text{фонт}} = \left(\frac{16,17 * 212727}{2,65 * 19,6 * 13} \right)^{0,5} = 71,37 \text{ м}$$

$$W_{\text{opt}} = \left(\frac{16,17 * 2,65 * 13}{212727 * 19,6} \right)^{0,5} = 0,00116 \text{ м}$$

Из результатов проведенного расчета можно увидеть, насколько оптимальные параметры трещины отличаются от полученных в процессе

проведения мероприятия ГРП и оценить действительную эффективность ГРП, по сравнению с оптимизированным дизайном. Данные исследования помогают в дальнейшем внести коррективы и сделать проведение ГРП более эффективным и рентабельным. [4]

1.3 Оборудование для проведения ГРП

Для проведения такого сложного процесса как гидравлический разрыв пласта используют целый комплекс оборудования, который включает в себя 2 основных составляющих (подземная и наземная части). Для обеспечения успеха проведения этой операции необходимо собрать надежную, эффективную систему, состоящую из насосов, смесителей, автомобилей, управляющего и другого оборудования. Более подробно распишем блоки наземного оборудования для системы ГРП.[6]

Система подачи и хранения воды включает в себя питающий манифольд, перекачивающий водяной насос и ёмкость ГРП.

Питающий манифольд обеспечивает забор воды из резервуара с водой (в случае если он используется). Представляет собой всасывающий коллектор, который используется в случае поступления воды на смеситель напрямую из водяного резервуара или в случае использования перекачивающего водяного насоса, для поддержания ёмкости ГРП в наполненном состоянии.

Перекачивающий водяной насос представляет собой насос низкого давления, которые является основной движущей силой при перекачке воды из резервуара в ёмкость ГРП или к смесителю. Необходимость в них напрямую зависит от расстояния между оборудованием и нужды в создание дополнительного давления для перекачки воды.

Ёмкость ГРП предназначена непосредственно для хранения жидкости разрыва на месте работ. Обычно представляют собой автономные емкости с объемом в районе 80 м³. Способны к передвижению за счет наличия колес, что значительно добавляет в их мобильности. Количество подобных емкостей

напрямую зависит от масштаба зоны обработки. Если в составе флота ГРП имеется водяной резервуар и емкости одновременно, то их требуемое количество значительно снижается (обычно требуется в районе 4).

Система подачи проппанта состоит из системы подачи песка (стационарная или мобильная) и транспортера для песка.

Система подачи песка(стационарная) используется для подачи песка в блендер под действием силы тяжести самого песка, управляющая система представлена в виде задвижек гидравлического типа. Иногда для проведения масштабных операций требуется больше 1 бункера.

Система подачи песка(мобильная) используется для проведения ГРП меньшего масштаба чем предыдущая (стационарная) система. Ее особенностью является способность передвигаться на грузовом автомобиле. Функционал мобильной системы аналогичен стационарной, только в уменьшенных объемах. Иногда мобильные системы могут использоваться для подпитки больших стационарных система.

Транспортёр для песка также является составляющей системы подачи проппанта.

Система приготовления суспензии и смешения состоит из установки гидратации и смешения химреагентов и блендера.

Установка гидратации и смешения химреагентов представляют собой специальные системы, в которых происходит смешение химических добавок, загустителей и сшивателей с водой. Предназначена для гидратации подготовки жидкости ГРП. Происходит контроль над гелем, который должен находиться в набухом состоянии достаточное количество времени перед подачей в блендер.

Блендер предназначен для соединения воды, геля, песка и другие добавки в однородную смесь. Производительность блендера определяется его возможность прокачивать проппант, то есть максимальном возможным расходом материала. Если имеется необходимость в проведении более масштабного ГРП, то необходимо использовать 2 блендера.[4]

Система закачки состоит из манифольда высокого и низкого давления, насосного агрегата ГРП, трубопровода высокого давления и гибких шлангов.

Манифольды высокого и низкого давления. Система коллекторов, которая используется для соединения блендера с насосами. От смесителя к манифольду проходит целая система шлангов. Также манифольд соединяет обрабатываемую скважину с насосными агрегатами. В их строение включены контрольные и запорные клапаны, которые рассчитаны на высокое давление для контролирования процесса проведения ГРП.

Насосные агрегаты ГРП. Именно за счет этой системы происходит закачка жидкостей в пласт под давлением. Эти насосы под низким давлением забирают рабочую жидкость, в дальнейшем развивая на выходе давление в сотни атмосфер, под действием которого жидкость и уходит в пласт. Обычно насосные агрегаты монтируются на грузовом автомобиле или на прицепе. Также имеются кабели, по которым происходит возможное отключение системы на высоком давлении дистанционно.

Трубопроводы высокого давления и гибкие шланги. Нужны для соединения составляющих элементов системы ГРП. В частности, соединяют скважину, на которой проходит операция, манифольд и насосные агрегаты. В совокупности с клапанами и патрубками составляют «трубную обвязку». Шланги используют для соединения источников водоснабжения со смесителем, а также смесителя с манифольдом, подачи рабочей жидкости к насосам.[4]

Мониторинг, контроль и обеспечение качества осуществляется в основном за счет специальных станций управления и различными системами.

Основой мониторинга процесса проведения ГРП является станция управления. Основными параметрами, за которым ведется контроль, являются расход жидкости (притока флюида, закачиваемой жидкости разрыва, пропанта и т.д.), давления в различных пунктах системы, время, которое уже прошло с начала операции, концентрации пропанта. Также с этой станции ведется контроль за всем оборудованием в целом, его состоянием. Оператор

ГРП следит за данными показателями за пультом и контролирует их изменения, в случае чего, сообщая о неисправности вышестоящему начальству. В составе станции ГРП лежит сложная система из датчиков, дисплеев и системы обработки данных. В наше время подобные системы мониторинга стали оснащаться дистанционным управлением и дистанционным мониторингом, которые позволяют уменьшить количество операторов ГРП и сэкономив силы на другие вещи, вести лучший контроль над проведением операции.[4]

Также хочется упомянуть о станции контроля качества, которая является обязательной частью системы мониторинга, и которая позволяет путем получения и анализа полученных образцов как до начала проведения операции ГРП, так и во время непосредственного проведения операции. Происходит замер температуры, Ph показателя, анализ полученного пропантом при помощи сита, фильтры, различные принадлежности и т.д.

Для более наглядного представления оборудования, которое применяется для ГРП, его расположение у скважины, представим это графически. Представлена схема с непрерывным смешиванием и наличием системы манифольда низкого и высокого давления.

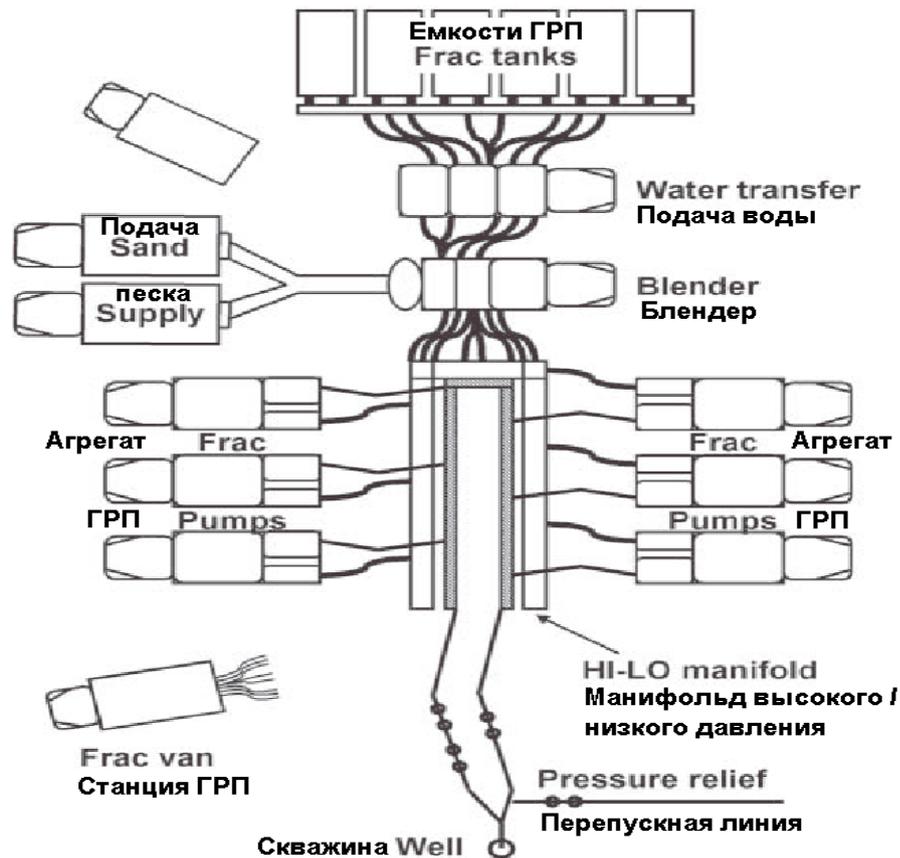


Рисунок 1.7 – Расположение оборудования ГРП [4]

Схема расположения оборудования и ее особенности зависят от таких факторов, как размер проводимого мероприятия, источник водоснабжения, особенности окружения и т.д. Для наглядного представления расположения оборудования ГРП изображено на рисунке 1.7.

Подбор правильного оборудования, его количество и расположение вблизи скважины являются важной составляющей проведения ГРП, ведь этот процесс автоматизирован лишь относительно, и необходимо участие большого количества людей, начиная от проектировщика и заканчивая оператором, который проверяет работу установки и показателей в режиме реального времени. Необходимо соблюдать все требования по безопасности и расстояния между оборудованием, чтобы не произошло непредвиденного происшествия и не пострадали люди, ведь так или иначе безопасность превыше всего.

1.4 Материалы, применяемые при ГРП

Для проведения гидравлического разрыва необходимо применение соответствующих материалов, к которым относятся жидкость разрыва, которая и будет оказывать необходимое давление для создания трещин в пласте, различные добавки к жидкостям, которые позволят учесть особенности проведения конкретного разрыва на конкретном пласте, а также проппант. Жидкость разрыва также носит и транспортирующий характер, который позволяет донести проппант до трещины. Проппант обеспечивает то самое смыкание трещины, которое позволяет удержаться установленным разрывом положение трещин. После того, как трещина зафиксировалась, добавки к жидкости (химреагенты) и жидкость разрыва разлагаются на месте или происходит их вымывание, вследствие чего очищается канал для дальнейшего течения флюида.[4]

Жидкость разрыва, которую также часто называют рабочей жидкостью, обеспечивает разрыв породы, после чего доставляет проппант в трещину. Выделяют жидкости на водной и нефтяной основах. Чаще всего принято использовать их смесь в различных соотношениях, что позволяет обеспечить необходимые свойства, а в частности плотность и вязкость. Также используются пенные системы на той же основе, где в качестве газа используется углекислый газ и азот. Самым главным показателем рабочего агента является вязкость, которую позволяют обеспечить так называемые загустители. Самым распространенным загустителем является гуаровая смола. Для образования конечного продукта необходимо произвести «сшивание» цепочек полимера в единую молекулу, что позволяет увеличить вязкость в десятки раз. В качестве сшивателей обычно выступают такие химические соединения, как соединения циркония, титана, сурьмы. Самым распространенным сшивателем принято считать бор. Применение пен нашло большое применение в коллекторах, в которых прослеживается устойчивость к воде или в коллекторах с низким пластовым давлением. [4]

Добавки к жидкостям представляют собой материалы, которые добавляют к массе, закачиваемой в пласт, для придания этой жидкости специфического эффекта, которые являются не связанным с типами исходной массы. Рассмотрим основные из них:

1) Бактерициды (биоциды) – добавка к жидкости, которая позволяет бороться с бактериальным загрязнением. Обычно эти бактерии попадают из различных источников водоснабжения, которые подверглись загрязнению или из емкостей, в которых исходно хранилась жидкость. Но также злоупотребление данными веществами может привести к падению вязкости, что может пагубно сказаться на исходные показатели и повлиять на расчеты. Для борьбы с этим падением вязкости необходимо добавлять хлорные извести, либо применять биоциды широко спектра.

2) Тампонирующие материалы используются как индикатор утечек, которые срабатывают практически мгновенно и являются частью мониторинговой системы. Представляют собой частицы кварцевого песка малого размера (в районе 10 микрон). Данный пример является наиболее привлекательным, так как является дешевым. Также в качестве тампонирующих веществ можно использовать крахмалы, мыла и смолы. Необходимо отметить, что гуаровый полимер также может контролировать утечку по наличию специальной корки.

3) Деструкторы (от английского destruction – разрушение), которые созданы для понижения показателя вязкости исходной массы. Понижение вязкости в основном происходит за счет уменьшения размера частиц гуарового полимера (который является основным загустителем в массе разрыва). Благодаря этому добавлению жидкость разрыва обладает потенциалом значительного улучшения очистки и дебита скважины после проведения ГРП, что является очень важной составляющей этого метода интенсификации притока.

4) Поверхностно-активные вещества (ПАВ) – вещества, которые позволяют снизить поверхностное натяжение и сделать поверхность более

гидрофильной, что способствует лучшей смачиваемости. Использование ПАВ позволяет обеспечить лучшее извлечение флюида.

5) Пенообразователь, который служит для стабилизации энергии поверхностной активности, который позволяет обеспечить нахождение газа в пене. Газ постоянно остается в тонкодисперсной форме. Также эти пенообразователи выступают в качестве ПАВ и эмульгаторов.

б) Добавки для стабилизации глин позволяют обеспечить временную способность глин совмещаться с водой, обеспечивая стабильное взаимодействие. Обычно применяются раствор солей. Например 2% раствор KCl. Концентрация подбирается в зависимости от соли и целей.

Какие конкретно вещества и в каких концентрациях использовать для создания конечной жидкости разрыва зависит напрямую от термобарической характеристики пласта, особенностей пород, которые слагают данный коллектор, свойств пластового флюида и т.д. Обычно все эти параметриты рассчитывает химик, по заданным ему изначально вышеперечисленным условиям и предстоящей задачей.[4]

Проппант представляет собой маленькие частицы из твердого материала, которые представлены в большей части песком или керамическим материалом, бокситовый проппант, изготовленный человеком. Ключевое отличие между ними является глубина применения. Песок применяют на малых глубинах (меньше 2,5 км, желательнее значительно меньше), а для больших глубин уже применяют искусственный проппант. Ключевым свойством, которым должен обладать проппант является прочность материала, так как ключевая задача проппанта состоит в удержании трещины в открытом состоянии, то есть противостояние огромному напряжению в земле, которое образуется после снятия давления гидравлического разрыва. Если проппант не сможет выдержать, и трещина начнет уменьшаться в размерах, то не получится обеспечить запланированный размер трещины, а следовательно, и приток флюида. Также может пострадать проницаемость проппанта, что является немаловажным фактором при проектировании ГРП.

Ключевыми факторами при выборе проппанта являются размер и форма зерен, состав и плотность. При необходимости, для образования трещины высокой проводимости на любой глубине используется высокопрочный проппант, так как потери могут быть слишком большими, и это является нерациональным решением.[4]

Для увеличения проводимости трещины применяются в основном три основных направления:

1) Увеличение концентрации проппанта, которая позволяет создать трещину большего размера (в частности ширины);

2) Применение проппанта большего размера, что способствует созданию среды большей проницаемости;

3) Применить высокопрочный проппант, который способствует хорошей проводимости, путем уменьшения его дробления.

Для отображения этих зависимостей имеются специальные графики. Зависимость проводимости от напряжения смыкания трещины имеет вначале крутое изменение вниз, а в дальнейшем почти не происходит изменение, когда в качестве переменной выступает площадная концентрация проппанта и размер проппанта.

Для выбора конкретного проппанта существует соответствующая графическая зависимость. На данной зависимости отчетливо показано, как изменяется материал для проппанта, в зависимости от напряжения смыкания трещины. Зависимость представлена на рисунке 1.8. [4]

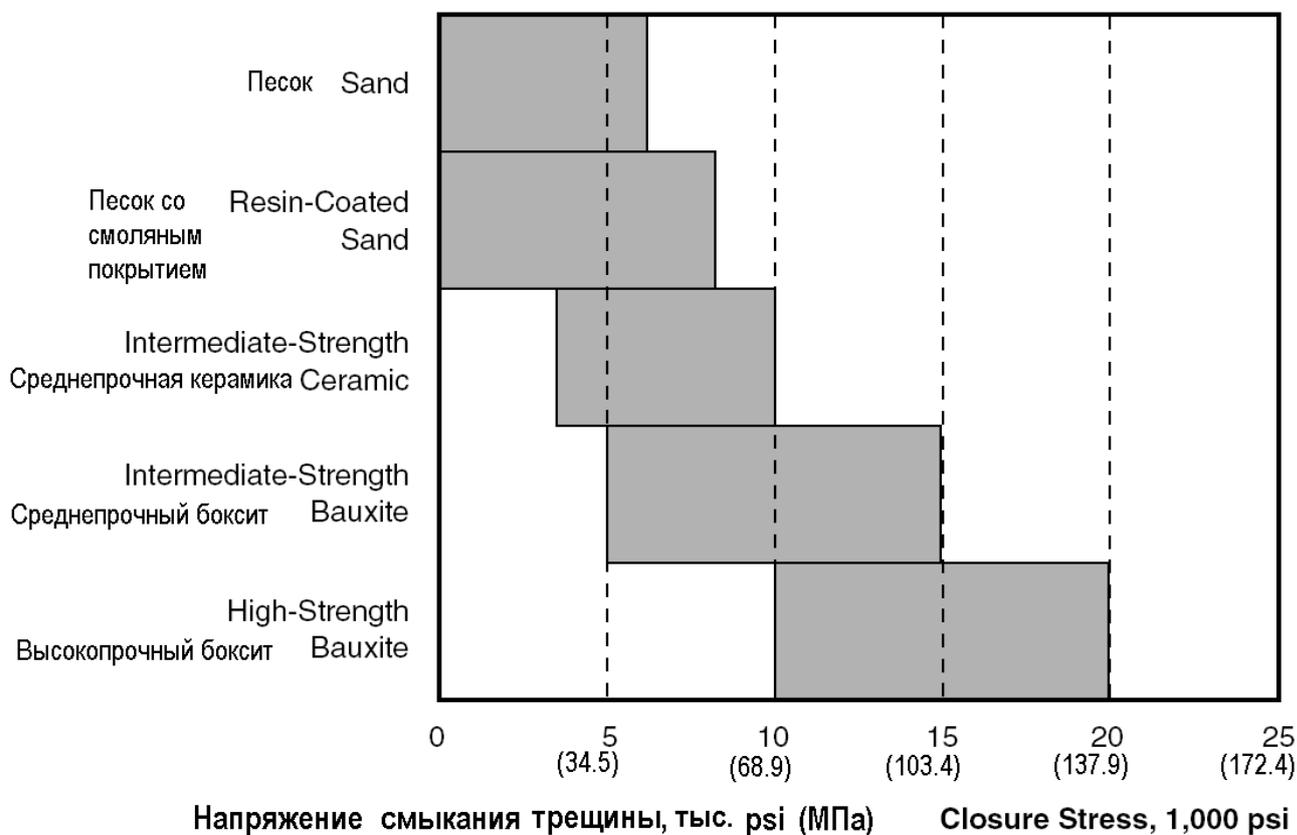


Рисунок 1.8 – Принцип выбора типа проппанта [4]

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что выбор проппанта является очень важным и напрямую влияет на качество проводимого гидравлического разрыва пласта, ведь из-за неправильного подбора химической добавки к жидкостям может привести к неподходящим для данных физико-геологических условий вязкости и плотности, неправильный выбор проппанта к образованию плохо проницаемой среды с недостаточным размером трещины, а ошибочный подбор жидкости разрыва может привести к смешению несовместимых флюидов, следовательно, может произойти большая потеря нефти, что является неприемлемым при проведении ГРП. То есть каждый из элементов является важным и незаменимым.

1.5 Проведение ГРП

Перед проведением гидравлического разрыва пласта необходимо тщательно исследовать и подготовить скважину. Изначально необходимо

определить зоны, в которых происходит поглощение жидкости (исследовать поглотительную способность) и зафиксировать давление поглощения. Именно эти параметры позволяют определить то количество жидкости разрыва, которое необходимо закачать для разрыва горной породы, какое давление оказать на нее, оценить качество проведенного мероприятия и изменение проницаемости зоны, в которой проводился разрыв, что тоже является частью оценки эффективности. Также для лучшей эффективности разрыва необходимо провести очистку зоны, в которой будет проведено мероприятие. Данную зону промывают от отложений, которые ее загрязняют, также проводятся мероприятия по отчистки от глинистых и песчаных пробок. Чаще всего даже проводят очистку при помощи соляно-кислотной обработки или дополнительную перфорацию в менее загрязненной области и увеличения пространства для дальнейшего притока флюида в скважину. Все эти мероприятия в совокупности позволяют значительно снизить давление разрыва, что благоприятно влияет как на износ оборудования, так и в целом на проведение мероприятия. Обычно в сочетании с ГРП проводят гидropескоструйную перфорацию в зоне разрыва, которая значительно улучшает эффект от данного мероприятия. Для экономии средств перфорацию проводят тем же оборудованием, что и ГРП.[7]

После подготовки скважины начинают спуск НКТ (обычно выбирают диаметры в районе 89-114 мм), которые и служат проводником жидкости разрыва к призабойной зоне. Указанный ранее диаметр является наиболее оптимальным, так как выбор меньшего диаметра влечет большие падения давления, что может сильно сказаться на эффективности ГРП. Также одновременно с НКТ вниз спускают пакер, который является неотъемлемой частью проведения ГРП, который уменьшает воздействия большого давления на обсадные колонны, которое создается во время образования разрыва. Он разъединяет зону разрыва и вышележащие части. В этом случае давление распространяется преимущественно на продуктивную зону пласта и на нижнюю часть пакера. Для того, чтобы пакер не начал движение вверх под

действий образовавшейся силы устанавливают гидравлический якорь. Якорь упирается в стенки обсадной колонны специальными поршеньками, которые при нагнетании жидкости в пласт под действием образовавшегося давления выдвигаются из гнезд. Сила с которой прижимаются поршеньки к обсадной колонне растут пропорционально давлению, которое образуется в НКТ. НКТ будет также фиксироваться этими поршеньками. Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что якорь является основной стабилизирующей составляющей системы. Для более понятного представления о подземном оборудовании для ГРП представлен рисунок 1.9 ниже.[7]

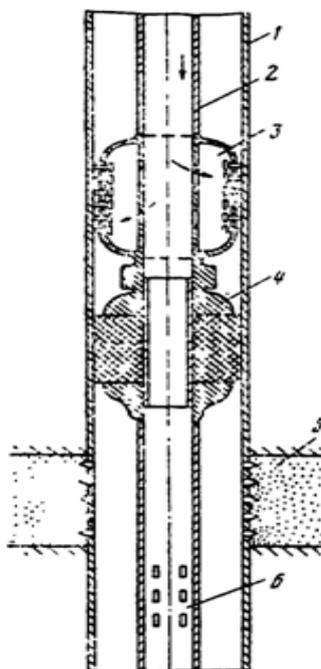


Рисунок 1.9 – Подземное оборудование для ГРП [7]

1– обсадная колонна; 2 – насосно-компрессорные трубы; 3 – гидравлический якорь; 4 – пакер; 5 – продуктивный пласт; 6 – хвостовик.

Для закачки жидкостей в пласт на устье устанавливают специальную головку, в которой имеются отверстия для присоединения агрегатов, которые и обеспечивают нагнетание жидкостей для совершения гидравлического разрыва.

После проведения подготовки скважины к работе и установки оборудования начинают операцию по закачке жидкости разрыва. Жидкость разрыва выбирается в зависимости от вида скважины (на воду или нефть) и

других геологических особенностей. Создается необходимое давление. На основе показаний о наличии перетоков можно судить о герметичности пакера. Подключают все необходимые агрегаты и производят максимальный расход жидкости для произведения разрыва. О том, что произошел разрыв судят по резкому падению давления и увеличению приемистости (имеется в виду, что образовалась трещина). Отсутствие этого падения свидетельствует о наличии зоны с большой проницаемостью (происходит хорошая фильтрация флюида) или на наличие большого количество хорошо проводящих трещин естественного происхождения.[8]

В момент, когда произошел разрыв породы и началось основное развитие трещины, в закачиваемую жидкость начинают добавлять проппант (или другой агент, который необходим в данной конкретной ситуации). Данная закачка является необходимой, так как именно данный материал позволяет оставаться трещине открытой. Ведь если не проводить эту закачку, то трещина замкнется и произойдет потеря проницаемости, которую мы так пытались добиться. В самом конце в проппант добавляют радиоактивные вещества, для определения зон поглощения проппанта.[8]

После закачки расклинивающего материала необходимо провести операцию по его продавке. Для этого под максимальным давлением (образуется за счет работы всех агрегатов) создается необходимая скорость закачки. Этим объемом необходимо закачать определенное количество продавочного материала, рассчитанного через объем колонн НКТ. Недостаточное количество продавочной жидкости может привести к тому, что проппант не сможет достаточно продвинуться в трещины и заполнить пространство, следовательно, произойдет частичное схлопывание трещины и потеря части нефти. Слишком большое количество продавочной жидкости может привести к перемещению расклинивающего материала вглубь пласта и произойдет смыкание непосредственно в околоскважинной зоне (так как количество расклинивающего материала рассчитана на полное заполнение

образовавшейся области и является постоянной), что приведет к полной потере результата от проведения этого метода интенсификации притока. [8]

Последним, но очень важным этапом по проведению ГРП перед непосредственной добычей нефти является удаление жидкости разрыва и остатков проппанта в околоскважинной зоне, который может значительно уменьшать фильтрационные свойства и уменьшать эффект от ГРП. После удаления всего, что мешает дальнейшему течению флюида в стволе скважины, скважина сдается в эксплуатацию. [6]

Этап проведения гидравлического разрыва пласта является очень важной частью осуществления такой сложной операции по интенсификации притока, ведь не всегда то, что было правильно рассчитано на бумаге осуществляется также успешно на практике, ведь имеются множества факторов, которые не всегда мы можем учесть и сопоставить. Именно поэтому не каждая компания решается на проведение ГРП самостоятельно, а перекладывают это на плечи аутсорсинговых компаний, которые сделали уже тысячи подобных операций, то есть имеют большой практический опыт, а также обладают соответствующим оборудованием и компетенциями.

1.6 ГДИС после ГРП

Гидродинамические исследования скважин заключаются в замере определенных параметров при помощи специальных приборов для определения фильтрационных и продуктивных характеристик пласта и скважины, а также позволяют оценить состояние околоскважинной зоны, что является неотъемлемой частью определения эффективности проведенного ГРП. К таким параметрам относят пластовое давление, коэффициент продуктивности, депрессию, проницаемость, гидропроводность, скин фактор, несовершенство вскрытия пласта.[5]

В частности, при проведении ГРП задача ГДИС сводится к определению параметров трещины и в целом проведению оценки эффективности данного метода интенсификации притока. [4]

При проведении ГРП возможны различные структуры потока, к которым относят:

- 1) билинейное течение
- 2) линейное течение в трещине
- 3) псевдорadiaльное течение

Для более наглядного представления используем графическое представление возможных течений, в сравнении с обычным линейным течением в пласте на рисунке 1.10.

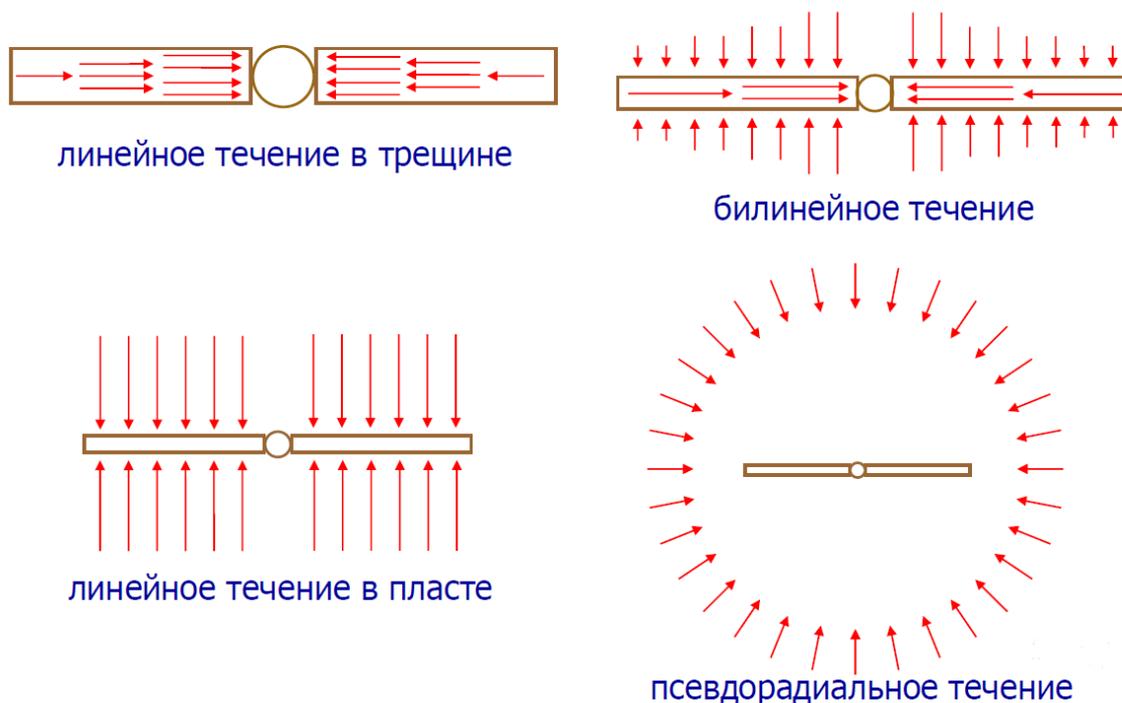


Рисунок 1.10 – Структуры потоков в пласте при ГРП [5]

Анализ эффективности и оценку продуктивности проводят на основе кривой восстановления давления, в котором чаще всего приводят значительные допущения, одним из таких условий может быть ограничение пласта.[4]

В случае трещины конечной проводимости используют соответствующий диагностический график, который был предложен Синко-Леем. Они представлены на рисунке 1.11

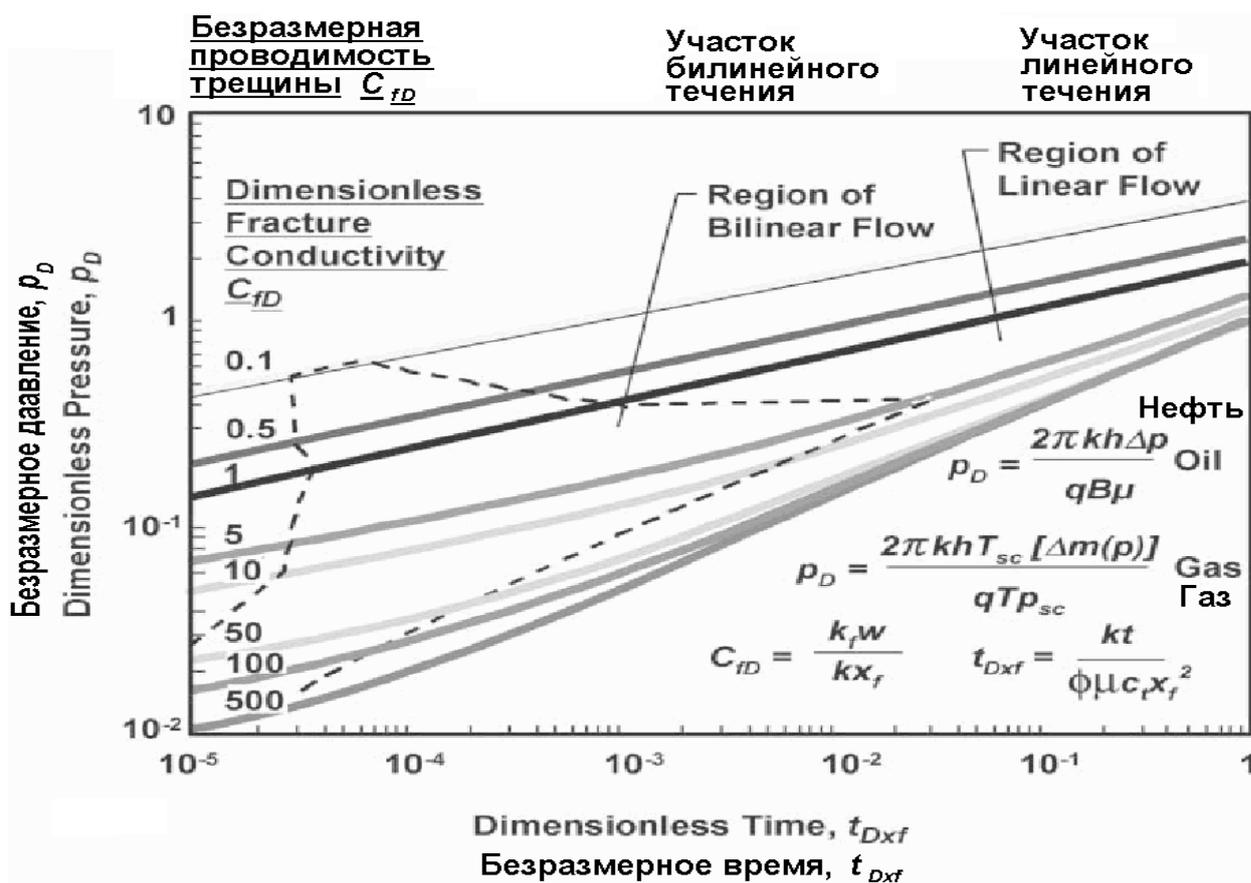


Рисунок 1.11 – Билогарифмический диагностический график для вертикальной скважины с ГРП [4]

Имеются три области, в которых имеются различные структуры течения, следовательно, они рассчитываются по-разному.

Билинейный режим течения характеризуется наличием прямой с наклоном $\frac{1}{4}$. Производная от давления параллельна самой величине давления. Значение давления больше, чем значение производной давления в 4 раза. В этой области характерно влияние и пласта и трещины.

Линейный режим течения характеризуется наличием прямой с коэффициентом наклона $\frac{1}{2}$. Производная от давления параллельна самой величине давления. Значение давления больше, чем значение производной

давления в 2 раза. Зачастую бывает слишком короткий и ограничен по продолжительности.

Псевдорadiaльный режим течения, который возникает на значительном удалении от скважины. Производная давления устанавливается параллельно оси времени. Используется для определения проницаемости пласта. К сожалению, данный режим течения может отсутствовать, в связи со значительным влиянием краевых эффектов (граница пласта, отклонение от течения Дарси, двойная пористость и т.д.)[4]

Комплекс ГДИС является очень важной составляющей по оцениванию эффективности проведения ГРП, так как позволяют определить состояние околоскважинной зоны после его проведения и дать количественную оценку, что иногда является очень важно, так как на основе чего можно судить о дальнейшем влиянии данного метода на разработку месторождения, и, в целом, оценить текущее состояние разрабатываемой залежи.

2 АНАЛИЗ ПРОВЕДЕНИЯ ГРП НА МЕСТОРОЖДЕНИИ X

Сведения изъяты, в связи с конфиденциальностью информации.

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

Студенту:

Группа	ФИО
2Б7Г	Пискунов Сергей Александровичу

Школа	ИШПР	Отделение школы (НОЦ)	Отделение нефтегазового дела
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	21.03.01 «Нефтегазовое дело»

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Стоимость оборудования для ГРП, стоимость материалов, зарплата рабочим, обслуживание оборудования и операций по добычи нефти.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Нормы расхода материалов, тарифные ставки заработной платы рабочих, норма расходов на закупку оборудования, нормы расходов инструментов и др.</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Ставка налога на прибыль 20 % Страховые взносы 30% Налог на добавленную стоимость 20%</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Технико-экономическое обоснование целесообразности проведения технологии ГРП на месторождении</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Бюджет формируется исходя из эксплуатационных затрат на ГРП</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Расчет экономической эффективности ГРП</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОСГН ШБИП ТПУ	Дукарт Сергей Александрович	к.и.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б7Г	Пискунов Сергей Александрович		

3 ОБОСНОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

3.1 Анализ влияния мероприятия на технико-экономические показатели

Исходные данные для анализа влияния мероприятия на технико-экономические показатели приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Исходные данные

п/п	№	Показатели	Единицы измерения	Варианты
				10
1		Продолжительность технологического эффекта	лет	3
2		Стоимость одного ГРП.	тыс.руб	1157,7
3		Среднесуточный прирост дебита одной скважины в начале эксплуатации после инновационного мероприятия	т/сут	9,7
4		Кол-во скважин, на которых проводится ГРП	ед	25
5		Среднегодовой коэффициент падения добычи	ед	0,61
6		Средний коэффициент эксплуатации скважин	ед	0,95
7		Себестоимость добычи нефти	руб/т	2038,3
9		Доля условно переменных затрат в себестоимости нефти	%	54
10		Ставка дисконта	%	12
11		Цена одной тонны нефти	руб	34172,14
12		Среднесписочная численность ППП	чел	4154
13		Среднегодовая стоимость основных производственных фондов	млн. руб	5591,6
14		Годовая добыча нефти	тыс. т	8474,5

Для оценки экономической эффективности применения ГРП, необходимо следующие параметры его рентабельности, к которым в данной работе отнесем следующее:

1. Прирост дебита
2. Дисконтированный поток денежной наличности
3. Чистая текущая стоимость (NPV)

Проведение инновационного мероприятия приведёт к увеличению добычи нефти, которое можно определить по формуле:

$$\Delta Q(q) = \Delta q * T * K_э * N, \quad (3.1)$$

где Δq – прирост среднесуточного дебита, т/сут.;

$T = 365$ – время работы скважины в течение года, сут.;

N – количество скважин на которых проводится инновационное мероприятие, ед.;

$K_э$ – коэффициент эксплуатации скважин, ед.

$$\Delta Q_{(q)} = 9,7 \text{ т/сут} \cdot 365 \text{ сут} \cdot 0,95 \cdot 25 = 84086,9 \text{ тонн.}$$

Увеличение добычи нефти приведёт к росту производительности труда, которая определяется по следующей формуле:

$$\Delta ПТ = \frac{\Delta Q * Ц_n}{Ч_{ППП}}, \quad (3.2)$$

где $\Delta ПТ$ – повышение производительности труда, руб./чел;

ΔQ – прирост добычи, т;

$Ц_n$ – цена одной тонны нефти, руб.

5.04.2021 – дата, на которую рассчитана цена на нефть. Скриншот источника представлен на рисунке 1.

$Ч_{ППП}$ – среднесписочная численность ППП, чел.

Обзор – Фьючерс на нефть Brent



Рисунок 3.1 – Цена нефти Brent (в долларах за баррель)[9]

Для дальнейшего расчета переведем цену (61,33 долларов за баррель) в рубль за тонну. Для этого необходимо знать курс рубля по отношению к доллару. На рисунке 2 представлен курс доллара к рублю [10] на 5.04.2021, который составляет 76,01 руб.

 USD	76,2627 ₺	76,0120 ₺
 EUR	90,3484 ₺	90,2643 ₺

Рисунок 3.2 – Курс доллара к рублю [10]

1 баррель нефти США = 0,1364 тонн.

61,33 долларов/баррель = $61,33 / 0,1364 * 76,01 = 34172,14$ руб/тонн.

$\Delta ПТ = (84086,9 \text{ тонн} * 34172,14 \text{ руб/тонн.}) / 4154 = 691725,9$ руб/чел.

Увеличение добычи нефти также приведёт к увеличению фондоотдачи:

$$\Delta \Phi_{\text{отд}} = \frac{\Delta Q * C_{\text{н}}}{\Phi_{\text{опф}}}, \quad (3.3)$$

где $\Delta\Phi_{отд}$ – прирост фондоотдачи;

$\Phi_{опф}$ – среднегодовая стоимость основных производственных фондов,
руб.

$$\Delta\Phi_{отд} = (84086,9 \text{ тонн} * 34172,14 \text{ руб/тонн}) / 5591,6 * 10^6 \text{ руб} = 0,5139$$

Снижение себестоимости добычи нефти происходит за счёт изменения условно-постоянных затрат на единицу продукции и определяется по формуле:

$$\Delta C = Z_{пост} * \left(\frac{1}{Q} - \frac{1}{Q + \Delta Q} \right), \quad (3.4)$$

где ΔC – снижение себестоимости добычи нефти;

$Z_{пост}$ – условно постоянные затраты на добычу нефти, руб.;

$$Z_{пост} = Q * C * \frac{100 - D_{у/пер}}{100}, \quad (3.5)$$

где C – себестоимость добычи нефти, руб./тонну;

$D_{у/пер}$ – удельный вес условно-переменных затрат, %;

Q – добыча нефти до мероприятия, тыс. т.

$$Z_{пост} = 8474,5 * 10^3 \text{ тонн} * 2038,3 \text{ руб/тонн} * \frac{100\% - 54\%}{100\%} = 7,946 * 10^9$$

руб

$$\begin{aligned} \Delta C &= 7,946 * 10^9 \text{ руб} \\ &* \left(\frac{1}{8474,5 * 10^3 \text{ тонн}} - \frac{1}{8474,5 * 10^3 \text{ тонн} + 84086,9 \text{ тонн}} \right) = \\ &= 9,212 \text{ руб/тонн} \end{aligned}$$

Увеличение объёма добычи нефти ведёт к увеличению абсолютной величины прибыли от реализации:

$$\Delta\Pi_{рп} = \Delta Q_p \cdot (C_n - (C - \Delta C)), \quad (3.6)$$

где $\Delta\Pi_{рп}$ – дополнительная прибыль от реализации нефти, руб.;

ΔQ_p – дополнительно реализованная нефть, т;

C – себестоимость добычи нефти до проведения мероприятия, руб./т;

ΔC – снижение себестоимости нефти, руб./т.

$$\Delta\Pi_{\text{пр}} = 84086,9 \text{ тонн} \cdot \left(34172,14 \text{ руб/тонн} - 2308,3 \frac{\text{руб}}{\text{тонн}} + 9,212 \frac{\text{руб}}{\text{тонн}} \right) = 2703186 \text{ тыс. руб.}$$

Так как увеличивается прибыль от реализации продукции, то соответственно увеличивается и чистая прибыль предприятия:

$$\Delta\Pi_{\text{ч}} = \Delta\Pi_{\text{пр}} - N_{\text{пр}}, \quad (3.7)$$

где $N_{\text{пр}}$ – величина налога на прибыль, руб.

В нормативном документе на 2018 год налог на прибыль организации компании составляет 20 процентов. Причем этот процент распределялся по бюджетам:

Такие ставки по налогу на прибыль по бюджетам применяются до 2021 года (п. 1 ст. 284 НК) [11].

$$N_{\text{пр}} = 2703186 \text{ тыс. руб} \cdot 0,2 = 540637 \text{ тыс. руб};$$

$$\Delta\Pi_{\text{ч}} = 2703186 \text{ тыс. руб} - 540637 \text{ тыс. руб} = 2162549 \text{ млрд. руб.}$$

Таким образом, дополнительная чистая прибыль предприятия за счёт снижения постоянных затрат без учёта затрат на мероприятие на 1 тонну нефти составила 2162549 тыс. рублей за год.

3.2 Расчет показателей экономической эффективности мероприятия

Данное мероприятие связано с дополнительной добычей нефти (ΔQ_1).

Объём дополнительно добытой нефти – 84086,87 тонн/год.

Капитальные затраты на проведение инновационного мероприятия отсутствуют.

Поскольку прирост добычи нефти в следующие после проведения инновационного мероприятия годы падает, то дополнительная добыча нефти составит:

$$\Delta Q(q) = \Delta q \cdot T \cdot K_3 \cdot N, \quad (3.8)$$

где Δq – прирост среднесуточного дебита, т/сут. Расчет прироста среднесуточного дебита во второй и третий год осуществляется с учетом среднегодового коэффициента падения добычи нефти.

$$\Delta q_2 = \Delta q_1 - (\Delta q_1 \cdot K_{\Pi}), \quad (3.9)$$

$$\Delta q_3 = \Delta q_2 - (\Delta q_2 \cdot K_{\Pi}), \quad (3.10)$$

$$\Delta Q_2 = 84086,87 \cdot (1 - 0,61) = 32793,88 \text{ тонн/год};$$

$$\Delta Q_3 = 32793,88 \cdot (1 - 0,61) = 12789,61 \text{ тонн/год}.$$

Прирост выручки от реализации за t -й год определяется по формуле:

$$\Delta B_t = \Delta Q_t \cdot C_H, \quad (3.11)$$

где ΔQ – объём дополнительной добычи нефти в t -м году, тонн;

C_H – цена 1 тонны нефти, руб.

$$\Delta B_1 = 84086,875 \cdot 34176,64 = 2873806611 \text{ руб.};$$

$$\Delta B_2 = 32793,88 \cdot 34176,64 = 1120784578 \text{ руб.};$$

$$\Delta B_3 = 12789,61 \cdot 34176,64 = 437105985,6 \text{ руб.};$$

Текущие затраты (на дополнительную добычу за t -й год) определяются как сумма затрат на мероприятие и условно-переменных затрат по формуле:

$$\Delta Z_t = \Delta Z_{\text{доп } t} + Z_{\text{мер}}, \quad (3.12)$$

где $\Delta Z_{\text{доп}}$ – условно-переменные затраты на дополнительную добычу нефти в t -м году, руб.;

$Z_{\text{мер}}$ – затраты на проведение мероприятия, руб.

$$\Delta Z_{\text{доп } t} = \Delta Q_t \cdot C \cdot \frac{D_{\text{у.пер}}}{100}, \quad (3.13)$$

где C – себестоимость добычи нефти, руб./тонну;

$D_{\text{у.пер}}$ – удельный вес условно-переменных затрат, %.

$$\Delta Z_{\text{доп } 1} = 84086,87 \cdot 2038,3 \cdot 54/100 = 92552909,75 \text{ руб.};$$

$$\Delta Z_{\text{доп } 2} = 32793,88 \cdot 2038,3 \cdot 54/100 = 36095634,8 \text{ руб.};$$

$$\Delta Z_{\text{доп } 3} = 12789,61 \cdot 2038,3 \cdot 54/100 = 14077297,57 \text{ руб.}$$

Затраты на проведение мероприятия определим по формуле:

$$Z_{\text{мер}} = C_{\text{им}} \cdot N_{\text{СКВ}}, \quad (3.14)$$

где $C_{ИМ}$ – стоимость одного инновационного мероприятия, руб.;

$N_{скв}$ – количество скважин, на которых проводится инновационное мероприятие, ед.

$$Z_{мер} = 1157,7 * 25 = 28942500 \text{ руб.}$$

Тогда общие затраты, связанные с дополнительной добычей нефти за t -й год, составят:

$$\Delta Z_1 = \Delta Z_{доп 1} + Z_{мер} = 28942500 + 92552909,75 = 121495410 \text{ руб.};$$

$$\Delta Z_2 = \Delta Z_{доп 2} = 36095634,8 \text{ руб.};$$

$$\Delta Z_3 = \Delta Z_{доп 3} = 14077297,57 \text{ руб.}$$

Для расчёта налога на прибыль, рассчитаем налогооблагаемую прибыль за t -й год по формуле:

$$\Delta\Pi_{н.обл t} = \Delta B_t - \Delta Z_t, \quad (3.15)$$

где ΔB_t – прирост выручки от реализации в t -м году, руб.;

ΔZ_t – текущие затраты в t -м году, руб.

$$\Delta\Pi_{н/обл 1} = 2873806611 - 121495410 = 2752311202 \text{ руб.};$$

$$\Delta\Pi_{н/обл 2} = 1120784578 - 36095634 = 1084688944 \text{ руб.};$$

$$\Delta\Pi_{н/обл 3} = 437105985,6 - 14077297,6 = 423028688 \text{ руб.}$$

Определяем величину налога на прибыль за t -й год:

$$\Delta H_{пр} = \Delta\Pi_{н.обл} \cdot \frac{N_{пр}}{100}, \quad (3.16)$$

где $N_{пр}$ – ставка налога на прибыль, % (взять ставку за 2018 год).

$$\Delta H_{пр 1} = 2752311202 * 0,2 = 550462240 \text{ руб.};$$

$$\Delta H_{пр 2} = 1084688944 * 0,2 = 216937788,7 \text{ руб.};$$

$$\Delta H_{пр 3} = 423028688 * 0,2 = 84605737,61 \text{ руб.}$$

Прирост годовых денежных потоков ($\Delta ДП_t$) рассчитывается по формуле:

$$\Delta ДП_t = \Delta B_t - \Delta Z_t - \Delta H_t = \Delta\Pi_{н.обл} - H_t, \quad (3.17)$$

$$\Delta ДП_1 = 2752311202 - 550462240 = 2201848962 \text{ руб.};$$

$$\Delta ДП_2 = 1084688944 - 216937788 = 867751156 \text{ руб.};$$

$$\Delta ДП_3 = 423028688 - 84605737 = 338422951 \text{ руб.}$$

Поток денежной наличности определяется как разница между приростом годовых денежных потоков и капитальными вложениями:

$$ПДН_t = \Delta ДП_t - КВ_t, \quad (3.18)$$

$$ПДН_1 = \Delta ДП_1 = 2201848962 \text{ руб.};$$

$$ПДН_2 = \Delta ДП_2 = 867751156 \text{ руб.};$$

$$ПДН_3 = \Delta ДП_3 = 338422951 \text{ руб.}$$

Накопленный поток денежной наличности определим по формуле:

$$НПДН_t = \sum ПДН_t, \quad (3.19)$$

$$НПДН_1 = \Delta ДП_1 = 2201848962 \text{ руб.};$$

$$НПДН_{1-2} = \Delta ДП_1 + \Delta ДП_2 = 2201848962 + 867751156 = 3069600116 \text{ руб.};$$

$$НПДН_{1-3} = \Delta ДП_1 + \Delta ДП_2 + \Delta ДП_3 = 3069600116 + 338422951 = 3408023067 \text{ руб.}$$

Дисконтированный поток денежной наличности – по формуле:

$$ДПДН_t = \frac{\Delta ДП_t}{(1+i)^t}, \quad (3.20)$$

где i – ставка дисконта, доли единицы.

$$ДПДН_1 = 2201848962 / (1+0,15)^1 = 1965936573 \text{ руб.};$$

$$ДПДН_2 = 867751156 / (1+0,15)^2 = 691765908 \text{ руб.};$$

$$ДПДН_3 = 338422951 / (1+0,15)^3 = 240882771,5 \text{ руб.}$$

Чистая текущая стоимость – по формуле:

$$ЧТС_t = \sum ДПДН_t, \quad (3.21)$$

$$ЧТС_1 = ДПДН_1 = 1965936573 \text{ руб.};$$

$$ЧТС_2 = ДПДН_1 + ДПДН_2 = 691765908 + 1965936573 = 2657702481 \text{ руб.};$$

$$ЧТС_3 = ДПДН_1 + ДПДН_2 + ДПДН_3 = 2657702481 + 240882771,5 = 2898585252,5 \text{ руб.}$$

Результаты расчётов показателей экономической эффективности внедрения инновационного мероприятия ГРП представлены в виде таблицы 3.2.

Таблица 3.2 – Показатели эффективности мероприятия

Показатели	1-й год	2-й год	3-й год
Прирост добычи нефти, тыс. тонн	84,09	32,79	12,79
Прирост выручки от реализации, тыс. руб.	2873806611	1120784578	437105985,6
Текущие затраты, тыс. руб.	121495410	36095634,8	14077297,57
Прирост прибыли, тыс. руб.	2752311202	1084688944	423028688
Прирост суммы налоговых выплат, тыс. руб.	550462240	216937788,7	84605737,61
Денежный поток, тыс. руб.	2201848962	867751156	338422951
Поток денежной наличности, тыс. руб.	2201848962	867751156	338422951
Накопленный поток денежной наличности, тыс. руб.	2201848962	3069600116	3408023067
Дисконтированный поток денежной наличности, тыс. руб.	1965936573	691765908	240882771,5
Чистая текущая стоимость, тыс. руб.	1965936573	2657702481	2898585252,5

В ходе проделанной работы были рассчитаны приросты дебитов, дисконтированного потока денежной наличности и чистой текущей стоимости (NPV). Наглядно видно, что дебит значительно возрастает, также прослеживается хорошая динамика роста экономических показателей, вследствие чего очевидно, что данное мероприятие является эффективным как в технологическом, так и в экономическом плане. Так как необходимо понимать, что существует множество методов по интенсификации притока, которые могут дать значительный прирост дебита, но они являются очень дорогостоящими и не всегда рентабельными.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2Б7Г	Пискунову Сергею Александровичу

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	Отделение нефтегазового дела
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	21.03.01. «Нефтегазовое дело»

Тема ВКР:

Анализ эффективности применения технологии гидравлического разрыва пласта на месторождениях Западной Сибири.	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>Рабочее место – на открытом воздухе вблизи оборудования для проведения ГРП или непосредственно у устья скважины; рядом с оборудованием для ремонта.</p> <p>Объект исследования: продуктивные пласты нефтяных месторождений на которых был проведен гидравлический разрыв пласта.</p> <p>Область применения: фонд скважин, в которых требуется увлечение продуктивности.</p> <p>Материалы и вещество – продавочная жидкость, жидкость разрыва. ГСМ.</p> <p>Оборудование - насосные агрегаты, трубопроводы, система блока манифольда , автоцистерны машины</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>В процесс написания данной части в основе лежит рассмотрение норм трудового законодательства, касающиеся ненормативного рабочего дня и работ в ночное время. Трудовом кодексе РФ от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 09.03.2021).</p> <p>Рассмотрены организационные мероприятия по расположению объектов на рабочей зоне согласно правилам безопасности нефтяной и газовой промышленности. ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. ГОСТ 22269-76 Система «Человек-машина». ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (1997)</p>
<p>2. Производственная безопасность:</p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>Вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> -производственный шум и вибрация; -загазованность воздушной среды газами выхлопных машин, которые используется как техника для ГРП; -неблагоприятные метеорологические условия – тепловое воздействие, охлаждение, влажность воздуха, скорость ветра; -утечка вредных веществ в атмосферу. <p>Опасные факторы:</p>

	<ul style="list-style-type: none"> -движущиеся машины и механизмы; подвижные части оборудования для ГРП; -напряжение электрического тока -возможная утечка токсичных веществ <p>В случае аварии возможно воздействие следующих факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> -воздействие теплового излучения пожара -воздействие воздушной ударной волны -токсичное действие химических реагентов -возможный контакт с осколками.
3. Экологическая безопасность:	<p>Атмосфера: выбросы выхлопных газов машин и оборудования ГРП, вредных веществ в окружающую среду, пары нефти и газа.</p> <p>Литосфера: разлив жидкости при закачке в пласт</p> <p>Гидросфера: загрязнение поверхностных и подземных вод</p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<p>При проведении ГРП возможно различные ЧС к которым можно отнести:</p> <ul style="list-style-type: none"> -ЧС природного характера -неуправляемое открытое фонтанирование скважины -разрывы -возгорание -непредвиденные разливы <p>Наиболее типичная ЧС: Неуправляемые потоки жидкости разрыва при разгерметизации высоконапорной линии(манифольд)</p>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Фех Алина Ильдаровна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б7Г	Пискунов Сергей Александрович		

4 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

В данной главе ВКР будет идти речь о таких разделах социальной ответственности как производственная безопасность, экологическая безопасность, безопасность в чрезвычайных ситуациях, а также рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности на объектах нефтедобычи при проведении операции гидравлического разрыва пласта. Основная проблема, которая может вызвать ЧС является именно большое давление, под которым находится практически все оборудование ГРП, вследствие чего риск их возникновения увеличивается в разы даже при правильном расчете и выполнении операции.

Пользователями разрабатываемого решения являются непосредственно нефтяные и газовые компании, которые могут как выступать в роли подрядчиков, выполняя данную операцию, так и в роли заказчиков, которые контролируют процесс проведения ГРП.

В качестве места выполнения работ рассматривается непосредственно месторождения Западной Сибири, в области вблизи скважин, где проводится ГРП и установлено основное оборудование для его проведения.

Данная работа является актуальной, так как безопасность при проведении такого сложного процесса как ГРП стоит на 1 месте, так как возможны ЧС, при которых возможны не только большие экономические потери, но также и нанесение вреда здоровью работников при его проведении.

4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

При возникновении правовых и организационных вопросов регулируется Трудовым кодексом Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (редакция от 09.03.2021), в котором и расписываются основные положения. Хочется отметить основные из них:

– режима рабочего времени, оплаты и нормирование труда;

– обеспечение важности и необходимости всех условий для сохранения здоровья и жизни сотрудников предприятия (что является наиболее приоритетным при выполнении такой опасной операции как ГРП);

– условие финансирования труда;

– основные нормы по охране труда;

– координация деятельности в области охраны труда, окружающей среды и другие виды экономической и социальной деятельности;

– проведение плановых и внеочередных медицинских осмотров, основываясь на медицинских рекомендациях с сохранением рабочего места и среднего заработка во время прохождения данных мероприятий.

Обязательные гарантии и обеспечение необходимых компенсаций, в соответствии с Настоящим Кодексом, согласно заключенному коллективному договору между работником и предприятием, трудовым договором различными локальными актами, если работник участвует в операциях с опасными и вредными условиями труда.[12]

Обеспечение специальных и индивидуальных средств защиты работников при выполнении непосредственно операции за счет работодателя

Также необходимо отметить такой документ как ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования, который непосредственно и описывает основные эргономические требования к рабочим местам при физической работе различных степеней тяжести. Конструкция, взаимное расположение элементов рабочего места (органы управления, средства отображения информации и т.д.) должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы. Рабочее место должно быть организовано в соответствии с требованиями стандартов, технических условий и (или) методических указаний по безопасности труда, которые представлены в соответствующих нормативных документах. [13]

4.2 Производственная безопасность

Для определения и оценки потенциальные вредные и опасные факторы, которые могут возникнуть при разработке, подготовки и непосредственного проведения операции ГРП используем ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы[14]. Классификация» и представим краткий результат в таблице 1.

Таблица 4.1 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работы			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
Повышенный уровень шума и вибрации	+	+	+	ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ ГОСТ 12.1.012-2004
Повышенная запыленность и загазованность рабочей зоны	—	+	+	ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ
Утечка токсичных и вредных веществ в атмосферу	—	+	+	ГОСТ Р 56167-2014 ГОСТ 12.1.007-76
Отклонение показаний микроклимата на открытом воздухе	—	+	+	ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ
Движущиеся машины и механизмы	—	+	+	ГОСТ 12.3.002-2014 ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ
Электробезопасность	+	+	+	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ
Пожарная безопасность	+	+	+	ССБТ ГОСТ 12.1.004 – 91 Федеральный закон от 22.07.2013 г. №123 – ФЗ

4.2.1 Анализ вредных факторов

Повышенный уровень шума и вибрации является одним из основных вредных производственных факторов. Шум – разновидность звуковых колебаний, находящаяся в диапазоне слышимых частот, имеющая возможность оказать вредное воздействие на безопасность и здоровье работников.[15] Вибрация – разновидность механических колебаний машин и механизмов, которые могут оказывать вредное воздействие на здоровье работника.[16] Максимально допустимые показатели шума и вибрации должны соответствовать нормам, которые регламентированы СанПиН 1.2.3685-21 [17] и ГОСТ, указанными в таблице 1. Данные представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Предельно допустимые эквиваленты уровня звука[17]

Предельно допустимые эквивалентные уровни звука, дБА			
Категории напряженности трудового процесса	Категории тяжести трудового процесса		
	легкая и средняя физическая нагрузка	тяжелый труд 1 степени	тяжелый труд 2 степени
Напряженность легкой и средней степени	80	75	75
Напряженный труд 1 степени	70	65	65
Напряженный труд 2 степени	60	-	-
Напряженный труд 3 степени	50	-	-

<*> Примечание. Количественную оценку тяжести и напряженности трудового процесса по условиям труда следует проводить в соответствии с действующим документом по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса.

Превышения установленных норм может привести к потере внимания, повышению количеству ошибок при выполнении операций, влияет напрямую на центральную нервную систему, вызывает заболевания сердечно-

сосудистой системы и других органов. Возможна потеря слуха, контузия и даже смерть и др.[16]

Для уменьшения влияния данного вредного фактора при проведении ГРП нефтегазовыми компаниями применяется целый комплекс мероприятий по защите работников, к которому относятся:

- частичная автоматизация процессов проведения ГРП;
- использование системы для снижения шума и вибраций в источниках его возникновения и на путях его распространения;
- рациональное планирование системы проведения ГРП(оборудование);
- введение рациональных режимов труда и отдыха;
- введение индивидуальных средств защиты работника. [15]

Обеспечение средствами индивидуальной защиты регламентируется отраслевыми правилами техники безопасности, а в частности «Типовыми отраслевыми нормами бесплатной выдачи спецодежды, спецобуви и других средств защиты работникам нефтяной и газовой промышленности»[17].

Повышенная запыленность и загазованность рабочей зоны является следующим немаловажным опасным фактором. В процессе проведения ГРП возможна утечка газа, что может являться причиной отравления рабочих. Загазованность обычно изменяются, используя газоанализатор СГГ-20, который используют в основном на всех нефтяных месторождениях. Утечки газа находят, используя любой раствор ПАВ (обычно используют раствор мыла). Обнаружив утечку газа необходимо сделать все возможные мероприятия по ее устранению, соблюдая все правила безопасности и охране окружающей среды. Если не имеется возможность устранить проблему, то вызвать бригаду по ликвидации аварии, которые имеют специализированное оборудование и квалификацию. В случае большой загазованность обеспечивать вентиляцию (как правило проводится в районе 20 минут). При выполнении работ использовать средства индивидуальной защиты как при проверке наличие газа и утечек, так и ликвидации уже случившийся аварии.

Контролировать содержание концентрацию вредных веществ в нефти и газе в соответствие с санитарными нормами согласно таблице 4.3.[18]

Таблица 4.3 – Предельно допустимые концентрации вредных веществ[18]

Наименование вещества	Величина ПДК, мг/м ³	Класс опасности
Бензин (растворитель топливный)	100	IV
Бензол	5	II
Керосин (в пересчете на С)	300	IV
Лигроин (в пересчете на С)	300	IV
Масла минеральные нефтяные	5	III
Нефрас С 150/200 (в пересчете на С)	100	IV
Нефть	10	III
Сероводород	10	II
С1 – С5	3	III
Тetraэтилсвинец	0,005	I
Толуол	50	III
Уайт-спирит (в пересчете на С)	300	IV
Хлор	1	II

Утечка токсичных и вредных веществ в атмосфере возможная при проведении ГРП. К вредным и токсичным веществам относятся те группы веществ, которые при контакте с организмом человека могут вызвать различные производственные травмы, развитие профессиональных заболеваний, отклонение в состоянии здоровья, если не будут выполняться все требования безопасности. Чаще всего на нефтегазовых месторождениях это происходит через дыхательные пути и кожу. При взаимодействии вредных и токсичных веществ с кровью могут возникать болезни и осложнения.

При проведении ГРП работникам приходится сталкиваться и входить в непосредственный контакт с различными химическими веществами (например, закачивают специальные вещества после его проведения чтобы определить зоны притоков и оттоков, и они являются опасными для человека). В основном все эти вещества находятся в нефти и газе, следовательно,

необходимо строго следовать правилам безопасности и соблюдать осторожность. Самая опасная зона является непосредственно рядом с устьем скважины, где все находится под большим давлением и возможны утечки различных веществ.[19]

Основным критерием, служащим экологическим нормирование содержания вредных веществ является предельно допустимая концентрация (ПДК). Они нормируются специальным документами. Некоторые из них вы можете видеть в таблице 4.3.[18]

Для предотвращения последствий утечек и снижению влияния на организм человека применяют СИЗ и средства коллективной защиты. Из средств индивидуальной защиты обычно применяют стандартное оборудование: очки, специальная одежда, противогазы.

Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе необходимо учитывать при ГРП. В связи с географией расположения рассматриваемых месторождений Западной Сибири имеется наличие сложных климатических условий. К основным показателям, которые характеризуют микроклимат являются температура, скорость ветра, давление и влажность.

Климатические условия резко меняются как течение всего сезона, так и в течение дня и ночи (разбег по 30 °С). Для обеспечения безопасных условий работы необходимо поддерживать температуру в районе 36 °С. При слишком большой температуре возможен перегрев, а при низкой- переохлаждение. Впоследствии возможно развитие гипертермии, тепловой удар и потеря сознания. А если к сложным температурным режимам добавить изменяющуюся влажность и ветер, то условия становятся еще более сложными.

Каждое предприятие устанавливает соответствующие нормы по работе при низких температурах. Для защиты от переохлаждения при низких температурах (в районе минус 30°С) работают 20 минут и 10 минут отдыхают(например). Все зависит от конкретного расположения и условий. Используется блок местной автоматики или специальные обогревочные

пункты, в которых устанавливается комфортная температура (в районе 18 °С) в которой и производится отдых и обогрев между заходами. Применяется специальная одежда для обеспечения терморегуляции организма. [18]

4.2.2 Анализ опасных факторов

Движущиеся машины и механизмы являются ключевым опасным фактором при проведении ГРП. Для безопасного проведения операции ГРП и подготовки к ней необходимо придерживаться основных правил безопасности, касающихся как самой операции, так и оборудования для избегания непосредственного контакта с движущимися механизмами и нанесения вреда здоровью сотрудников, и заключающиеся в следующем:

–ГРП должен проводиться специальной бригадой под руководством инженерном-технического мастера, утвержденного главным инженером с соблюдением всех норм и правил безопасности;

–между агрегатами должно быть расстояние не более 1 м и расстояние от насосных агрегатов до самого устья куда ведется закачка не менее 10 м;

–места установки оборудования должны быть подготовлено и очищено;

–необходимо остановить станок качалку (если скважина оборудована ШСНУ), расположить балансир в положение, которое не мешает проведению операции или демонтировать его;

–агрегат должен соединяться с трубами высокого давления, оборудован обратными клапанами, специальными манометрами и предохранительными устройствами;

–при отсутствии у машин нейтрализаторов выхлопных труб необходимо вывести трубы на высоту не менее 2 метров от платформы агрегата;

–перед отсоединением оборудования снизить давления, чтобы не случился разрыв и преждевременный выброс;

- наличие исправного оборудования;
- знание персоналом строениям и принципов действия каждого агрегата, с которым ведется работа;
- проводить опрессовку труб давлением, которое превышает максимально расчетного при проведении ГРП в 1,5 раза;
- пускать агрегаты в ход только после удаления людей на безопасное расстояние;
- всегда следовать инструкциям руководящего проведением ГРП;
- в зимнее время проводить пробную прокачку жидкости после проведения, для убеждения, что пробки отсутствуют. [20]

Электробезопасность также несет в себе один из самых опасных факторов на производстве. При проведении операции ГРП на кустовой площадке сотрудники постоянно сталкиваются с электрооборудованием, вследствие чего имеется шанс быть пораженным электрическим током. Действие электрического тока является опасным для организма человека и может вызывать множество таких осложнений, как термические, биологические, электролитические, вызывание механических действий. При нарушении требований безопасности возможна даже смерть.

Норма по максимально возможному току и напряжению, протекающему через организм человека не должны превышать значений, представленных в таблице 4.5[21]

Таблица 4.4 – Предельно допустимые значения тока и напряжения[21]

Род тока	U, В	I, mA
	Не более	
Переменный, 50 Гц	2,0	0,3
Переменный, 400 Гц	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1,0

Для обеспечения безопасности работников при операции проведения ГРП необходимо выполнить определённых мероприятий, к которым относятся:

- заземление оборудования для проведения ГРП;
- обесточивание всего оборудования, которое непосредственно не участвует в проведении;
- использование СИЗ;
- вывешены таблички с ограничениями при проведении ГРП;
- использование специальный электротехнический инструмент;
- соблюдение правил безопасности;
- отсутствие персонала рядом с оборудованием во время ГРП.[20]

Пожарная безопасность, как и в нашей повседневной жизни, так и на производстве несет большую опасность. Так как процесс ГРП включает в себя взаимодействие рабочего агента (жидкость на нефтяной основе) с нефтью и газом, то имеется большой шанс возгорания, что может привести к поломке оборудования и нанесению вреда здоровью работников. Опасность несет не только возникающее возгорание, но и возгорание паровоздушной смеси углеводородов. Опасен не столь источник возгорания смеси, как тепловой импульс, который он создает.

Продукты горения также являются опасным фактором при возникновении пожара, так как оказывают токсичное воздействие на организм человека. Также возможны возникновение вторичных факторов, которые могут нанести еще больший вред, такие как:

- электрический ток;
- взрывы;
- возникновение большого количества осколков;
- падение и непредсказуемое движение оборудования.[20]

В ССБТ ГОСТ 12.1.004 – 91 допускается уровень пожарной опасности для людей, не превышающий 10^{-6} от воздействия опасных факторов при

пожаре, превышающих допустимые значения, в год на расчете на каждого человека.[22]

Для обеспечения безопасности при возникновении пожаров и взрывов, необходимо:

–при проведении операции и ремонтах работ обязательно использовать искробезопасные инструменты;

–следовать правилам пожарной безопасности;

–иметь специальные вытяжные системы в пунктах управления и агрегатах;

–персонал, при проведении опрессовки с стравливания давления, должен находиться с подветренной стороны;

–оснащение противопожарными средствами: лопата, песок, ведра, топоры и огнетушители ОХП-10.

При возникновении пожара сделать все возможное для устранения проблемы и следовать правилам пожарной безопасности, вызвать специальные группы для устранения проблемы.

4.3 Экологическая безопасность

Процесс проведения ГРП потенциально может принести вред окружающей среде, следовательно, необходимо учитывать это при планировании данного мероприятия.

4.3.1 Влияние на литосферу

Отрицательное влияние на литосферу начинается еще с момента начала строительства планируемых объектов, которое сказывается на почвенном покрове путем разрушения и замены естественных почвенных горизонтов на минерализованные грунты при отсыпке площадки.

Основные источники загрязнения литосферы является:

–проникновение жидкости ГРП в почву;

- горюче смазочные материалы;
- твердые отходы и продукты после проведения;
- загрязнения химическими реагентами почвы.

Для устранения вышесказанных проблем или хотя-бы уменьшения их влияния используют жидкости на основе нефти, которые имеют естественно природное происхождение, обрабатывают специальными составами, чтобы не было сильных последствий при попадании в почву, жидкости ГРП изготавливают из специальных технологий, которые не позволяют проникнуть им в почву, мероприятия проводят при полной герметизации оборудования, что не вызвать перетоков и контакт с природной составляющей. [23]

4.3.2 Влияние на гидросферу

Возможно отрицательное влияние на подземные и поверхностные воды, ливневую воду вследствие перетоков нефти и самой жидкости гидравлического разрыва, которая и загрязняет их. Хочется отметить, что данное влияние можно практически свести к 0, если выполнять условие, которые заключаются в соблюдение определённого расстояния между водоносным горизонтом и точкой гидравлического разрыва, что гарантирует отсутствие их взаимодействия и закономерного загрязнения. Данное расстояние вычисляется инженерами и геологами на основе множества данных, полученных при изучении строения месторождения. Также необходимость правильно выполнения операции ГРП и соблюдение всех норм безопасности.

4.3.3 Влияние на атмосферу

Также имеется отрицательное влияние на атмосферу. При проведении операции ГРП возможны выбросы опасных(токсичных) веществ в атмосферу. Для уменьшения влияния данной проблемы тщательно проверять все

оборудование. Весь персонал должен строго соблюдать правила труда на работе на предприятии.

Основным источником газов являются продукты сгорания топлива при постоянно работающий ДВС, испарение паров углеводородов и жидкостей, которые участвует в процессе. Лишний газ необходимо не сжигать, а утилизировать или отправлять на завод, где будет производится его переработка.[23]

4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация – обстановка, которая возникает вследствие аварии на объекте или определённой территории, а также вследствие другого природного или техногенного бедствия. По причине ЧС возможно нанесение большого вреда окружающей среде и хозяйству в целом, возможны даже человеческие жертвы, а также большие материальные потери. Отношение к какой-либо категории ЧС зависит от общего количества пострадавших, в целом- размера ущерба в материальном эквиваленте, от площади воздействия вредоносных факторов.[24]

В наших сложных условиях Западной Сибири может возникнуть множество ЧС, к которым относятся:

Природного характера:

- различные наводнения;
- пожары;
- ураганы;
- морозы;
- метели.

Техногенного характера:

- неуправляемое открытое фонтанирование скважины;
- разрывы;
- возгорание;

- непредвиденные разливы;
- неуправляемые потоки жидкости при разгерметизации высоконапорной линии.

Для предотвращения и быстрой ликвидации аварий, которые могут возникнуть на объектах нефтедобычи при чрезвычайных ситуациях составляются планы по ликвидации возможных аварий (ПЛВА). ПЛВА составляются в соответствии с правилами безопасности в нефтяной и газовой промышленности и должны содержать следующее:

- перечень возможных аварий на объекте;
- способы оповещения об аварии (сирена, световая сигнализация, громкоговорящая связь, телефон и др.), пути выхода людей из опасных мест и участков в зависимости от характера аварии;
- действия лиц технического персонала, ответственных за эвакуацию людей и проведение предусмотренных мероприятий;
- список и порядок оповещения должностных лиц при возникновении аварии;
- способы ликвидации аварий в начальной стадии. Первоочередные действия технического персонала по ликвидации аварий (пожара), предупреждению увеличения их размеров и осложнений;
- осуществление мероприятий по предупреждению тяжелых последствий аварий. Порядок взаимодействия с газоспасательными и другими специализированными службами;
- список и местонахождение аварийной спецодежды, средств индивидуальной защиты и инструмента;
- список пожарного инвентаря, находящегося на объекте;
- акты испытания СИЗ, связи, заземления;
- график и схему по отбору проб газовой среды;
- технологическая схема объекта;
- годовой график проведения учебных занятий для предотвращения возможных аварий. [24]

В данной главе были рассмотрены такие разделы социальной ответственности как производственная безопасность, экологическая безопасность, безопасность в чрезвычайных ситуациях, а также рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности на объектах нефтедобычи при проведении операции гидравлического разрыва пласта. Все раннее перечисленные разделы являются очень важными при проведении ГРП, так как это опасная операция, которая может сказаться как на здоровье сотрудников, так и на экологию, следовательно, ей необходимо уделять большое внимание и финансирование. Нефтегазовые компании несут большую социальную ответственность, чтобы минимизировать риски и затраты на устранение последствий происшествий, именно поэтому они постоянно внедряют новые разработки, нормы, правила и стандарты в свое производство. Все они преследуют единую цель – избежать происшествия и минимизировать потери. Для этого создаются специальные отделы, которые контролируют такую важную часть производственного процесса, как социальную ответственность.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе был рассмотрен процесс проведения ГРП, оборудование для его проведения, его сущность и анализ его эффективности на месторождениях Западной Сибири.

ГРП является одним из основных методов интенсификации притока, который нашел применения как на месторождениях России, так и за рубежом.

Основные параметры, которые характеризуют эффективность трещины ГРП являются безразмерный коэффициент проводимости трещины и степень вскрытия трещины, которые в основном характеризуются геометрическими размерами трещины. Расчет оптимальных параметров ведется, основываясь на количестве пропанта, закачиваемого в пласт и выделению соответствующих ему параметров, характеризующих эффективность. В данной работе приведен пример расчета оптимальных параметров трещины ГРП с использованием соответствующих графиков.

На основе анализа эффективности применения ГРП на двух скважинах месторождения X можно было сделать вывод, что произошел значительный прирост дебита в основном нефти и в меньшей степени воды, что говорит о правильности выбора места проведения, расчетов и успешности самой операции по интенсификации притока. Также произошло значительное падение скин - фактора (до -5), что говорит о улучшении состоянии призабойной зоны, что является одной из ключевых особенностей ГРП.

В работе также были сделаны экономические расчеты проведения ГРП и сформулированы соответствующие выводы о том, что прослеживается хорошая динамика роста экономических показателей, вследствие чего очевидно, что данное мероприятие является эффективным не только в технологическом, но и в экономическом плане.

Ко всему вышеперечисленному были рассмотрены такие разделы социальной ответственности как производственная безопасность, экологическая безопасность, безопасность в чрезвычайных ситуациях, а также

рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности на объектах нефтедобычи при проведении операции гидравлического разрыва пласта, из которых следует, что необходимо соблюдать все правила и нормы при проведении такого потенциально опасного мероприятия, как ГРП.

В целом хочется отметить, что операция гидравлического разрыва пласта может применяться в большинстве случаев, если имеет место быть рентабельность данного мероприятия, ведь всегда важно соотносить затраты и полученную прибыль.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Johannes Fink. Hydraulic Fracturing. Hydraulic Fracturing Chemicals and Fluids Technology. 2020 г. 2 выпуск. 259-320 с. Дата обращения: 08.10.2020 г.
2. Бестова С.Е. ГРП как один из методов интенсификации добычи нефти
[Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32518738>. Дата обращения: 08.10.2020 г.
3. Хакимова А.С. Интенсификация углеводородов методом ГРП
[Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.elibrary.ru>. Дата обращения: 08.10.2020 г.
4. Экономидес М. Унифицированный дизайн гидроразрыва пласта– М.: Углов. М.– ПетроАльянс Сервисис Компании Лимитед. – Москва, 2004 г.
5. Центр Heriot-Watt / [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://hwtrp.info/>. Дата обращения: 5.04.2020 г.
6. Гидравлический разрыв пласта/ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://portal.tpu.ru>. Дата обращения: 5.04.2020 г.
7. Михайлов С.А., Магадов В.Р. Исследование долговременной проводимости пропантов различных производителей. – М.: Базовый ВУЗ НК – России. – Москва, 2011 г. Дата обращения: 8.04.2020 г.
8. Гидравлический разрыв пласта (ГРП)/ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://neftegaz.ru>. Дата обращения: 10.04.2020 г.
9. Цена на Фьючерс на нефть Brent/ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ru.investing.com>. Дата обращения: 14.04.2020 г.
10. Центральный Банк РФ/ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.cbr.ru>. Дата обращения: 5.04.2020 г.
11. Налоговый кодекс РФ Статья 284. Налоговые ставки / [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://taxpravo.ru>. Дата обращения: 16.04.2021 г.

12. Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 30.04.2021) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.05.2021)//Доступ из справ. – правовой системы «КонсультантПлюс». Дата обращения: 16.04.2021 г.

13. ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования. – М.: Стандартинформ, 2001 год – 10 с.

14. ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов по безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – М.: Стандартинформ, 2017 год – 17с.

15. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности. – М.: Стандартинформ, 2015 год – 28 с.

16. ГОСТ 12.1.012-2004. Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования. – М.: Стандартинформ, 2008 год – 20 с.

17. СанПиН 1.2. 3685-21. «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания», 2021 год – 736 с.

18. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Система стандартов безопасности труда. общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М.: Стандартинформ, 1989 год – 49 с.

19. ГОСТ Р 56167-2014. Национальный стандарт Российской Федерации. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. – М.: Стандартинформ, 2015 год – 12 с.

20. Требования к ГРП, [Электронный ресурс], Режим доступа: <https://studwood.ru>. Дата обращения: 07.04.2021 г.

21. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов. – М.: Стандартинформ, 1983 год – 7 с.

22. В ССБТ ГОСТ 12.1.004 – 91. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. – М.: Стандартинформ, 2001 год – 153 с.

23. Экологическая безопасность при ГРП, [Электронный ресурс],
Режим доступа: <http://vseonefti.ru>. Дата обращения: 07.04.2021 г.

24. ГОСТ Р 22.0.01-2016. Безопасность в ЧС. Основные положения. –
М.: Стандартиформ, 2021 год – 28 с.