

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

Школа ИШПР
 Направление подготовки Нефтегазовое дело
 Отделение школы (НОЦ) Отделение нефтегазового дела

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы «Моделирование гидродинамики двухфазного потока в подъемных трубах нефтяных скважин»

УДК 622.24.05:532.542.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись		Дата
2БМ93	Фай Демба			

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Арбузов В.Н.	к. ф-м. н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Романюк В.Б.	к.э.н, доцент		

По разделу « Социальная ответственность »

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ТПУ	Сечин А.И	Д.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ :

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Отделение нефтегазового дела	Зятиков П.Н.	Д.т.н.		

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

Студенту :

Группа	ФИО
2БМ93	Фай Демба

Инженерная школа	Природных ресурсов	Отделение	Нефтегазового дела
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	21.03.01 «Нефтегазовое дело» профиль «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений»

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>Затраты на специальное оборудование определяются согласно стоимости оборудования по прейскурантам или по договорной цене. Заработная плата рассчитывается исходя из тарифной ставки и коэффициентов, зависящих от различных условий: организация, регион. Страховые отчисления определяются согласно Федеральному закону от 24.07.2009 №212-ФЗ. Прочие и накладные расходы определяются исходя из суммы остальных статей расходов.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</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>Оценка потенциала и перспективности реализации НИИ можно оценить с помощью SWOT-анализа и интегральной оценки ресурсоэффективности.</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Для составления графика технико-конструкторских работ используется оценка трудоемкости работ для каждого исполнителя</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>В процессе формирования сметы НИИ используется следующая группировка затрат по статьям:</i> <ul style="list-style-type: none"> • материальные затраты ТП; • затраты на специальное оборудование; • полная заработная плата исполнителей; • отчисления во внебюджетные фонды; • накладные расходы.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>« Портрет » потребителя результатов НИИ</i>
2. <i>Таблицы оценки вариантов проведения исследования</i>
3. <i>График проведения и бюджет НИИ</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	15.03.2021
---	------------

Задание выдал консультант :

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Романюк В.Б.	к.э.н, доцент		15.03.2021г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ93	Фай Демба		15.03.2021г.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ93	Фай Демба

ШКОЛА		Отделение	
Уровень образования	магистратура	Нефтегазовое дело	21.04.01

Тема дипломной работы: «Моделирование гидродинамики двухфазного потока в подъемных трубах нефтяных скважин»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<ul style="list-style-type: none"> • Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения) <p>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>Объектом исследования является эксплуатационная колонна скважины для добычи нефти и газа.</p> <p>Область применения: нефтегазодобыча</p> <p>Перечень НТД, используемой в данном разделе:</p> <p>ГОСТ 12.1.003-83 ГОСТ 12.2.062-81 ГОСТ 12.1.019-79</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Производственная безопасность</p> <p style="text-align: center;">Анализ показателей шума и вибрации</p> <ul style="list-style-type: none"> • установление соответствие показателей нормативному требованию; <p style="text-align: center;">Анализ показателей микроклимата</p> <ul style="list-style-type: none"> • показатели температурные, скорости движения воздуха, запыленности. <p style="text-align: center;">Анализ освещенности рабочей зоны</p> <ul style="list-style-type: none"> • типы ламп, их количество, соответствие нормативному требованию освещенности; • при расчете освещения указать схему размещения светильников на потолке согласно проведенному расчету. <p style="text-align: center;">Анализ электробезопасности</p> <ul style="list-style-type: none"> • наличие электроисточников, характер их опасности; • установление класса электроопасности помещения, а также безопасные номиналы тока, напряжения, сопротивления заземления. • при расчете заземления указать схему размещения заземлителя согласно проведенному расчету. <p style="text-align: center;">Анализ пожарной безопасности</p> <ul style="list-style-type: none"> • присутствие горючих материалов, тем самым, присутствие повышенной степени пожароопасности. • категории пожароопасности помещения, марки огнетушителей, их назначение. • Разработать схему эвакуации при пожаре. 	<p>Для всех случаев вредных и опасных факторов на рабочем месте указаны ПДУ, ПДД, допустимые диапазоны существования, в случае превышения этих значений:</p> <ul style="list-style-type: none"> • перечислены средства коллективной и индивидуальной защиты; • приведены классы электроопасности помещений, а также безопасные номиналы тока, напряжения, сопротивления заземления, • категорию пожароопасности помещения, • марки огнетушителей, их назначение. <p>При отклонении показателя предложены мероприятия.</p>
<p>2. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> • защита селитебной зоны • анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); • анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); • анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); 	<p>Наличие отходов (металлическая стружка, абразивная пыль, черновики бумаги, отработанные картриджи принтера, обрезки электромонтажных проводов) потребовали разработки методов (способов) утилизации перечисленных отходов.</p>

<ul style="list-style-type: none"> разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	Наличие радиоактивных отходов также требует разработки их утилизации.
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; выбор наиболее типичной ЧС; разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	<p>Рассматриваются 2 ситуации ЧС:</p> <p>1) природная – сильные морозы зимой;</p> <p>2) техногенная – исключить несанкционированное проникновение посторонних на рабочее место (большая вероятность проведения диверсии).</p> <p>Предусмотреть мероприятия по обеспечению устойчивой работы производства в том и другом случае.</p>
<p>4. 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>Приведены:</p> <ul style="list-style-type: none"> перечень НТД, используемых в данном разделе, схема размещения светильников на потолке согласно проведенному расчету.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	15.03.2021г.
---	--------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ТПУ	Сечин А.И	д.т.н.		15.03.2021г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ93	Фай Демба		15.03.2021г.

РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация содержит, 95 страниц, 29 рисунков, 09 таблиц, и 19 литературных источников.

Ключевые слова: *электроцентробежный насос, фильтр, двухфазный поток, теплообмен, численное моделирование.*

Объектом исследования является эксплуатационная колонна скважины для добычи нефти и газа.

Научная новизна заключается в рассмотрении физико-математической модели гидродинамики двухфазного потока с твердыми частицами, которая в комплексе учитывает структуру потока; влияние твердых частиц, изменение параметров потока вследствие эксплуатации скважины УЭЦН.

Актуальность работы. Гидродинамика ламинарного двухфазного потока в процессе подъема нефти или газа на поверхность существенно влияет на весь технологический процесс эксплуатации скважин. В работе представлена физико-математическая постановка задачи о ламинарном течении несущей среды с твердыми частицами и приведены результаты численных расчетов полей скоростей водонефтяного потока и концентрации частиц в эксплуатационных колоннах скважин. Сформулированы основные практические выводы и рекомендации.

Цель работы является установление траектории движения твердых частиц, распределения полей температуры и концентрации инертных частиц вблизи точки подвеса насоса при ламинарном режиме потока. Для достижения этой цели были сформулированы следующие основные задачи:

1. Создание и обоснование математической модели для исследования механизма вытеснения многофазной жидкости на участке «вход скважинный насос»;
2. Численный расчет движения твердых частиц в колонне подъемных труб нефтяной скважины;
4. Исследование и оценка влияния твердых частиц на интенсивность теплообмена между жидкостью и ПЭД.

Оглавление

Введение	8
1 Геологическое строение Усть-Балыкское месторождения	9
1.1 Общие сведения о месторождении.....	9
2 Общая информация и обзор литературы по исследованию двухфазных потоков.....	17
2.1 Характеристика различных фаз потоков в колоннах труб нефтяных скважин 17	
2.2 Характеристики жидкости, содержащей твердые частицы	22
2.3 Силы действующие на твердую частицу в сплошном потоке	25
2.4 Ограничение способов моделирования потока жидкости с твердыми частицами	28
2.5 Механические примеси	29
2.5.1 Технические методы борьбы с механическими примесями	29
2.5.2 Сложности добычи углеводородов, связанные с образованием механических примесей.....	33
2.6 Ограничения, связанные с повреждением эксплуатационной колонны	34
2.7 Исследования частиц, которые могут оказывать негативное воздействие на насосы	35
3 Постановка задачи и основные уравнения.....	37
4 Результаты численных расчетов.....	44
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	50
5.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	50
5.2 SWOT-анализ.....	51
5.3 Обоснование выбора исследования.....	52
5.4 Определение перечня работ и оценка времени на их выполнение.....	53

5.5 Бюджет научного исследования	56
5.6 Экономическая эффективность	61
6 Социальная ответственность	62
6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	63
6.2 Производственная безопасность	64
6.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов	65
6.3 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя	68
6.3.1 Требования безопасности перед началом работы	68
6.3.2 Требования безопасности во время работы	69
6.3.3 Требования безопасности в аварийных ситуациях	70
6.3.4 Требования безопасности по окончании работы	70
6.4 Анализ условий труда на рабочем месте	71
6.4.1 Анализ показателей микроклимата	71
6.4.2 Анализ показателей шума и вибрации	72
6.5 Анализ освещенности рабочей зоны	73
6.6 Анализ электробезопасности	73
6.7 Анализ пожарной безопасности	74
6.8 Экологическая безопасность	75
6.9 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	78
Заключение	81
6 Список использованной литературы	82
Приложение А	85

Введение

Подъем нефти, газа, воды и твердых частиц с помощью центробежных насосов сегодня превратился в очень сложную систему. Воздействие твердых частиц на органы центробежных насосов изучено недостаточно. Сложность выбора технологических приемов процесса отделения твердых частиц перед поступлением в насос для их отделения обусловлена недостаточными динамическими исследованиями таких частиц в скважинах. Поэтому необходимо изучить механизм вытеснения нефти, содержащей твердые частицы, в промежутке перфорации скважины на входе в насос, чтобы лучше обеспечить оптимальную работу насоса и надежную защиту органов насоса.

Моделирование двухфазных потоков для исследования движения жидкости на основе уравнений Навье-Стокса с учетом процессов конвективного переноса и диффузии является одним из перспективных направлений исследований для понимания механизма движения жидкостей с твердыми частицами. Такое исследование улучшит технологический выбор и оптимальные конструкции для отделения твердых частиц от жидкости до того, как они попадут в погружной насос.

1 Геологическое строение Усть-Балыкское месторождения

1.1 Общие сведения о месторождении

В административном отношении Усть-Балыкское нефтяное месторождение расположено на границе Сургутского и Нефтеюганского районов Ханты-Мансийского автономного округа Тюменской области.



Рисунок 1.1 – Обзорная карта района работ[1].

Месторождения, на которых проводит работы ООО «РН-Юганскнефтегаз», расположены в пределах Среднеобской низменности. Этот район в геоморфологическом отношении представляет собой надпойменную террасу реки Обь.

Среднеобская низменность – пологоволнисто-увалистая равнина, осложненная грядами и заболоченными понижениями. Абсолютные отметки высот колеблются от 42 до 84 м. В геологических разрезах территории доминируют суглинистые отложения с прослоями и линзами супезей, песков, местами перекрытыми торфами различной мощности. Для Среднеобской низменности характерна:

- частая смена механического состава минерального субстрата (от песков до средних суглинков);
- локальная рассредоточенная заболоченность;

- небольшая мощность органогенных горизонтов гидроморфных и полугидроморфных почв (30-50 см)

Территория месторождений характеризуется хорошей дренированностью и широким развитием лесной растительности. В целом леса занимают около 30% территории.

Территория месторождений ООО “РН-Юганкнефтегаз” расположена в пределах средней тайги. Географическое положение предполагаемой к обустройству территории определяет присутствие здесь практически всех типичных представителей среднетаежного фаунистического комплекса.

Животный мир данного региона представлен 54 видами млекопитающих отряды: грызуны, хищники, зайцеобразные, парнокопытные, 184 видами птиц: гусей, куропаток, воробьёв, ржанкообразные, сов, соколов, журавлей и др.), 6 видами пресмыкающихся и 6 видами земноводных.

Усть-Балыкское, Б₁₀ месторождение находится в центральной части Западно-Сибирской равнины. Административно относится к Нефтеюганскому району Ханты-Мансийского автономного округа Тюменской области.

Участок застройки г. Нефтеюганска и охранная зона занимают небольшую северо-западную часть месторождения г. Сургут находится в 80 км. к северо-востоку, г. Тюмень - в 700 км к юго-западу от месторождения.

За границей месторождения проходит нефтепровод Усть-Балык-Омск. Параллельно ему проходит железная дорога Тюмень-Сургут-Нижневартовск, которая является основным видом сообщения. Территория Усть-Балыкского месторождения с востока на запад пересекает река Обь.

Климат района – резко континентальный. Максимальная температура зимой –55⁰С. летом выше +20⁰С держится около 30 дней.

Рельеф местности представляет собой сильно заболоченную равнину. Из полезных ископаемых имеется строительный песок, песчаногравитные смеси глина. Энергоснабжение Нефтеюганского района осуществляет Сургутская ГРЭС.

Краткая геологическая характеристика месторождения

Усть-Балыкское месторождение относится к группе нефтяных месторождений Сургутского свода, представляющего структуру, образованную вертикальным поднятием крупного блока фундамента. В западной части его выделяется Пимский вал, осложненный рядом локальных поднятий субмеридиального простирания: Солкинское, Усть-Балыкское, Северо–Пимское; Усть-Балыкское поднятие является центральным и наиболее крупным: размеры его по оконтуривающей изогипсе – 2075 м 16-18 км в длину и 8-9 км в ширину.

Платформенный

Мезозойско-третичный чехол ЗСП закрыт почти сплошным плащом четвертичных отложений. Вся низменность представляет собой огромную впадину, ограниченную выступами домезозойского фундамента.

Структуру рассматриваемого месторождения осложняет Пимский вал, выделяющийся в южной части Сургутского свода. Последний, в свою очередь, осложняет северо-западную часть Хантыйской антеклизы, отнесенную к внутренней области ЗападноСибирской плиты. Усть-Балыкская и Солкинская структуры выделены в состав вала, осложняющего центральную часть Сургутского свода. Данный свод выделяется в пределах СреднеОбской антеклизы, ограниченной глубинными разломами субмеридиального простирания.

Основная часть Усть-Балыкского поднятия осложнена 5 куполами. Наиболее контрастные купола – поднятия с крупными, изрезанными крыльями и вершинами. Центральный и северный купола с более плавными очертаниями крыльев и сводов погружены относительно друг друга на 15 м. На такую же величину погружен свод центрального купола по сравнению с южными куполами. На общем фоне описываемого поднятия низкие структурные отметки отмечаются в зоне сочленения куполовидных форм, характеризующихся развитием седловин и структурных ложбин. Ориентировка отрицательных форм в зоне сочленения южных куполов поднятия северо-восточная, в зоне сочленения их с центральным куполом и последнего с северным куполом – северо-западная. Такие простирания отмеченных погруженных зон, которыми согласуются ориентировка

положительных локальных форм (их осложнений), позволяет выделить в пределах поднятия 4 тектонические зоны, приподнятые участки которых соответствуют куполовидным формам.

Структурные несоответствия локальных форм, новообразования некоторых из них или исчезновение, изменение простираций их осей и пр. связываются в основном с участками сочленения выделенных тектонических зон в пределах описанных поднятий. Имеется основание предполагать блоковое развитие фундамента центральной и южной зон Сургутского свода.

Юрская система

Нижне и среднеюрский отдел этой системы (тюменская свита) сложены мощной (320-330 м) толщей песчаников, алевролитов. Мощность песчаных прослоев, колеблется от 5 см до 5 м, прослой не выдержаны, замещаются. Верхнеюрский отдел представлен двумя свитами – абалакской и баженовской, сложенными преимущественно аргиллитами, с прослоями песчаников и алевролитов в первой.

Породы юрской системы интересны признаками нефти в маломощных песчаных прослоях абалакской свиты и битуминозностью нередко трещиноватых аргиллитов баженовской свиты. Общая мощность юрских отложений 375- 435м.

Меловая система

На Усть-Балыкском месторождении меловая система представлена осложнениями валанжинского, готерив-барремского, апт-альбского и сеноманского ярусов.

Валанжинский ярус сложен осадками мегионской свиты и правдинской пачки вартовской свиты. Отложения мегионской свиты – преимущественно глинистые породы, с небольшим количеством песчаных прослоев в ее нижней и верхней частях. Песчано-алевролитовые породы в нижней части выделяются в ачимовскую пачку. Для этой части разреза характерно частое чередование песчаников, мелкозернистых алевролитов – средне сцементированных, пропитанных нефтью, и аргиллитов. В верхней песчаной пачке – южно-балыкской, в самых ее верхах, прослеживается пласт БС₁₀ – один из промышленно

нефтеносных пластов месторождения. Верхняя часть валанжинского яруса сложена песчаными пластами правдинской пачки вартовской свиты. Здесь залегают пласты БС 7,8,9. Общая мощность осадков валанжинского яруса 440 – 450 м.

В нижней части готерив–барремского яруса выделена усть–балыкская пачка, представленная чередованием песчаников, алевролитов и аргиллитов. Среди них выделяются шесть основных песчаных с хорошими коллекторскими свойствами (БС₁ – БС₆) с пятью верхними (БС₁- БС₅) в связаны основные промышленные запасы месторождения. Мощность пачки 94 – 122 и Усть–Балыкская пачка перекрыта пимскими глинами, однородными по литологическому составу общей мощностью 29 – 42 м. Они являются покрывкой для нефтяных пластов.

Верхняя часть яруса – вартовская пачка – сложена чередованием песчаников, алевролитов, аргиллитов. В ее пределах выделены песчаные пласты АС₄ – АС₁₁. Песчаники и алевролиты готерив–барремского яруса светло-серые, мелко– и среднезернистые, полимиктовые с редкими зернами глауконита. Общая мощность готерив–барремских отложений – 400 – 440 м.

Нижняя часть апт–альбского яруса сложена пачками глин алымской свиты (нижнеалымская, кошайская, чернореченская; последняя с прослоями алевролитов), хорошо выдержанных по площади. Мощность алымской свиты 100 - 110 м. Наиболее значительную по мощности верхнюю часть яруса (около 550 м) составляет чередование мощных песчаных водообильных пластов и глин – это нижняя часть покурской свиты, объединяющей мощную 800-метровую песчанистую толщу между алымскими глинами и вышележащим туронским ярусом.

Сеноманский ярус – составляет верхнюю часть покурской свиты. Она так же, как и нижняя, сложена чередованием песков и песчаников с алевролитами и глинами. Мощность этих отложений 250м. Отложения туронского, коньякского, сантонского и кампанского ярусов представлены глинами морскими (турон), опековидными и участками алевролитистыми. Глины маахрихтского и датского

ярусов (ганькинская свита) – известковистые, однородные. Общая мощность этих отложений 185 – 270 м.

Палеогеновая система

В составе палеогеновых отложений выделяются талицкая, люлинворская, чеганская, атлымская, новомихайловская и туртасская свиты. Первые

три свиты, как и нижележащие отложения, представлены глинами, местами алевритистыми, опоковидными, Атлымская свита сложена песками, сверху переходящими в вязкие глины. Новомихайловская и туртасская свиты – неравномерно чередующиеся пески, алевролиты и глины. Мощность палеогеновых отложений 500 – 680 м.

Неогеновые отложения в разрезе отсутствуют.

Четвертичная система

Четвертичные отложения ложатся на сильно размывтые породы верхнего олигоцена. В нижней части это озерно – аллювиальные отложения, лесовидные суглинки и пески. В верхней части – отложения болотные и озерные – торфы, реже или алевриты. Мощность четвертичных отложений от 18 до 30 метров.

Характеристика продуктивных пластов

Горизонт БС₁₀

В 1987 году в процессе разработки горизонта БС₁₀ выявлена небольшая залежь пласта БС₆ в центральной части месторождения. Площадь нефтеносности – 366 га. Основная часть залежи (79%) – водонефтяная зона. Пласт представлен чередованием слоев песчаников, алевролитов и аргиллитов. Продуктивный горизонт БС₁₀ залегает в верхней части южно-балыкской пачки, сложенной песчано-алевролитовыми породами. От выше залегающих водоносных пластов БС₆, БС₉ отделяется аргиллито-алевролитистыми породами чеускинской пачки.

Здесь также выдержанные глинистые прослой в разрезе секут всю песчано-глинистую толщу горизонта БС₁₀, как бы по диагонали, т.е на запад, северо-запад площади они погружаются, а в направлении на восток, юго-восток постепенно поднимаются к кровле толщи.

Глубина залегания горизонта – 2480м, площадь нефтеносности – 20638 га. Более 60% скважин имеют нефтенасыщенную толщину от 8 до 14 м. Максимальная нефтенасыщенная толщина – 18 м. В среднем нефтенасыщенная толщина – 9,6 м.

Коллектор среднепроницаемый – 103 мД, прерывистый. Пористость 0,21, нефтенасыщенность – 0,63. Отметка ВНК – а.о. 2395 м.

Глубина залегания горизонта – 2480 м, площадь нефтеносности – 20638 га. Более 60% скважин имеют нефтенасыщенную толщину от 8 до 14м. Максимальная нефтенасыщенная толщина – 18м. В среднем нефтенасыщенная толщина – 9.6 м.

Коллектор среднепроницаемый 103 мД, прерывистый. Пористость 0,21, нефтенасыщенность – 0,63. Отметка ВНК- а.о.2395 м.

В таблице 2.3 представлены физико-химические свойства и состав флюидов и газов пласта Нефть продуктивного горизонта БС₁₀.

Таблица 2.3 – Свойства пластовой нефти горизонта БС₁₀ .

Пластовое давление, МПа	23,1
Пластовая температура, °С	73
Давление насыщения, МПа	8,8
Газосодержание, м3 /т	57,2
Газовый фактор, м3 /т	53,3
Объёмный коэффициент	1,147
Плотность нефти, кг/м3	815
Объёмный коэффициент при условиях сепарации	1,130
Вязкость нефти, мПа × с	3,22
Коэффициент сжимаемости 1/мПа × 10 ⁻⁴	10,0

Таблица 2.4 – Физико-химические свойства разгазированной нефти горизонта БС₁₀

Плотность, кг/м3	879,8
Вязкость, мПа × с, при 20°С	27,0
При 50°С	9,3
Температура застывания, °С	-5
Температура насыщения нефти парафином, °С	30,6

Температура плавления парафинов, °С	54
Температура начала кипения нефти, °С	72

Низкопродуктивные залежи

На Усть-Балыкском месторождении нефтеносность выделена в низкопродуктивных отложениях ачимовской пачки и пласте Ю2. Контуры нефтеносности в плане не совпадают. Распространены по площади маленькими обособленными залежами разной величины.

Наличие обширных зон полной глинизации подтверждается пробуренными скважинами.

Ачимовская толща

Залежи нефти в ачимовской толще приурочены к песчаным пластам берриасс-валанжинского возраста, встречающимся неравномерно, как по площади, так и по разрезу.

Отложения ачимовской толщи имеют сложное строение, что связано с условиями их осадконакопления. Формирование осадков толщи происходило под влиянием донных морских течений в период активного тектонического режима на краевых зонах шельфа.

Вся толща ачимовских пород горизонта БС10 разделена на 4 объекта, к которым приурочены соответствующие пласты по стратотипу – БС16, БС17, БС18, БС19-20. Каждый из пластов имеет собственный ВНК.

Характерной особенностью продуктивных пластов ачимовской пачки является литолого-фациальная невыдержанность и низкие фильтрационные свойства.

В целом для ачимовских пород характерны повышенная карбонатность, высокое содержание полевых шпатов и хлористого цемента, в основном пленочного типа.

2. Общая информация и обзор литературы по исследованию двухфазных потоков

Вопросы, связанные с моделированием диффузных течений, возникают во многих задачах, особенно при моделировании течений в нефтегазовых технологических устройствах. Твердые частицы дисперсной фазы и их динамика в потоке существенно влияют на структуру потока. Существует несколько подходов к моделированию этих течений, однако проблемы, связанные с динамикой потоков нефти в эксплуатационной колонне и движением твердых частиц, сегодня плохо изучены. Особый интерес моделирования жидкостей, содержащих твердые частицы, заключается в возможности прогнозировать области с высокой концентрацией твердых частиц и их влияние на части центробежного насоса.

В этой главе мы рассмотрим поведение частиц в турбулентных потоках и их влияние на характеристики течения сплошной среды.

2.1 Характеристика различных фаз потоков в колоннах труб нефтяных скважин

а) однофазные потоки.

К основным характеристикам турбулентных или ламинарных течений жидкости с твердыми частицами и их распределению по поперечному сечению канала относятся: средние скорости и энергия режима течения и его спектр [2].

Распределение средней скорости. Турбулентный поток - это наиболее сложный тип потока и известная среда. когда число Рейнольдса достигает определенных критических значений, переход от ламинарного потока к турбулентному потоку сопровождается потерей гидродинамической устойчивости. Для течения в колонну подъемных труб число Рейнольдсов имеет форму;

$$Re = \frac{U_x d}{\nu}, \quad (2.1)$$

$\langle U_x \rangle$ – средняя скорость;

d – диаметр трубы;

ν – коэффициент кинематической вязкости.

Профиль скорости в трубах в ядре описывается степенной зависимостью:

$$\frac{U_x}{U_{xc}} = \left(\frac{R-r}{R} \right)^{1/n}, \quad (2.2)$$

Где r – расстояние от оси трубы, а n – функция числа Рейнольдса.

Для турбулентного течения, развивающегося в трубе, показатель степени в законе (1.2) может принимать разные значения (рис.2.1.)

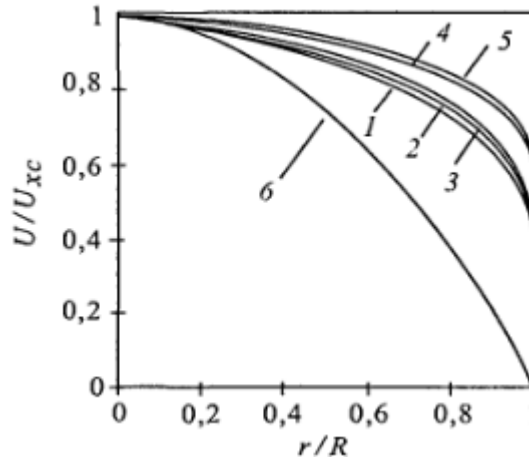


Рисунок 2.1– Распределения осредненных скоростей при турбулентном течение жидкости в трубе [2].

б) двухфазные потоки.

характеристики двухфазных потоков, такие как диаметр частиц и физическая плотность, определяют динамическую и тепловую инерцию дисперсной фазы. Динамическая инерция частиц определяется временем их релаксации, которое имеет следующую форму:

$$\tau = \frac{\rho_p d_p^2}{18\mu C} \quad (2.3)$$

Где C – поправочная функция

В выражении (1.3) можно отметить, что инерционность частицы зависит от характеристики жидкости среды, в которой она движется. Таким образом в случае движения частиц ее инерционность зависит от числа Рейнольдса частиц, которые вычисляет по относительной скорости между фазами и размеру дисперсной примеси т. е.

$$Re = \frac{|\vec{U} - \vec{V}| d_p}{\nu}, \quad (2.4)$$

а) **Пример двухфазного потока**

Двухфазные потоки включают системы, состоящие из среды-носителя и дисперсной примеси. В качестве потока-носителя можно использовать жидкости, а дисперсная фаза содержит твердые примеси включения. Под термином «дисперсный» мы будем понимать такое двухфазное течение, в котором общий объем примесей составляет менее нескольких тысячных единицы.

С другой стороны, в некоторых подходах к моделированию полидисперсных потоков твердые частицы одного диаметра могут рассматриваться как отдельные фазы. В нашей работе такой подход не учитывается.

в таблице 1 ниже представлена сводная классификация в соответствии с природой текучей среды-носителя и дисперсной фазы.

Таблица. 1– Примеры двухфазного течения дисперсной фазы

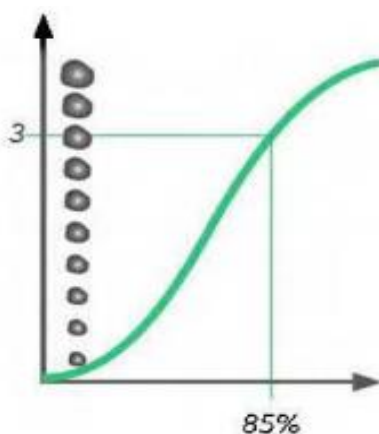
Непрерывная фаза	Дисперсная фаза	Конкретные имена
Газ	Твердый	Аэрозоль Дым Суспензия флюидный слой
	Жидкость	Аэрозоль
Жидкость	Твердый	Суспензия
	Жидкость (несмешивающаяся)	эмульсия
	Газ	Пузырёк

в) Параметры полидисперсной фазы

При изучении потока жидкостей, включающих твердые частицы, необходимо четко определить их характеристики, чтобы проанализировать их влияние.

Размер и распределение частиц: размер частиц может варьироваться от микрона до миллиметра. Это мера процента частиц определенного размера или меньше. Размер частиц определяется путем сортировки твердых частиц через сито с различным размером ячеек, после чего каждая фракция взвешивается. Гранулометрическая кривая может быть построена для представления

распределение частиц. Кривая на рисунке 1.1 показывает, что 85% твердых частиц имеют диаметр, равный 3 мм или менее.



Рисунке 2.2 – Гранулометрическая кривая $d_{85} = 3\text{мм}$

Все дисперсные частицы можно разделить на три группы по размеру.

- ультратонкий (менее 1 мкм)
- тонкий (до 1 мм)
- Грубый (1 мм ... 1 см)

В [3] выполнен теоретический анализ потока нефте-песчаной смеси, взвешенной в горизонтальной скважине. Для этого были разработаны феноменологические модели для прогнозирования профилей падения давления, которые являются одним из ключевых параметров для оптимизации конструкции горизонтальной скважины в коллекторе.

На рисунке (2.3) показано влияние размера частиц песка и скорости загрузки частиц песка на профили давления для предложенной модели. На рисунке (2.3) показаны профили давления для различных размеров песчинок, которые показывают, что влияние диаметра частиц на профили давления в стволе скважины может быть очень большим с увеличением размера частиц песка.

Более крупный размер частиц приведет к увеличению перепада давления по длине ствола скважины, поскольку в системе жидкости и твердых частиц преобладают силы сопротивления межфазного трения, взаимодействия стенок ствола скважины с потоком твердых частиц, столкновения частиц с частицами и дисперсионные силы. Сила сопротивления обратно пропорциональна диаметру частицы и прямо пропорциональна скорости скольжения. Сравнение различных

значений размера твердых частиц, использованных в этом исследовании, показывает, что уменьшение профиля давления в стволе скважины происходит быстрее для более крупных частиц.

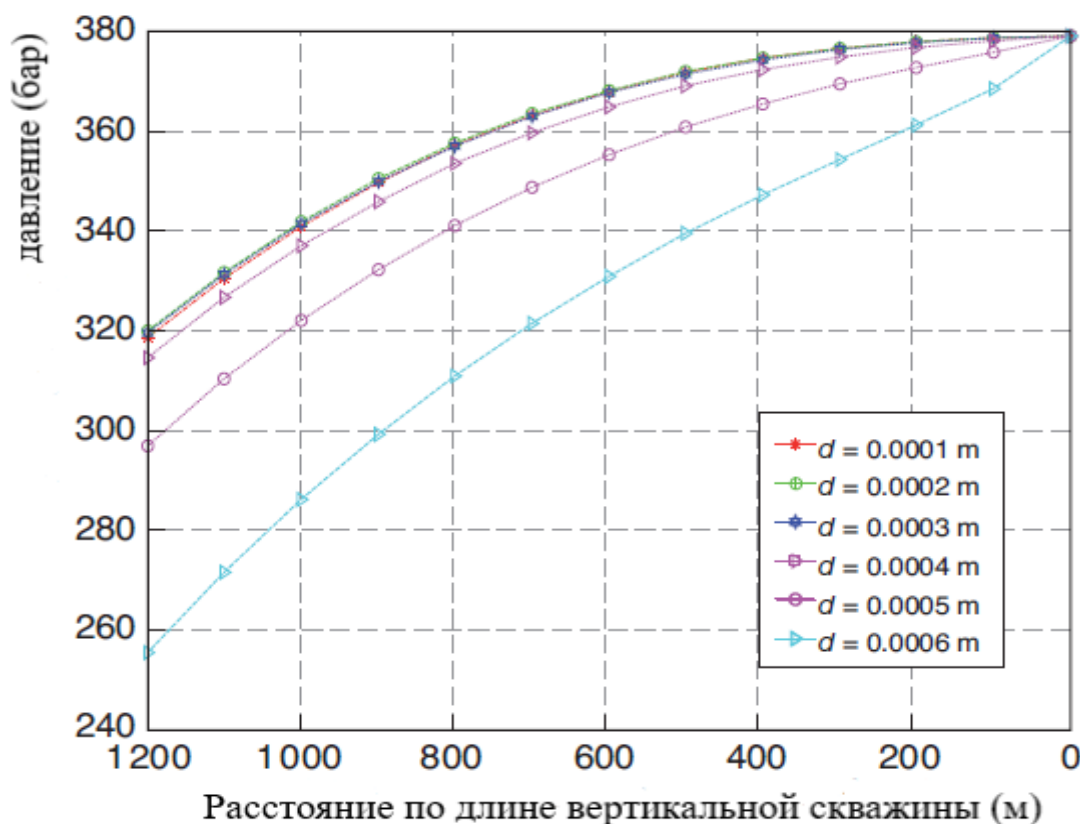


Рисунок 2.3 – Профили вертикального давления в стволе скважины для разной крупности частица [3].

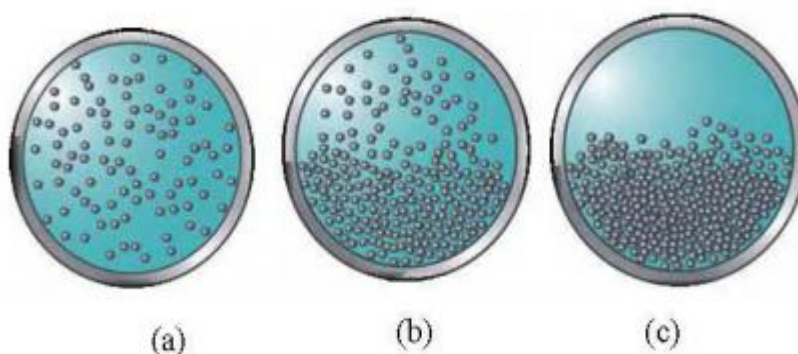
Концентрация твердых частиц: Концентрация представляет собой экстенсивные характеристику двухфазных потоков. Ее можно измерять как в процентах от объема, так и по весу. В некоторых исследованиях показаны, что чем ниже расход скважины, тем выше концентрация твердых частиц в основном образуется на стенке производственной колонны.

Форма частиц: очень важна для поведения жидкости, содержащей частицы, во время насосной эксплуатации, а также для оценки износа стенок насоса и гидравлических каналов. Форм-фактор характеризует отклонение твердых частиц от идеальных сфер. Однако большинство существующих эмпирических корреляций для прогнозирования характеристик насоса, когда он перекачивает жидкость с твердыми частицами, получены в предположении, что частицы являются сферами.

2.2 Характеристики жидкости, содержащей твердые частицы

В зависимости от поведения твердых частиц в воде и гранулометрического состава различают следующие типы твердых жидких смесей:

- однородные смеси; в котором твердые частицы остаются во взвешенном состоянии в течение длительного времени. Рисунок 2.4а
- псевдооднородные смеси; частицы остаются в суспензии, но с более высокой концентрацией внизу. Рисунок.2.4. б
- - гетерогенные смеси; в котором твердые частицы распределены неравномерно, а концентрация внизу очень велика. Рисунок 2.4с.



Рисунке 2.4 – Распределение твердых частиц в несущей фазе; псевдо-однородная смесь (а), гетерогенный частично расслоенный (б) и гетерогенный, полностью расслоенный (в).

Влияние твердых частиц на течение жидкости

В [4] было проведено исследование распределения частиц в стволе скважины. Рисунок (2.5) показывает, что в центральной части потока, как правило, преобладают твердые частицы, и структурное распределение взвешенных частиц не упорядочено. Но также наблюдается накопление определенной фракции взвешенных частиц в нижней части входа рассматриваемый участк скважины.

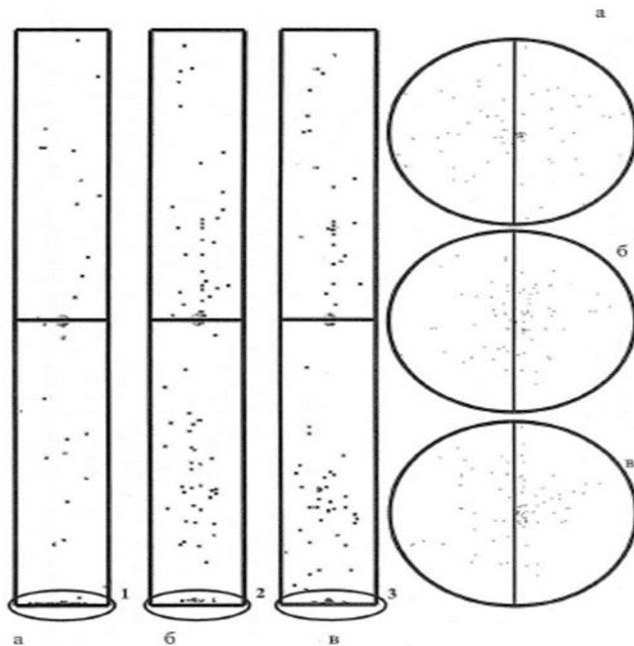


Рисунок 2.5 – Распределение частиц на стволе скважины.
 масса частиц $7,0 \cdot 10^{-4}$ кг/с (а); $4,0 \cdot 10^{-4}$ кг/с
 (б); $1,5 \cdot 10^{-4}$ кг/с (в) [4].

Как показано на рисунке 2.5 (зоны 1, 2, 3), плотность скопления уменьшается вслед за уменьшением скорости массового потока твердых частиц на входе в секцию, но также с увеличением массового расхода из-за ' повышенное содержание частиц. Это явление можно объяснить разным фракционным составом твердых частиц. Так, в работе [4] показано, что при дебите около $100 \text{ м}^3/\text{сутки}$ определенные частицы большей массы задерживаются фильтром и не уносятся потоком нефти.

В [3] диффузия несущей фазы использовалась для изучения поведения турбулентности несущей фазы в присутствии твердых частиц. влияние твердых частиц вблизи оси трубы не повлияло на интенсивность турбулентности, однако лагранжев интегральный масштаб турбулентности уменьшился.

Малоинерционные частицы, присутствующие в равновесном потоке, полностью следуют турбулентным импульсам скорости потока несущей фазы. Следовательно, профиль средней скорости этих частиц будет точно таким же, как профиль несущей фазы.

Соответственно, обратное влияние твердых частиц турбулентности несущей фазы (особенно на распределение средней скорости) также не является

значительным. С увеличением концентрации этих частиц должно возрастать их влияние на несущий поток.

Однако в [3] исследования показали, что увеличение концентрации твердых частиц приведет к изменению интенсивных физических свойств гетерогенной среды. Плотность твердых частиц намного выше плотности потока несущей жидкости, т.е. $\bar{\rho} = \frac{\rho_p}{\rho} \geq 10^3$, поэтому увеличение концентрации дисперсной фазы сопровождается увеличением «эффективная» плотность гетерогенного потока.

Определяем эту характеристику следующим образом:

$$\rho_e = \rho + \varphi \rho_p, \quad (2.5)$$

Выбранные частицы песка имеют различные физические характеристики, которые имеют отношение к изучению влияния плотности частиц на перепады давления.

На рис. (2.6) показано значительное влияние плотности частиц песка для низких и высоких скоростей жидкости. Более высокая плотность частиц означает более высокую плотность смеси, что приводит к более высокому перепаду давления.

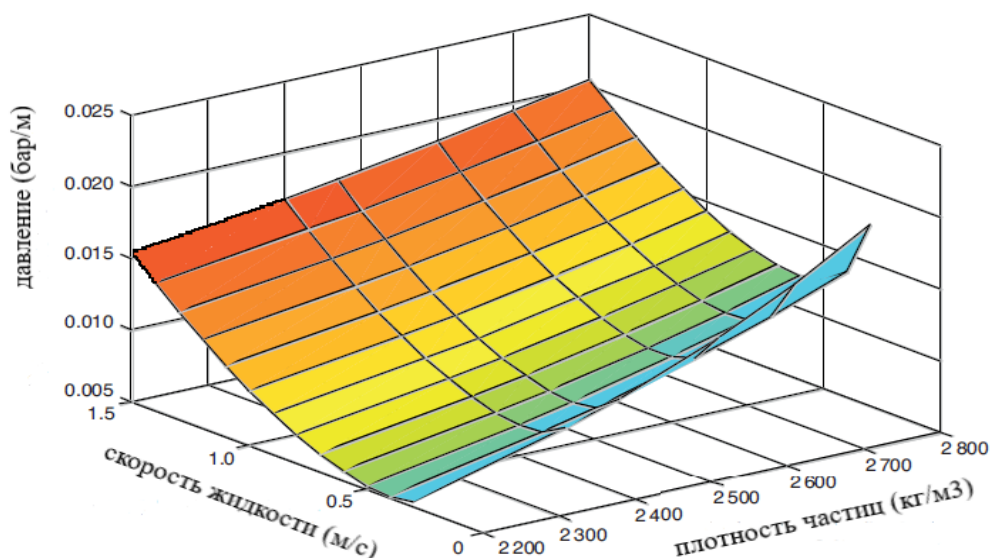


Рисунок 2.6 – Изменение перепада давления со скоростью жидкости для различных значений плотности частиц [3].

Уменьшение кинематической вязкости несущей фазы происходит из-за увеличения его плотности, что может привести к модификации основной физической характеристики турбулентного потока, а именно числа Рейнольдса.

$$v_e = \frac{\mu}{\rho_e}, \quad (2.6)$$

Из (2.4) можно сделать вывод, что присутствие таких частиц малой инерции приводит к увеличению числа Рейнольдса.

2.3 Силы действующие на твердую частицу в сплошном потоке

Для изучения движения частицы в потоке и, в частности, вблизи предельной поверхности необходимо учитывать все силы, действующие на твердую частицу. Сравнительное изучение этих сил также необходимо для изучения траекторию движения твердых частиц в потоках жидкости.

Характер движения частиц в сплошной среде имеет первостепенное значение для разделения фаз и массопереноса. При изучении этих процессов [5, 6] необходимо учитывать совокупность всех сил, действующих на твердую частицу.

Уравнение движения частицы в цилиндрической системе координат r, ϕ, z имеют следующую вид [6]:

$$\begin{aligned} m_a \left(\frac{dV_r}{dt} - \frac{V_\phi^2}{r} \right) &= F_r - F_\Pi, \\ m_a \left(\frac{dV_\phi}{dt} + 2 \frac{V_\phi V_r}{r} \right) &= F_\phi - F_{TP}^\phi, \\ m_a \frac{dV_z}{dt} &= m_a g + F_z + F_{TP}^z + F_A \end{aligned} \quad (2.7)$$

На рис. 1 показаны различные силы, действующие на твердую частицу в турбулентной жидкости.

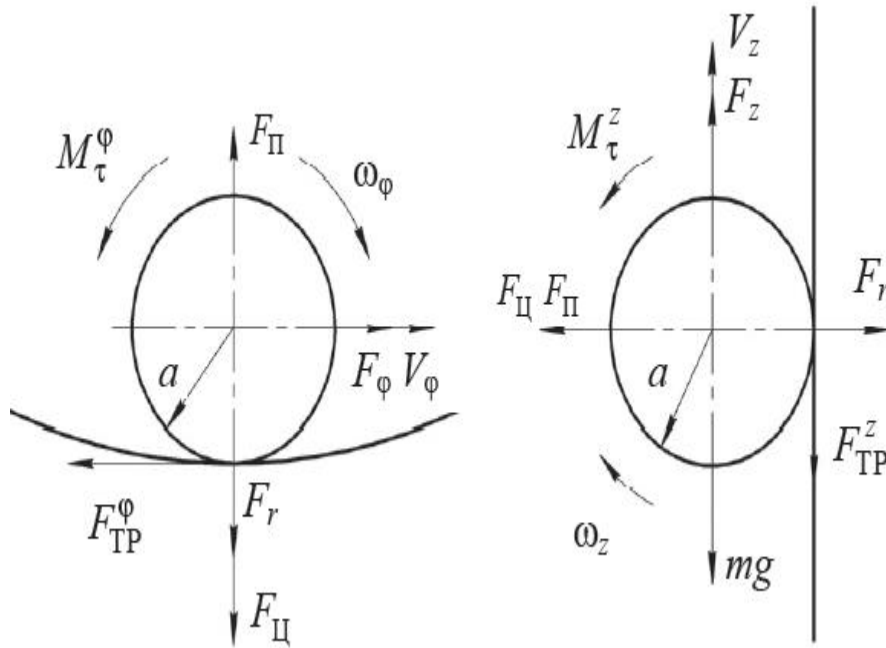


Рисунок 2.7– Схема сил действующих на частицу

- Сила тяжести – сила воздействия внешних силовых полей

$$F_g = m_a g = \rho_a V_a \vec{g}; \quad (2.8)$$

- сила Архимеда

$$\vec{F}_A = \rho_o V_a \vec{g}; \quad (2.9)$$

При постоянном градиенте поля скорости потока по сечению твердой частицы, тогда уравнение подъемной силы, направленной по нормали к цилиндрической поверхности, имеет следующий вид:

$$\vec{F}_{\Pi}^N = m_a \left(\frac{1}{r} \frac{\partial W_{\phi}}{\partial r} - 2\omega_z \right) (\omega_{\phi} - V_{\phi}) \vec{e}_r + m_a \left(\frac{1}{r} \frac{\partial W_z}{\partial r} - 2\omega_{\phi} \right) \vec{e}_r. \quad (2.10)$$

- 1) гидродинамическое силовое действие тока, движущегося с определенной скоростью по отношению к частице, будет:

$$\vec{F} = C_D \frac{1}{2} \rho |\vec{W} - \vec{V}| (\vec{W} - \vec{V}) \pi a^2. \quad (2.11)$$

Где C_D – коэффициент сопротивления, который зависит от числом Рейнольдса

Вращательные силы сопротивления, вызванные касательными напряжениями вязкой жидкости на поверхности частицы

$$\vec{M}\omega = 8\pi\mu a^3 \vec{\omega}. \quad (2.12)$$

В крутящий момент получается равна геометрической сумме конститутивных моментов, вытекающих из интенсивности вихря поля скорости несущей среды и вращения жидкой частицы на поверхности частицы.

$$\vec{M} = 4\pi\mu a^3 (\text{rot}\vec{W} - 2\vec{\omega}) = 3\pi V_a (\text{rot}\vec{W} - 2\vec{\omega}); \quad (2.13)$$

μ – коэффициент динамической вязкости, Н · с/м²;

V_a – объем частицы, м³;

силы трения, возникающие в результате контакта движущейся частицы с ограничивающей поверхностью

$$\vec{F}_{\text{ТР}} = -k_{\text{ТР}} |\vec{F}_n| \frac{\vec{V} + \vec{\omega} \times \vec{a}}{|\vec{V} + \vec{\omega} \times \vec{a}|}. \quad (2.14)$$

Где ω – угловая скорость, с⁻¹

сила трения создает крутящий момент.

$$\vec{M}_{\text{ТР}} = -\vec{F}_{\text{ТР}} \times \vec{a}. \quad (2.15)$$

Где $\vec{F}_{\text{ТР}}$ – сила трения, Н;

a – диаметр частицы

Нормальная составляющая включает в себя совокупность всех сил, действующих по нормали к поверхности:

$$\vec{F}_N = -(\vec{F}_g^N + \vec{F}_r + \vec{F}_c + \vec{F}_\Pi^N). \quad (2.16)$$

Где F_g – сила тяжести, Н;

F_Π – подъемная сила, Н;

F_N – нормальная составляющая действующих сил, Н;

Центробежная сила определяется без учета ускорения соединительной массы:

$$\vec{F}_c = m_a \frac{V_\varphi^2}{r}. \quad (2.17)$$

Где m – масса частицы,

V_φ – тангенциальная скорости движущейся частицы соответственно, м/с.

Исследование полученных сил позволяет определить траекторию твердых частиц в жидких потоках, а также движение одиночных частиц в суспензии.

2) Сила Сэфмена. Причина этой силы связана с неоднородностью профиля средней скорости несущей жидкости. Разница в относительных скоростях потока в трубе вокруг частиц с разных сторон приводит к перепаду давления. Движение частиц осуществляется в сторону слабого давления. Сила Сафмана, действующая на твердую частицу при ее движении в ламинарном потоке с линейным профилем скорости, определяется следующим образом:

$$F_S = k_s \vartheta^{1/2} \rho d_p^2 (U_x - V_x) \left(\frac{dU_x}{dr} \right)^{1/2} \quad (2.18)$$

3) Сила Магнуса. Причина наличия этой силы связана с вращением частицы. Когда частицы сложной формы движутся в потоке жидкости, твердые частицы сложной формы всегда совершают вращение. Следовательно, на стороне где направления потока и вращения жидкостных элементов совпадают, давление падает относительно области где эти давления противоположны. Таким образом частица будет двигаться вниз. Величина силы, действующей на частицу при ее вращении в ламинарном потоке с однородным профилем скорости, определяется следующим выражением:

$$\vec{F}_M = k_M \rho \left(\frac{d_p}{2} \right)^3 (\vec{W} \times \vec{\omega}_p) \quad (2.19)$$

Где $\vec{\omega}_p$ скорости вращения частиц

2.4 Ограничение способов моделирования потока жидкости с твердыми частицами

Изучение математических моделей гетерогенных потоков можно разделить на два класса.

а) Эйлеров подход

В методе Эйлера наблюдаются свойства жидкостей как функция времени и пространства. Предполагается, что фазы метода являются непрерывными. Многожидкостные модели подходят для двухфазных потоков жидких и

твердых частиц, поскольку эти две фазы рассматриваются как непрерывный поток.

Модель также может использоваться для моделирования дисперсного потока, где общая область интереса потока может отслеживать каждую отдельную частицу. Объемная доля должна быть высокой, чтобы дисперсная фаза описывалась как континуум. Каждая фаза рассчитывается независимо и для каждой фазы решается система уравнений сохранения. Модель связанных коэффициентов давления и межфазного обмена необходимо смоделировать. Ряд моделей подходит для различных типов потоков, и все они основаны на эмпирических данных и разработаны на основе другой литературы. Модель смеси - это еще один метод Эйлера, в котором фазы рассматриваются как взаимопроникающие континуумы. Однако в модели смеси уравнения переноса основаны на свойствах смеси, таких как скорость смеси или вязкость смеси. Он также решает уравнение количества движения смеси и может также использоваться без относительных скоростей для дисперсных фаз для моделирования однородного многофазного потока (Stenmark, 2013).

б) Лагранжево описание дисперсной фазы

Лагранжев метод исследует твердую частицу для определения ее свойств. Этот метод используется, когда твердые частицы отслеживаются в каждой точке. Затем свойства жидкости определяются по мере движения твердой частицы. Этот метод не имеет определенного пограничного слоя и может отслеживать движение, направление и местоположение твердые частиц, где бы они не двигались.

2.5 Механические примеси

2.5.1 Технические методы борьбы с механическими примесями

Техническими методами борьбы с проявлением песка являются: внедрение фильтров, устанавливаемых на забое скважины, особых хвостовиков, песочных якорей, циклонов, различных сетчатых и проволочных фильтров, установок для сепарации, расположенных на приёме насоса.

а) Фильтры, устанавливаемые на приеме насоса

Одним из самых распространенных и эффективных способов защиты ГНО от воздействия мехпримесей служит установка на приеме насосных установок специальных фильтров.

Погружной сепаратор механических примесей ПСМ (рисунок 2.8), разработанный РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина (изготовитель ЗАО «Новомет-Пермь»), устанавливается в нижней части погружной установки. В этом случае компоновка должна включать в себя так называемый двусторонний ПЭД, две гидрозатворы.

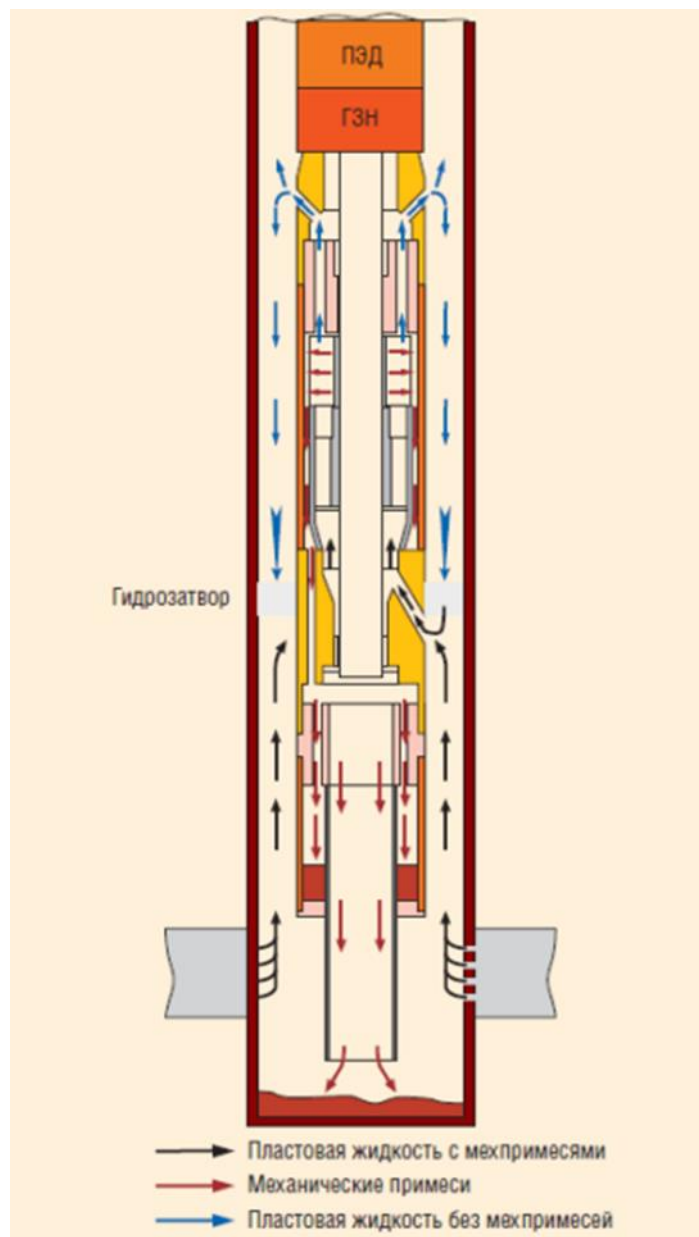


Рисунок 2.8 – Погружной сепаратор механических примесей ПСМ

Принцип действия следующий: Поток добываемой продукции поступает из пласта в скважину и затем на прием центробежного сепаратора. Во

вращающемся роторе сепаратора происходит отделение твердых частиц от жидкости в поле центробежных сил.

Преимущества данного устройства заключаются в том, что при его использовании после сепарации частицы накапливаются в контейнере, обеспечивается защита УЭЦН от пикового выноса механических примесей из пласта при пуске УЭЦН, производится двухступенчатая сепарация газа, возможна обработка жидкости ингибитором солеотложения. Основной недостаток — сложная конструкция.

Скважинный фильтр-кожух для УЭЦН производится ООО «Привод-Нефтесервис» по проекту ОАО «ЛУКОЙЛ-Пермь» (рисунок 2.9). Фильтр выполнен в виде кожуха (труба диаметром 130 мм с нижней перфорированной частью), который распространяется только на длину установки УЭЦН, захватывающую часть ЭЦН чуть выше приемной сетки, на одном конце которой находится приемная сетка увеличенной площади, на другом — муфта для крепления фильтра к ЭЦН.

К преимуществам фильтра-кожуха можно отнести улучшенное охлаждение ПЭД, а также собственно способность предотвращать засорение ГНО мехпримесями. Главный недостаток конструкции в том, что ее невозможно применять для эксплуатационных колон диаметром менее 168 мм. И в целом фильтр-кожух увеличивает общий диаметральный габарит, а значит, возникает проблема с подготовкой скважин. То есть в данном случае имеют место все известные недостатки, связанные с применением кожухов.

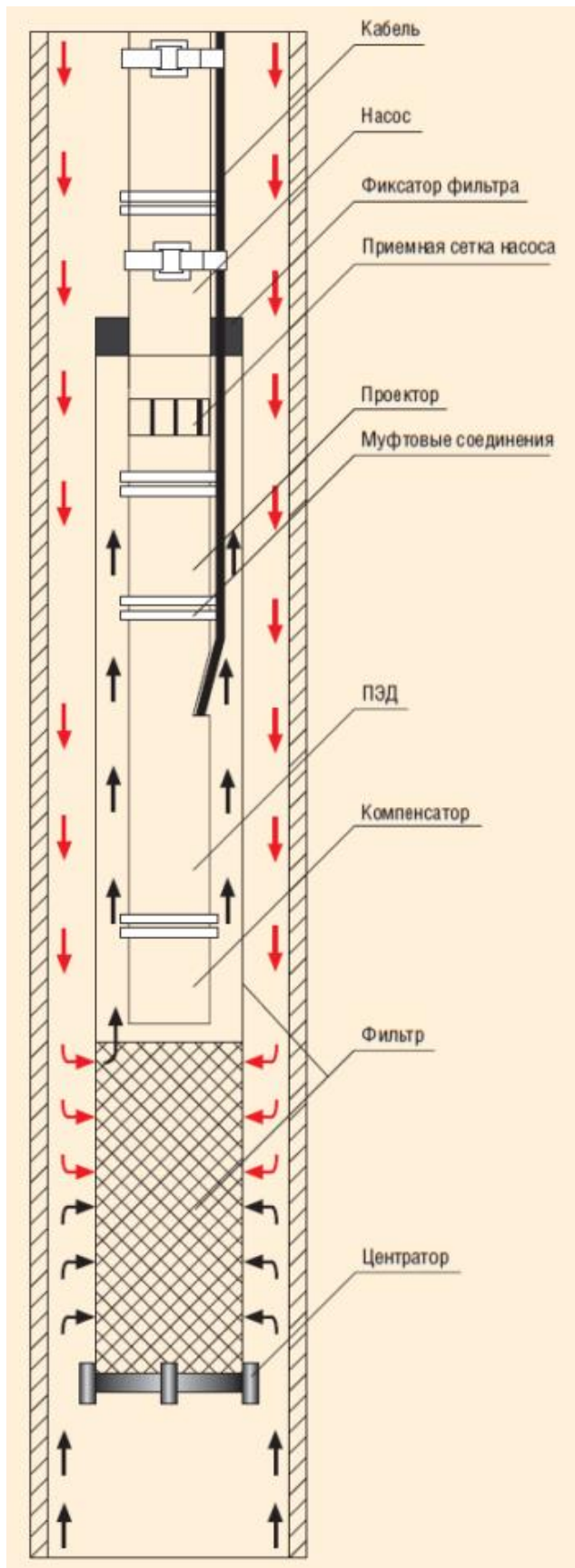


Рисунок 2.9 – Скважинный фильтр-кожух для УЭЦН

2.5.2 Сложности добычи углеводородов, связанные с образованием механических примесей

Анализ динамики содержания механических примесей в скважинах показывает, что ни в одной скважине нет стабильно высокого или стабильно низкого выноса примесей. Как правило, их высокое содержание твердых частиц (500-1000 мг/л) характерно для процесса пуска скважин после ремонта. Это особенно заметно в скважинах с оптимизацией работы оборудования, где поток пластового флюида увеличивается относительно потока до проведения мероприятия.

Методы удаления механических примесей из жидкости и снижения их концентрации на входе в ЭЦН становятся все более популярными в нефтегазовой отрасли. Именно в этом контексте, ООО «РН-Юганскнефтегаз» использовали гравитационный отстойник ЮНПБС производства трубной базы ООО «ЮНПБС» (г. Нефтеюганск).

Из-за низкой эффективности гравитационной сепарации и быстрого засорения элементов центробежного насоса проблема остается нерешенной.

Следовательно, необходимо изучить динамику твердых частиц в центробежных насосных системах, чтобы определить эффективный сепаратор механических примесей. На ООО месторождениях «РН-Юганскнефтегаз» размер твердых частиц в составе осадка, засоряющих небольшие насосы, составляет в среднем всего несколько десятков микрон [8]. Эффективное отделение таких частиц может быть обеспечено только в зоне действия центробежных сил.

Поэтому актуальным становится вопрос создания современных и надежных приемных устройств, погружных установок, способных работать в скважинах с дополнительными условиями с интенсивным удалением твердых частиц [9].

2.6 Ограничения, связанные с повреждением эксплуатационной колонны

Конструкция колонны подъёмных труб нефтяной скважины основана на эмпирических корреляциях, полученных из экспериментальных данных. Эти эмпирические корреляции подвержены неопределенности, поскольку условия отклоняются от базы данных, которая их поддерживает. Доступно мало экспериментальных данных в различных ограниченных условиях из-за сложности методов измерения. Поэтому необходимо понимать поведение песка в двухфазных потоках в эксплуатационных колоннах.

Некоторые исследователи сообщили об отсутствии данных о поведении двухфазного потока (e.g., Lareo et al., 1997(a); Fairhurst, 1998; Fairhurst et al, 2001; Chakrabandhu and Singh, 2005; and Legrand et al, 2007). Отсутствие достаточных данных может быть связано с тем, что двухфазные потоки, как правило, сложны, и их поведение определяется рядом факторов, которые приводят к целому ряду режимов потока. Эти факторы включают размер частиц, плотность, концентрацию, скорость потока, диаметр трубы, ориентацию, а также физические и реологические свойства жидкости-носителя. Основным фактором, влияющим на текучесть смесей твердое вещество-жидкость, являются реологические свойства жидкости-носителя; В этом исследовании было признано, что реологические свойства сырой нефти (то есть высоковязкой нефти) наряду с присутствием других флюидов при добыче тяжелой нефти из пласта могут привести к тому, что данные о чистых флюидах-носителях, таких как вода, далеки от реальности. Большая часть задокументированных данных о потоке твердой и жидкой фаз относится к мелкодисперсным водным осадкам.

Подъем твердых частиц в эксплуатационных колоннах нефтяных скважин - давняя проблема, которая породила такие решения, как фильтрация и исключение песка. Одним из недостатков этих методов борьбы с пескопроявлением являются потери добычи и сокращение срока службы скважины. Тем не менее, подход к управлению выносом песка, который

позволяет транспортировать песок с другими пластовыми флюидами, показал, что он увеличивает производительность и снижает эксплуатационные расходы.

С другой стороны, управление подъемом песка ограничено и очень проблематично; отложение песка, которое приводит к коррозии трубы (рисунок.3), происходит при низком расходе и даже вызывает закупорку скважины, но также при очень высоких производственных расходах эрозия труб становится неизбежной.

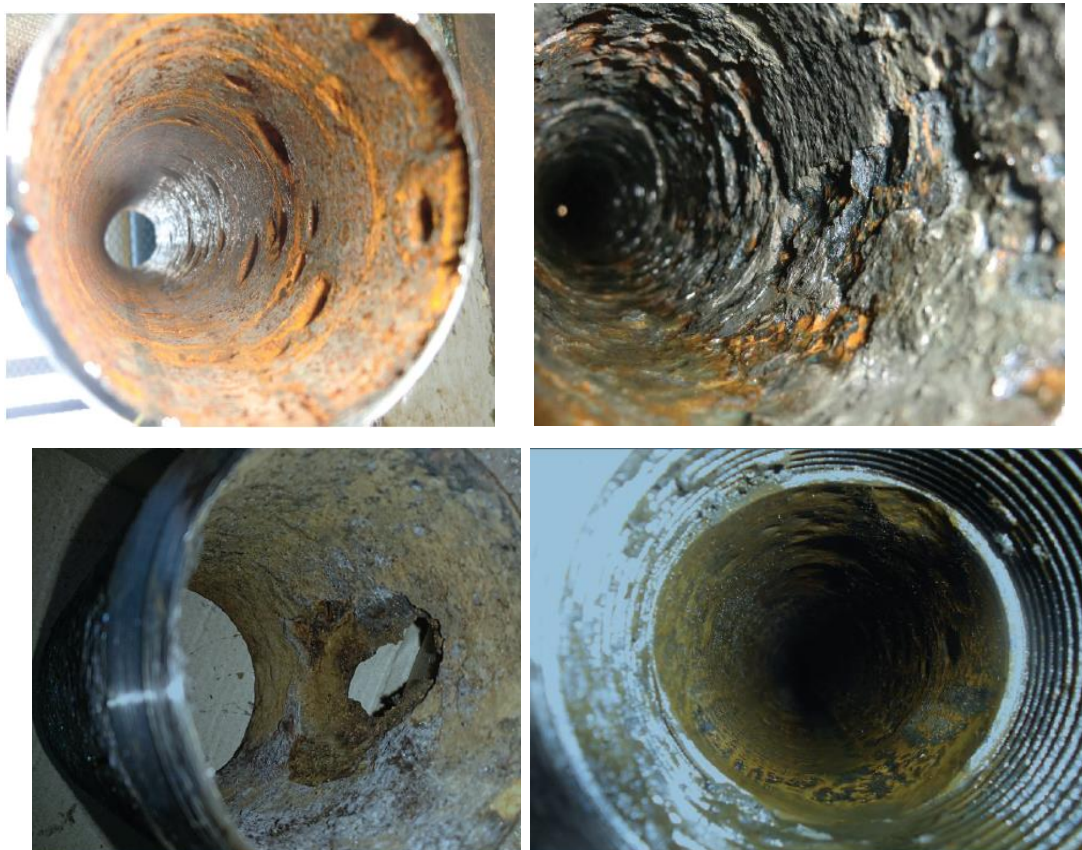


Рисунок 2.11– Коррозионное разрушение насосно-компрессорных труб [10]

2.7 Исследования частиц, которые могут оказывать негативное воздействие на насосы

Борьба с повышением механических примесей в нефтяных и газовых скважинах становится все более актуальной на месторождениях с песчаными скважинами. Было показано, что использование фильтров более эффективно для предотвращения попадания частиц в центробежные насосы. Однако определенные частицы могут существенно повлиять на износ рабочих частей насоса [11].

Чтобы идентифицировать частицы, которые могут вызвать отрицательное воздействие на центробежные насосы, в Усть-Балыкском нефтяном месторождении был оценен гранулометрический состав механических частиц, подаваемых в скважину. Результаты этой оценки представлены в виде гистограмм. на рисунке 2.12-2.14 видно, что 90% твердых частиц представляют собой частицы размером от 200 до 900 мкм, которые отрицательно влияют на работу насосов.

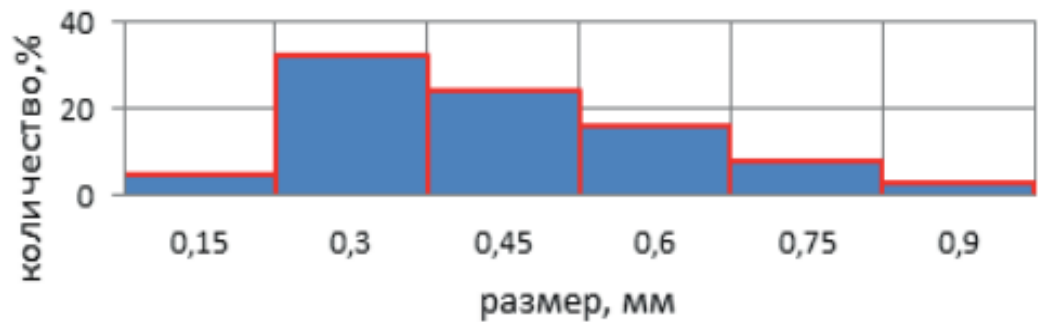


Рисунок 2.12 – Распределение частиц по размеру в скважине № 1

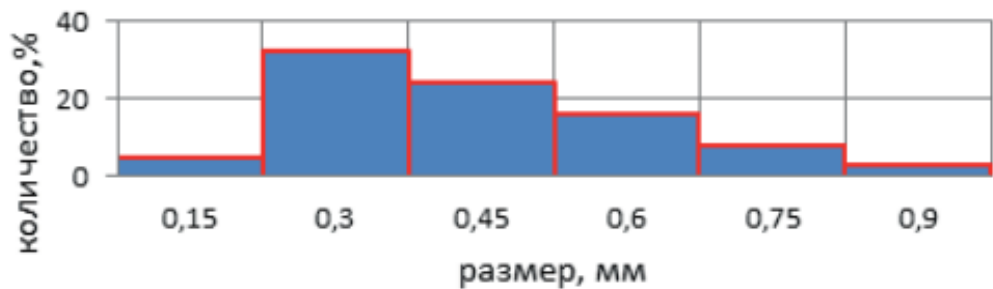


Рисунок 2.13 – Распределение частиц по размеру в скважине № 2

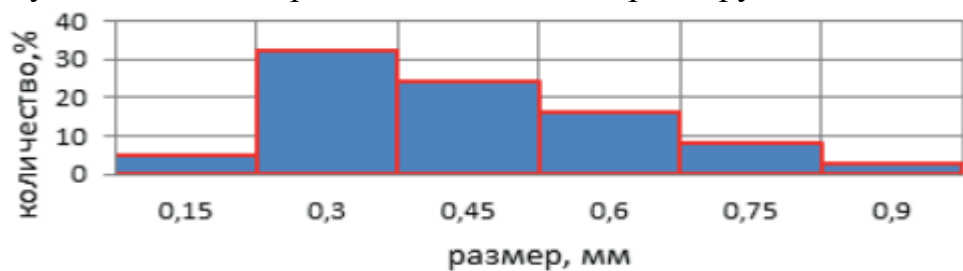


Рисунок 2.14 – Распределение частиц по размеру в скважине № 3 [11].

3 Постановка задачи и основные уравнения

3.1 Основные уравнения

В работе исследуется стационарное изотермическое осесимметричное течение суспензии в круглой эксплуатационной колонне нефтяной скважины, оборудованных погружными установками электроцентробежного насоса (УЭЦН). Для моделирования процесса работы скважины рассматривается совместная система «межтрубное пространство-скважина-УЭЦН». (рис.3.1).

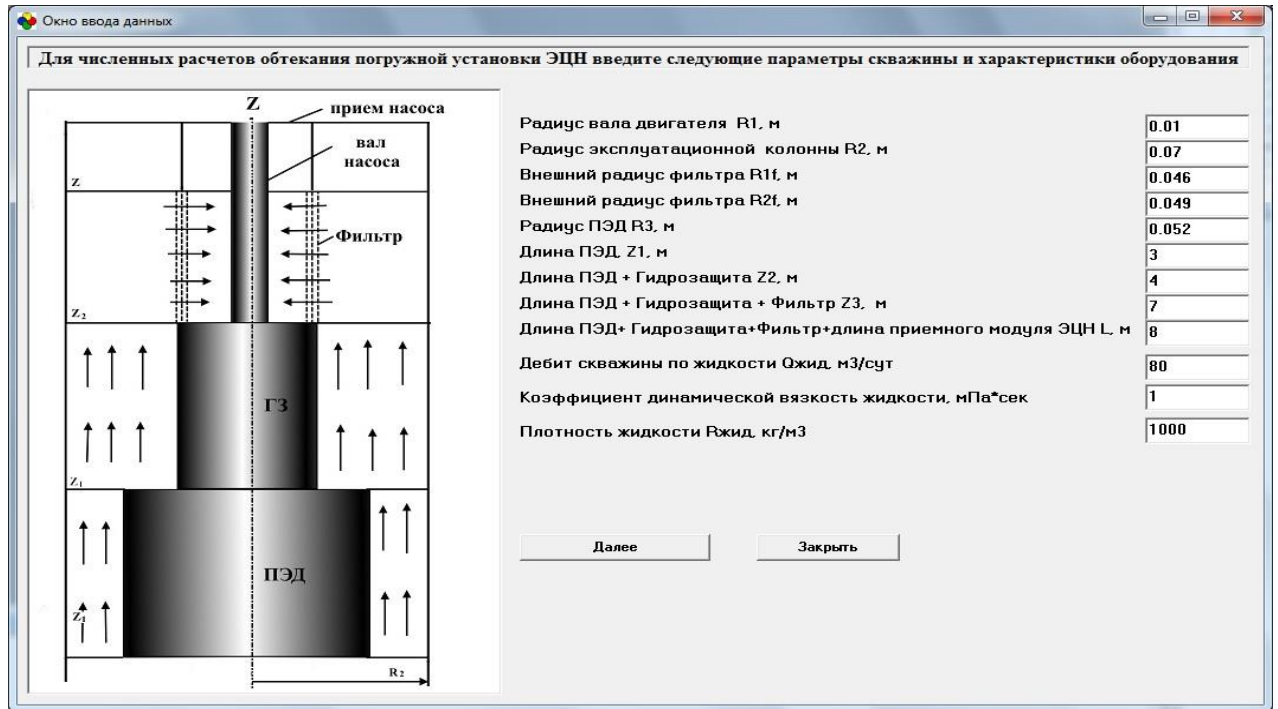


Рисунок 3.1 – Схема установки и расчетная область задачи

Мы будем предполагать, что концентрация механических примесей довольно низкая и что пластовая жидкость не содержит свободного газа. В этом случае неустойчивое течение смеси воды и нефти в вертикальной трубе в осесимметричном приближении с одной скоростью описывается уравнениями Навье-Стокса [12–15]:

$$r \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial r} (ru) = 0 \quad (3.1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial r} + v \frac{\partial u}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r} + \frac{1}{\rho} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(2\mu r \frac{\partial u}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\mu \left(\frac{\partial v}{\partial r} + \frac{\partial u}{\partial z} \right) \right) \right) + F_r, \quad (3.2)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial r} + v \frac{\partial v}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + \frac{1}{\rho} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \mu r \left(\frac{\partial v}{\partial r} + \frac{\partial u}{\partial z} \right) \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(2\mu \left(\frac{\partial v}{\partial z} \right) \right) + F_z, \quad (3.3)$$

Где:

t – время,

r и z – радиальная и вертикальная координаты

, ρ – плотность жидкости,

u и v – радиальная и вертикальная компоненты скорости,

p – давление жидкости,

μ – коэффициент динамической вязкости водонефтяной смеси,

F_r и F_z – проекции внешних сил, отнесенных которые действуют на жидкость.

плотность водонефтяной смеси определяется как:

$$\rho = w_c \rho_w + (1 - w_c) \rho_0, \quad (3.4)$$

w_c – объемная доля воды.

вязкости жидкости имеет следующий вид [16]:

$$\mu = C_\mu \mu_1 + (1 - C_\mu) \mu_2, \quad (3.5)$$

где μ_1 – вязкость эмульсии (вода, а дисперсной нефть) [17],

μ_2 – не эмульсионная вязкость смеси,

$$\mu_2 = w_c \mu_w + (1 - w_c) \mu_0, \quad (3.6)$$

C_μ – «степень эмульсионности» смеси.

Таким образом, для определения составляющих скорости отметим совокупность сил, действующих на сферическую твердую частицу радиуса a_s и плотности ρ_s , взвешенных в потоке скорости:

$$F_W + F_A + F_{St} = 0, \quad (3.7)$$

- сила тяжести

$$F_W = \frac{4}{3} \pi a_s^3 \rho_s g, \quad (3.8)$$

где g – ускорение свободного падения;

- сила Архимеда

- $F_A = -\frac{4}{3}\pi a_s^3 \rho \mathbf{g}, \quad (3.9)$

- сила Стокса [2]

$$F_{St} = -6\pi a_s \mu (u - u_s), \quad (3.10)$$

где u_s – вектор скорости движения частицы;

Проекции сил, которые действуют на жидкость, F_r и F_z в уравнениях (3.2), (3.3) запишутся в виде [5, 12-17]:

$$F_r = -\frac{3}{8a_s} C_\mu \alpha (1 - \alpha) |u - u_s| (u - u_s) - \frac{1}{2} H \frac{\rho u |u|}{(\eta s)^2 (R_2 - R_1)}, \quad (3.11)$$

$$F_z = -\frac{3}{8a_s} C_\mu \alpha (1 - \alpha) |v - v_s| (v - v_s) - \frac{1}{2} H \frac{\rho v |v|}{(\eta s)^2 (R_2 - R_1)} - g, \quad (3.12)$$

Где:

α – объемная концентрация частиц в жидкости;

- коэффициент сопротивления

$$C_\mu = \frac{24}{Re_p} (1 - 0,2 Re_p^{0,63}); \quad (3.13)$$

η – коэффициент расхода;

s – скважинность фильтра, равная отношению площадей сечения отверстий и поверхности фильтра;

$H = H(r, z)$ — дискретная функция, равная 1 внутри фильтра.

Таким образом, для выявления областей с высокой концентрацией твердых частиц необходимо вычислить уравнение нестационарной конвекции для N различных фракций частиц с радиусами a_{Si} и объемными концентрациями α_i :

$$\frac{\partial \alpha_i}{\partial t} + \frac{1}{r} \frac{\partial (\alpha_i u_{Si} r)}{\partial r} + \frac{\partial (\alpha_i v_{Si})}{\partial z} = 0, \quad (3.14)$$

где u_{Si} и v_{Si} – компоненты скорости,

$$\alpha = \sum_{i=1} \alpha_i, \quad (3.15)$$

Уравнение теплопроводности решается для определения температурного поля в жидкой среде, записанного в предположении переменного коэффициента теплопроводности

$$\frac{\partial T}{\partial t} + u_m \frac{\partial T}{\partial r} + v_m \frac{\partial T}{\partial z} = \frac{1}{\rho_m c_{mP}} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(\lambda_m r \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda_m \frac{\partial T}{\partial z} \right) \right), \quad (3.16)$$

Где: u_m, v_m – компоненты скорости,

ρ_m – плотность,

c_{mP} – удельная теплоемкость при постоянном давлении,

λ_m – коэффициент теплопроводности смеси.

В этом случае плотность смеси зависит от объемных долей составляющих:

$$\rho_m = \alpha \rho_s + (1 - \alpha) \rho, \quad (3.17)$$

компоненты скорости и удельная теплоемкость – через их массовые концентрации:

$$c_{mP} = \chi c_{SP} + (1 - \chi) c_P, \quad u_m = \chi u_s + (1 - \chi) u, \quad v_m = \chi v_s + (1 - \chi) v, \quad \chi = \frac{\alpha \rho_s}{\rho_m}, \quad (3.18)$$

где

$$c_P = w c_{PW} + (1 - w) c_{PO}, \quad (3.19)$$

c_{PW} и c_{PO} – удельные теплоемкости воды и нефти соответственно, коэффициент теплопроводности имеет следующий вид (Smith, Paradi, 1982):

$$\lambda_m = \lambda \frac{2\lambda + \lambda_s - 2\alpha(\lambda - \lambda_s)}{2\lambda + \lambda_s + \alpha(\lambda - \lambda_s)}, \quad (3.20)$$

где

$$\lambda = w c \lambda_W + (1 - w c) \lambda_O, \quad (3.21)$$

λ_W и λ_O – коэффициенты теплопроводности воды и нефти.

Поэтому системы уравнений (3.1) - (3.21) решаются для жидкости, содержащей твердые частицы, взвешенные на участке обсадной колонны от погружного электродвигателя ($z = 0$) до приема насоса ($z = L$).

В кольцевом канале поток жидкости инициируется на входном сечении, где определяется скачкообразное изменение вертикальной составляющей скорости от нуля до v^* .

Поток жидкости в кольцевом канале инициируется на входном сечении, где определяется скачкообразное изменение вертикальной составляющей скорости от нуля до v^* .

Для расчета температуры предположим, что:

- обмен энергией между двигателем и гидрозащитой настолько интенсивен, что их температуры выравниваются.
- определяется значение температуры жидкости на входе $T^{**} > T_0$ (при $z = 0$), а также тепловые потоки на поверхности погружного электродвигателя и протектора и на стенке корпуса. Формулы имеют следующий вид:

$$\lambda_1 \frac{\partial T}{\partial z} = K_1(T^{**} - T) \text{ при } r \in [R_1 - R_2], z = Z_1 \text{ и при } r \in [r_1, R_1], \quad (3.22)$$

$$z = Z_2,$$

$$\lambda_1 \frac{\partial T}{\partial r} = K_1(T^{**} - T) \text{ при } z \in [0 - z_1], r = R_3 \text{ и при } z \in [Z_1, Z_2], \text{ и при } r = Z_2, \quad (3.23)$$

$$\lambda_2 \frac{\partial T}{\partial r} = K_2(T - T_0) \text{ при } z \in [0, L], r = r_2. \quad (3.24)$$

Здесь T^{**} — температура ПЭД и протектора,

λ_1 — коэффициенты теплопроводности ПЭД,

λ_2 — коэффициенты теплопроводности обсадной колонны,

K_1 — коэффициенты теплопередачи ПЭД,

K_2 — коэффициенты теплопередачи обсадной колонны.

Воспользуемся следующей схематизацией для определения коэффициента теплопередачи на границе раздела погружного электродвигателя / гидравлическая защита - пластовая жидкость.

$$2\pi R_3^2 q = 2\pi R_3 \lambda_1 \frac{\partial T}{\partial r} = 2\pi R_3 K_1 \Delta T, \quad (3.25)$$

Где

$$K_1 = \frac{q R_3}{2 \Delta T}. \quad (3.26)$$

ΔT — характерный перепад температур ПЭД,

q – удельная мощность распределенных внутри двигателя,

R_3 – радиус двигателя.

Коэффициент теплопередачи на границе обсадной колонны в виде зависимости от дебита жидкости Q определяется выражением [18]:

$$K_2 = 5 + 4 \cdot 10^{-6} \frac{\rho q}{r_2}. \quad (3.27)$$

Системы уравнений (3.1) - (3.3), (3.14) решены численно. Для решения уравнений Навье-Стокса использовался неявный метод конечных разностей на пространственной сетке, разделенной давлением и скоростью.

Для простоты реализации цифровых диаграмм и для скорости вычислений рассматриваемая сетка Эйлера представляет собой равномерную декартову сетку. Дискретные переменные скорости и давления расположены на смещенной сетке, первоначально представленной Harlow и Welch [20] в их методе Marker и Cell (MAC). Давления расположены в узлах сетки, а компоненты скорости расположены на гранях контрольного объема $v_{i,j}$. Такой выбор позволяет естественным образом справляться с ограничивающими условиями скорости у стен. Использование сдвинутой сетки Эйлера требует использования нумерации i, j , связанной с каждой переменной. На рисунке 3.2 показаны смещенные контрольные объемы, связанные с различными переменными давления / скорости. Шаги пространства в горизонтальном h_x и вертикальном h_y направлениях постоянны по направлению и по компонентам, так что:

$$h_x = h_y = h$$

Структура этой сетки смещения позволяет упростить расчет расхождения скорости и градиента давления. Это также позволяет избежать

паразитных колебаний поля давления, которые можно увидеть, например, с помощью совмещенных переменных.

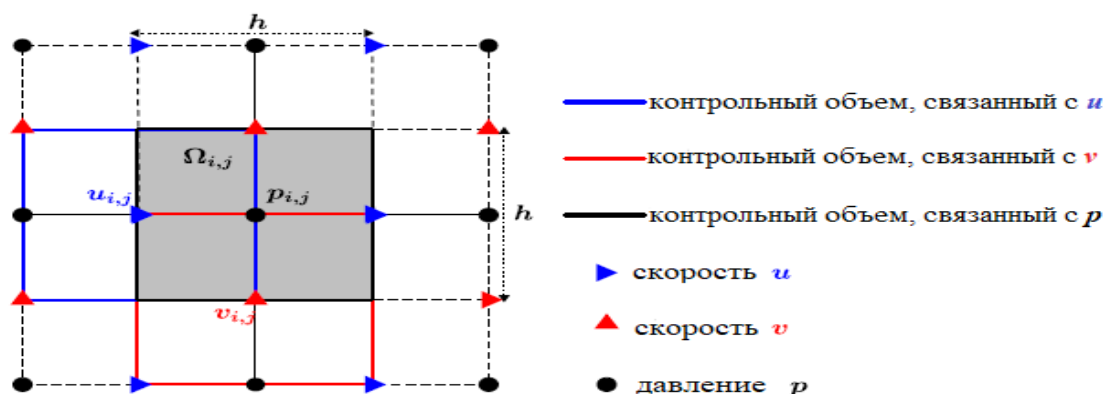


Рисунок 3.2 – Представление используемой двумерной сетки смещения: давление $p_{i,j}$ расположено в узлах сетки Эйлера, горизонтальная скорость $u_{i,j}$ определена на левой грани соответствующего контрольного объема $\Omega_{i,j}$ (серым цветом) при $p_{i,j}$ и вертикальной скорости $v_{i,j}$ определяется на нижней грани контрольного объема, связанного с $p_{i,j}$

Определяющая система уравнений (1)–(3), (14) решалась численно. Для решения уравнений Навье-Стокса применялся неявный конечно-разностный метод на разнесенной по давлению и скорости пространственной сетке. На каждом временном шаге после вычисления компонент скорости и давления явным образом определялись поля концентраций фракций механических частиц и температуры.

Началы ислодых

$$u(r, z, 0) = v(r, z, 0) = 0$$

По гидростатическому закону можно распределить давление

$$p(r, z, 0) = P_0 + \rho g(L - Z), \quad (3.28)$$

где P_0 – давление на приеме насоса;

температура постоянна:

$$T(r, z, 0) = T_0$$

4 Результаты численных расчетов

На основе системы представленных уравнений, описывающих движение частиц в эксплуатационной колонне нефтяной скважины, были проведены численные расчеты в специально разработанной программе в среде Microsoft Visual Basic 6.0. При этом варьировались следующие параметры: диаметр частиц, расход водонефтяной смеси (дебит скважины), вязкость жидкости и угол наклона ствола скважины к вертикали. Предполагалось, что твердая фаза равномерно по радиусу поступает в эксплуатационную колонну на забое скважины.

На рисунке 4.1 приведены результаты расчета траекторий движения твердых частиц размером 20 мкм при дебите 100 м³/сут, угле наклона ствола 10 градусов и вязкости скважинного флюида 1 мПа*сек.

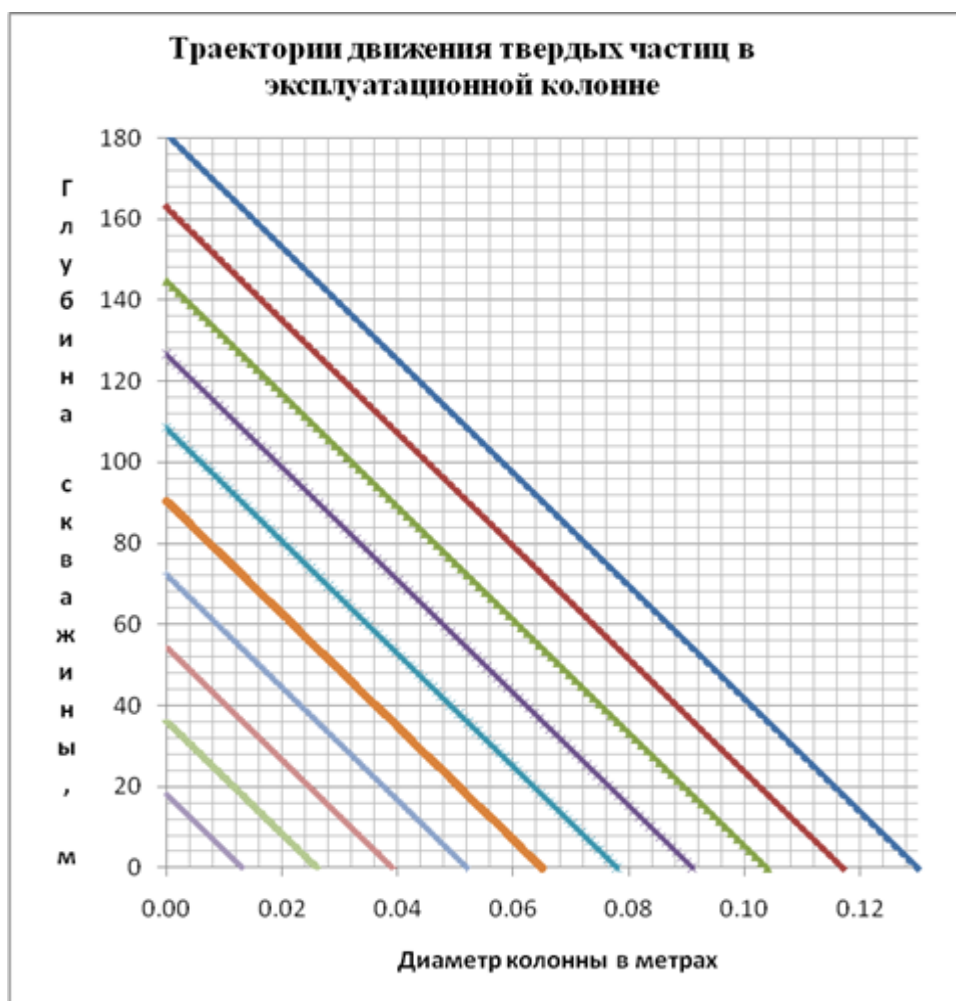


Рисунок 4.1– Траектории движения частиц размером 20 мкм при дебите скважины 100 м³/сут, угле наклона ствола к вертикали 10 градусов и вязкости водонефтяной смеси 1 мПа*сек. Диаметр эксплуатационной колонны 146 мм.

Как видно из графика механические примеси такого размера не поднимаются выше 180 метров.

Представляет определенный интерес зависимость высоты подъема твердых частиц от дебита скважины $Q_{ж}$ при разных диаметрах диспергированной фазы. Как следует из результатов расчетов, представленных на рисунке 4.2, частицы размером $d_j < 20$ мкм при больших дебитах $Q_{ж}$ достаточно легко поднимаются несущим потоком над забоем на высоту 500-600, 1000 и даже несколько тысяч метров. Частицы размером $d_j > 40$ мкм при средних дебитах $Q_{ж} = 250-300$ м³/сут при небольших углах наклона ствола скважины (< 15 градусов) оседают на стенке эксплуатационной колонны на высотах 200-250 метров над забоем. Очевидно, чтобы получить увеличение средней наработки на отказ установки электроцентробежного насоса при наличии механических примесей, необходимо иметь представление о фракционном составе дисперсной фазы в потоке скважинного флюида. Для фракций частиц размером больше 40-50 мкм достаточно просто защитить УЭЦН, устанавливая его на расстоянии не менее 500 метров над забоем.

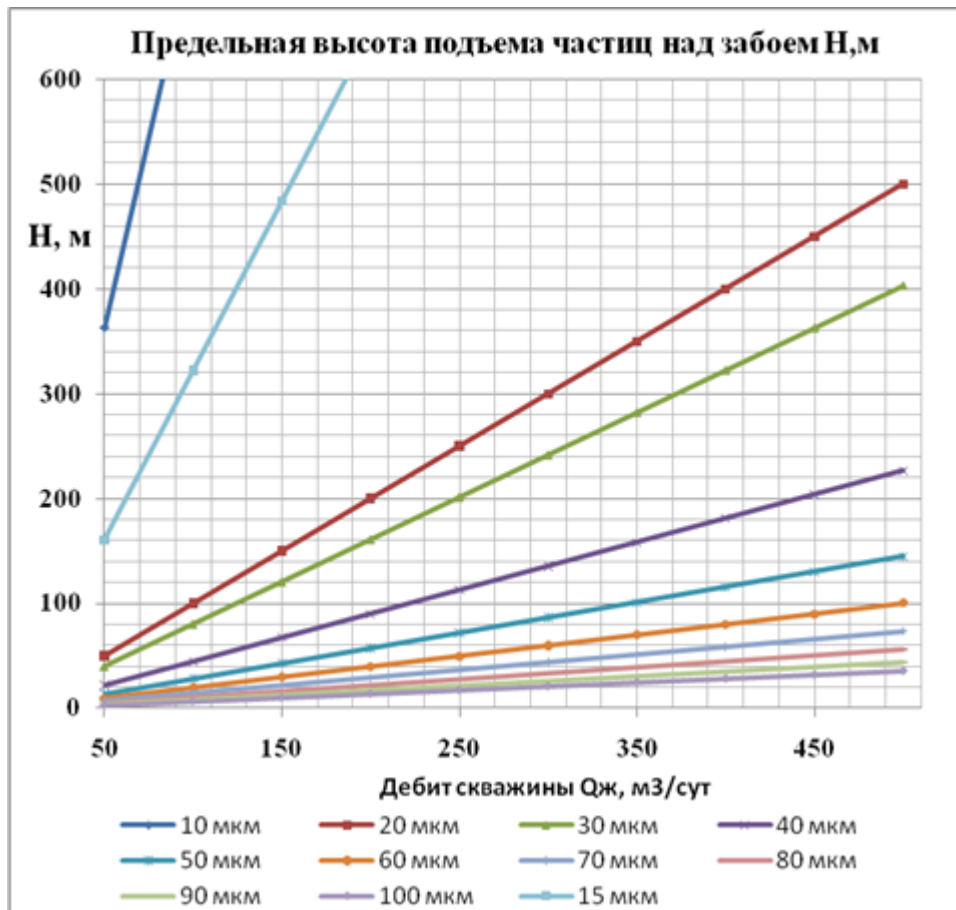


Рисунок 4.2 – Зависимость высоты подъема частиц различного размера над забоем скважины от дебита Qж при угле наклона ствола 13 градусов и вязкости смеси 1 мПА*сек.

На рисунке 3.4 представлены результаты расчетов предельной высоты, на которую поднимаются частицы различного диаметра, в зависимости от дебита скважины Qж величины угла наклона ствола к вертикали. Следует отметить, что увеличение угла наклона ствола скважины приводит к росту гравитационной составляющей силы, что вызывает фактически более интенсивное осаждение частиц на боковую поверхность эксплуатационной колонны. Это резко изменяет высоту подъема твердой фазы на забой при самых разных дебитах скважины.

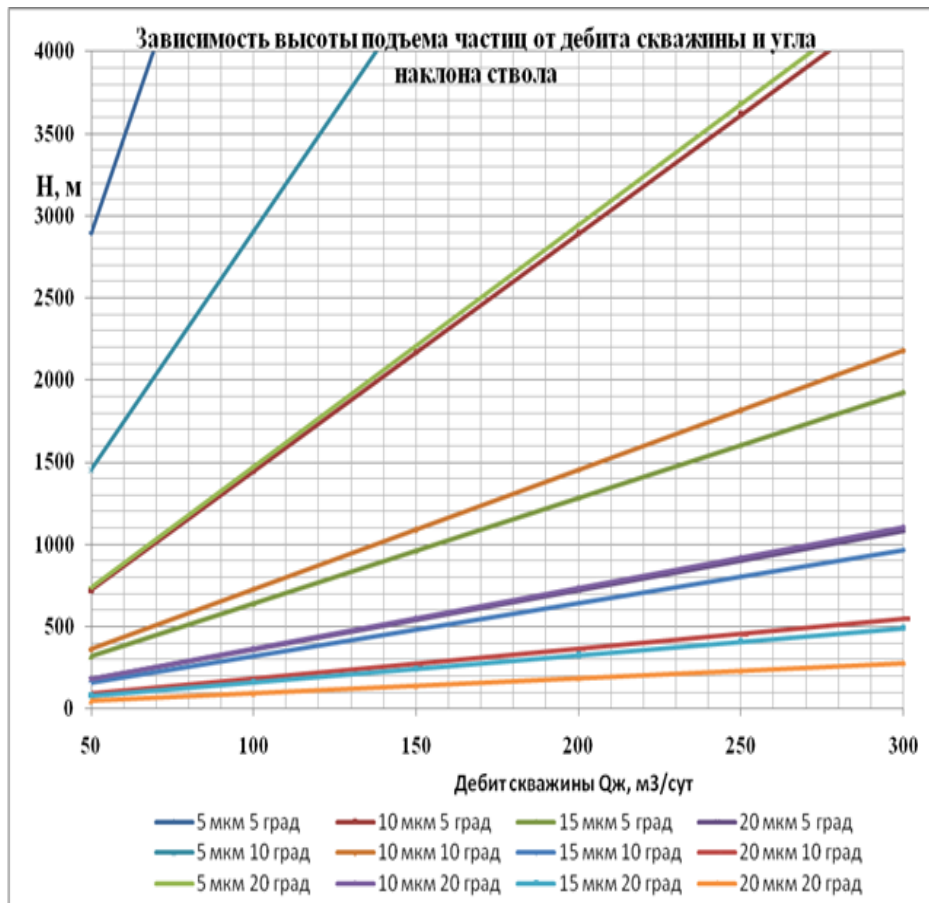


Рисунок 4.3 – Зависимость высоты поъема частиц различного размера над забоем от дебита скважины Qж и угла наклона ствола к вертикали

Во время подъема твердых частиц течение в этом случае не будет стационарным. Твердые (частицы с радиусом 200 мкм задерживаются фильтром и группируются в пространстве между установкой ЭЦН и обсадной колонной). На рис.4 4 показаны поля скорости и концентрации при $\alpha = 10^{-4}$.

Когда насос начал запускаться, расход жидкости не изменился. В течение первых нескольких запусков насоса расход жидкости не изменялся. Мелкие твердые частицы проходят через фильтр и затем направляются в насос, практически не влияя на динамику жидкости. Крупные фракции с радиусом частиц 100 и 200 микрон не могут проходить через сетку фильтра и собираться снаружи. В течение времени $t = 7$ мин каждая из этих фракций твердых частиц группируется рядом с фильтрующей поверхностью в виде однородных горизонтальных слоев.

В результате толщина нижнего слоя твердых частиц радиусом 200 мкм препятствует вертикальному течению жидкости и возвращает ее к фильтру. В

результате подъемная сила, действующая на верхний слой частиц радиусом 100 мкм, постепенно уменьшается, и они перемещаются вниз. Наконец, в течение времени $t = 17$ мин слои частиц смешиваются и концентрируются около нижнего конца фильтра. Впоследствии для $t = 83$ мин появляется увеличение концентрации двух фракций частиц и размера слоя, который они образуют. В результате основной поток жидкости попадает в фильтр через нижние отверстия и из-за появления «застойных» участков снаружи начинают скапливаться частицы более мелкой фракции.

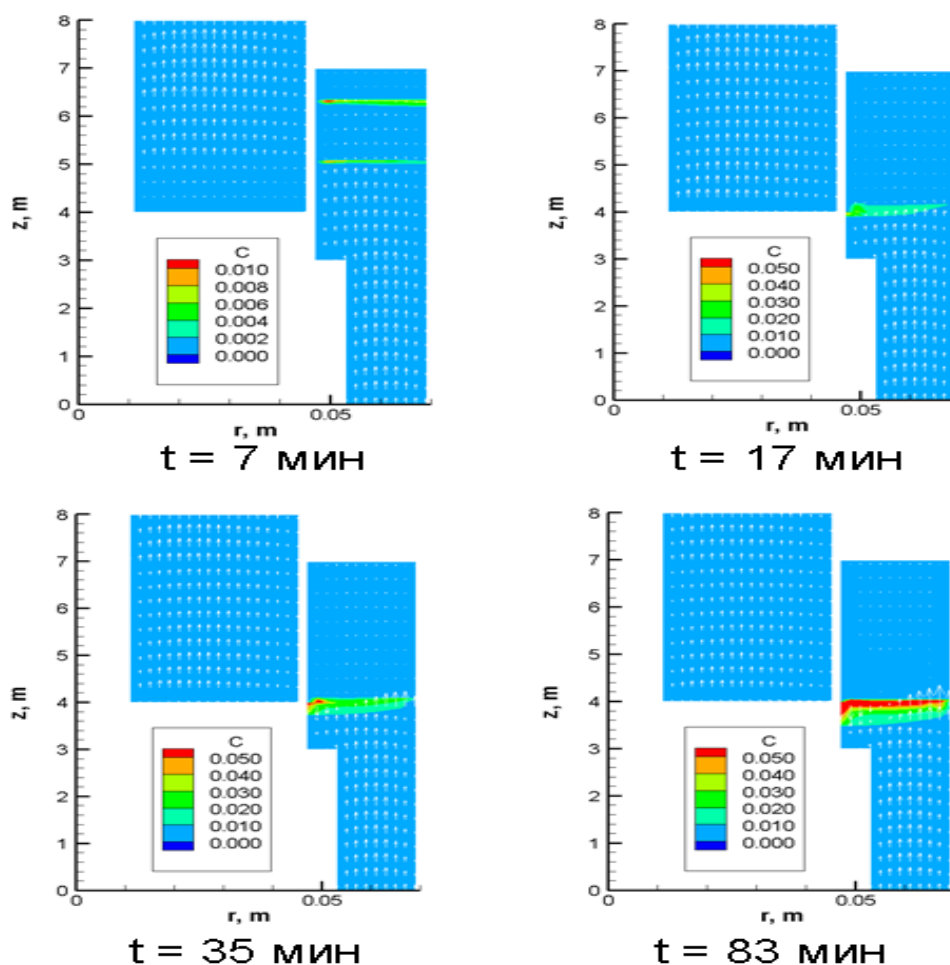


Рисунок 4.4– Распределения концентрации твердых частиц и поле скорости

На рис. 4.5 показано соответствующее распределение температуры в момент времени $t = 83$ мин. Из-за высокой концентрации твердых частиц около нижнего конца фильтра не происходит равномерного обтекания поверхности двигателя и гидрозащиты. В результате теплоотвод в верхней части погружного

электродвигатели затруднен, что вызывает повышение температуры на 97 градусов на этом уровне.

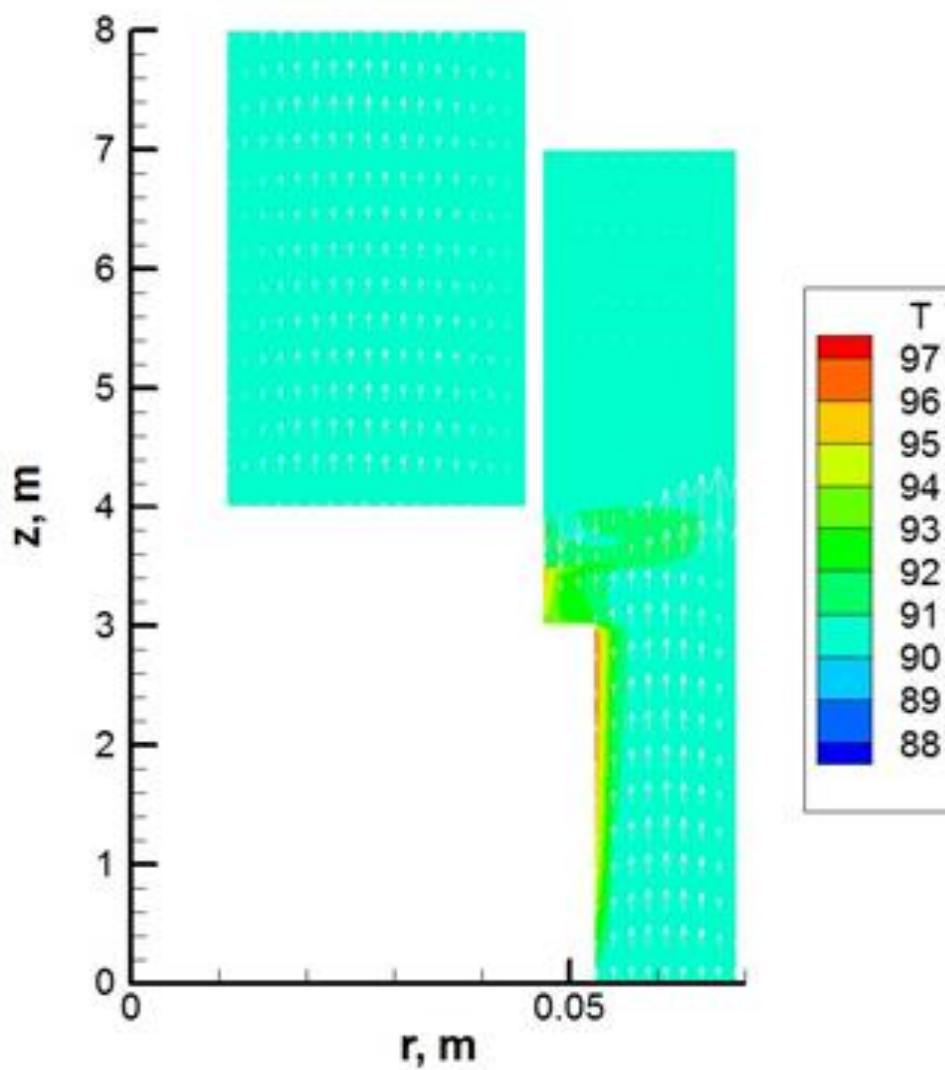


Рисунок 4.5 – Распределение температуры и поле скорости твердых частиц

5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Целью выполнения данного раздела является определение успешности и эффективности научно–исследовательской работы. Оценка является комплексной и произведена в разрезе экономической эффективности, социальной значимости и других аспектов, т.к. проведение экспериментальных исследований гидродинамики двухфазного потока в подъемных трубах нефтяных скважин требует привлечения финансовых затрат и других ресурсов, которые должны быть экономически оправданы и целесообразны. Достижение цели обеспечивается решением задач: – оценка перспективности проведения научных исследований; – определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения; – планирование научно-исследовательской работы; – определение эффективности исследования. Научно-исследовательская работа заключается в численной модели для исследования движения многофазной жидкости на основе уравнения Навье - Стокса, с учетом конвективного и диффузионного процессов переноса, что позволит разработать оптимальные режимы эксплуатации и конструкции для отделения механических примесей от жидкости до приема глубинного насоса, но проведение экспериментальных исследований требует привлечения финансовых затрат и других ресурсов, которые должны быть экономически оправданы и целесообразны.

5.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Результаты моделирования гидродинамики и теплообменных процессов при совместном движении жидкости и твердых частиц играют важное научное и практическое значение. Моделирование гидродинамики движения потока жидкости в цилиндрических трубах оказываются эффективным методом для изучения влияния твердых частиц на оборудование УЭЦН.

Большинство работ ориентированы на исследование гидродинамики течений, возникновение различного рода неустойчивостей на межфазной

границе, исследованию двухфазного потока в трубе. В случае, когда ПЭД находится под воздействием температуры среды, конвекции и диффузионных процессов переноса становятся основным механизмом теплообмена между жидкими фазами и твердыми частицами. Однако работ, посвященных изучению конвекции при движении двухфазных потоков в цилиндрических трубах недостаточно. Отсюда следует необходимость фундаментальных исследований, изучают механизма движения механических примесей в потоке жидкости на скважинном участке перфорационного зазора на входе в насос.

В данной работе впервые получены экспериментальные данные по гидродинамике движения потока жидкости содержит твердые примесей включения, в зависимости от температуры и концентраций частиц. Определен поправочный коэффициент для физического моделирования, учитывающий время установления диффузионного равновесия в канале. Полученные результаты могут применяться для определения полей скорости и концентрации механических частиц потоков жидкости в трубе. А поправочный коэффициент может быть использован при аналогичных экспериментах, для получения более точных результатов.

5.2 SWOT-анализ

SWOT-анализ - это структура, используемая для оценки конкурентной позиции интеллектуальной работы и разработки стратегического планирования. SWOT-анализ оценивает внутренние и внешние факторы, а также текущий и будущий потенциал.

Организация должна поддерживать точность анализа, избегая заранее продуманных убеждений или серых зон и вместо этого сосредотачиваясь на реальных контекстах. Компании должны использовать его как руководство, а не обязательно как рецепт. На рис. (5.1) представлены главные составляющие SWOT-анализа.



Рисунок 5.1 – Составляющие SWOT-анализа

SWOT-анализ помогает ответить на следующие вопросы :

- используются ли сильные стороны научно-технического исследования как преимущества;
- являются ли слабости научно-технического исследования его уязвимыми местами;
- какие благоприятные обстоятельства дают шансы на успех;
- на какие угрозы обратить внимание в первую очередь.

В табл. (1.1) представлен SWOT-анализ научно-технического исследования.

Таблица 1.1 – SWOT анализ научно-технического исследования

СИЛЬНЫЕ СТОРОНЫ («S»)	СЛАБЫЕ СТОРОНЫ («W»)
Впервые получены результаты для смеси жидкости-твердых частиц	Высокая стоимость оборудования
Применение полученных результатов для дальнейших фундаментальных исследований в данной области	Наличие конкурентов, проводящих аналогичные исследования
Квалифицированный персонал	Длительность выполнения исследования
Использование инновационной структуры ТПУ	УГРОЗЫ («Т»)
Опыт проведения экспериментальных исследований	Появление новых, активных и целеустремленных конкурентов

5.3 Обоснование выбора исследования

Вычислялась поля распределений концентраций твердых частиц, скорости и температуры в пространстве между обсадной колонной и модулями УЭЦН при помощи двух независимых методов.

Первый метод основан на определении распределение температуры и поле скорости в жидкости без механических примесей ($\alpha = 0$). Второй метод заключается в случае наличия механических примесей ($\alpha=10^{-4}$). Установление распределения полей давления, температуры и концентрации механических примесей вблизи точки подвеса насоса при ламинарном режиме потока влияет на многие факторы, в том числе на точность и адекватность полученных результатов.

Проведение экспертной оценки поможет определиться с наилучшим для нашей научно-исследовательской работы методом обработки данных. Поэтому зададимся параметрами, по которым мы будем сравнивать методы.

Модель экспертной оценки построена по следующим параметрам: простота; точность; наглядность; отсутствие влияния внешних факторов; адаптированность к установлению зависимостей.

5.4 Определение перечня работ и оценка времени на их выполнение

Планирование работ включает в себя: составление перечня работ; определение участников каждой отдельной работы; установление продолжительности работ.

Составим перечень работ, которые необходимо произвести для достижения цели. Сведения об этапах, их продолжительности и сотрудниках, работающих над выполнением проекта, представлены в таблице (1.2).

Над выполнением работы трудятся: НР – научный руководитель; И – инженер.

Таблица 1.2 – Перечень работ и оценка времени на их выполнение

№ п/п	Наименование работ	Исполнитель	t, дн
1	Составление библиографии	И	10
2	Копирование литературы	И	5
3	Перевод иностранной литературы	И	10
4	Распределение литературы по темам	И	5
5	Обзор литературы по течению двухфазных потоков в колонне подъёмных труб нефтяной скважины	И	10
6	Обзор литературы по моделированию течений в условиях тепло- и массопереноса на границе раздела	И	10

7	Обзор литературы по механики жидкости и газа	и	10
8	Разработка методики проведения экспериментальных исследований	И НР	8
9	Подготовка рабочего участка и газожидкостной смеси	И	5
10	Проверка работоспособности экспериментальной установки	И	3
11	Обработка экспериментальных данных	И	10
12	Определение области изменения основных факторов (расхода газожидкостной смеси, объема концентрации частиц)	И	3
13	Построение графических распределения концентрации механических примесей и поле скорости для различных моментов времени	И	8
14	Построение графических Зависимость давления на входе от времени	И	5
15	Построение графических Распределение температуры и поле скорости	И	10
16	Построение графических траектории движения частиц в эксплуатационной колонне	И	5
17	Построение графических Зависимость высоты подъема частиц различного размера над забоем скважины от дебита	И	3
18	Анализ полученных результатов и сравнение их с существующими работами	И НР	10
19	Постановка математической, геометрической и физической модели	И НР	10
20	Постановка дискретной модели	И НР	8
21	Составление алгоритма решения поставленной задачи	И	8
22	Анализ полученных результатов, сравнение с экспериментальными данными	И НР	10
23	Работа над разделом «Социальная ответственность»	И	3
24	Работа над разделом «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	И	3
25	Работа над заключительной частью	И	5
26	Оформление расчетно-пояснительной записки	И	5
27	Распечатка расчетно-пояснительной записки и демонстрационных листов	И	1
28	Проверка расчетно-пояснительной записки и исправление ошибок	И НР	4
29	Сдача расчетно-пояснительной записки руководителю	И	1
	Итого	И НР	159 29

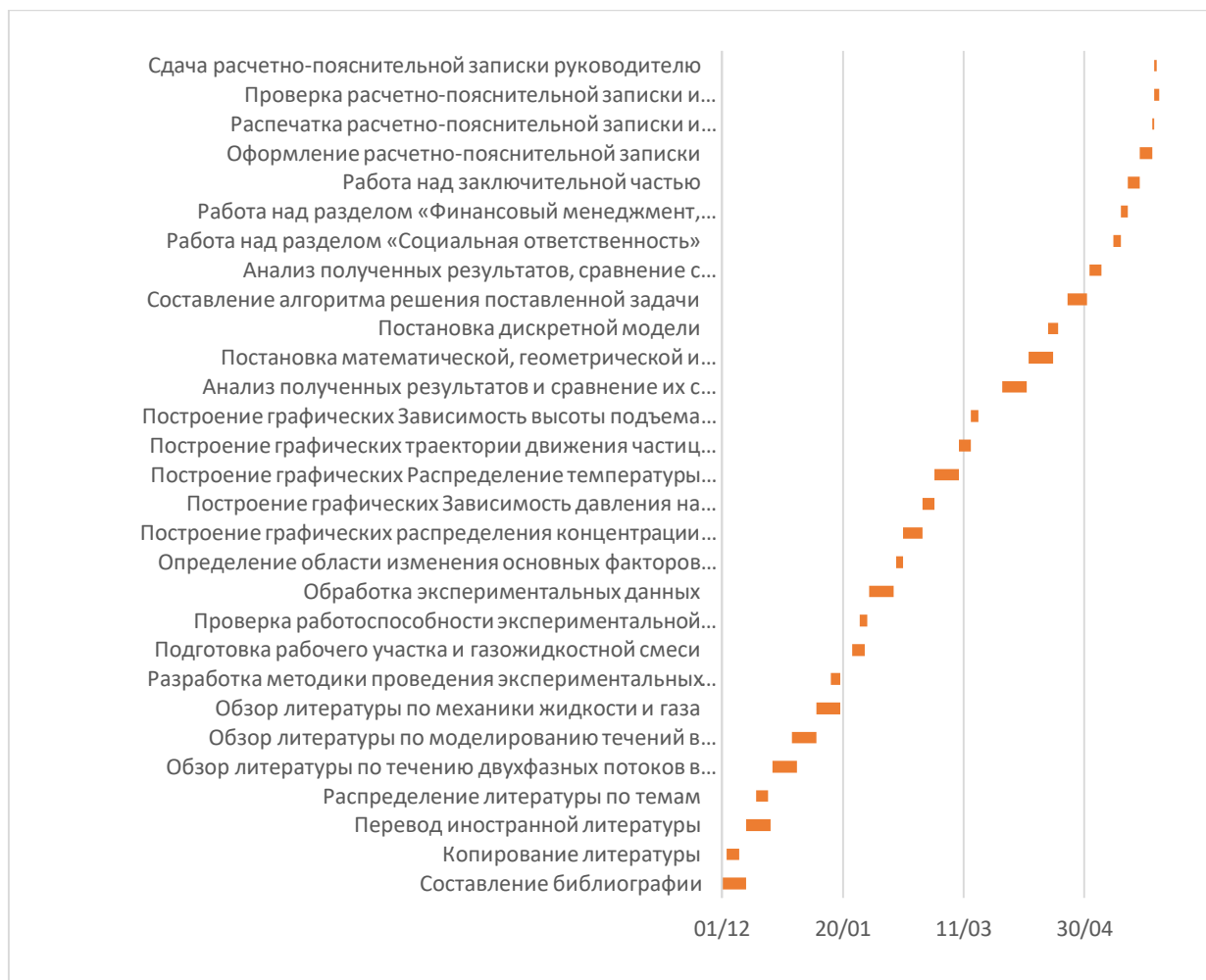


Рисунок 5.2 – Линейный график работ на основе рассчитанного для инженера времени $T_{кд}$

На основе табл. (1.2) строим диаграмму Ганта рис (1.3–1.4) – горизонтальная линейная диаграмма, на которой работы проекта представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися временными и другими параметрами.

На основе анализа диаграммы установлено, что самыми продолжительными по времени выполнения оказались пункты: проведение экспериментальных исследований, реализация алгоритма численного моделирования, составлении библиографии и перевод иностранной литературы.

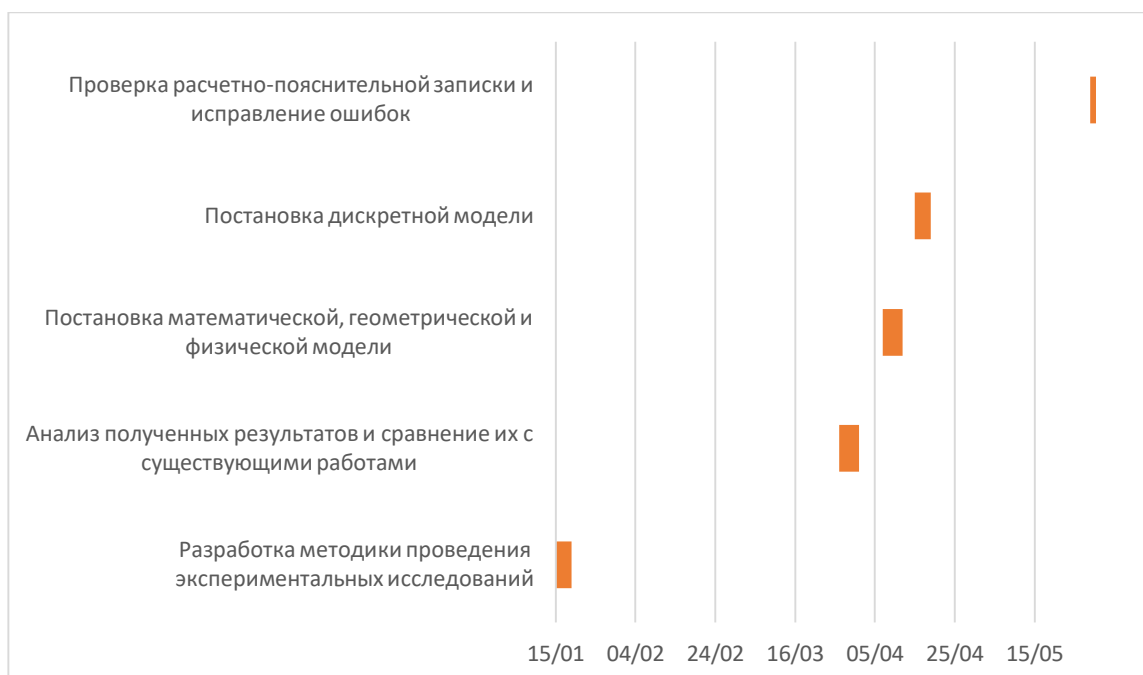


Рисунок 5.3 – Линейный график работ на основе рассчитанного для научного руководителя времени $T_{КД}$

5.5 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. В процессе формирования бюджета, планируемые затраты группируются по статьям:

материальные затраты;

- Амортизация ;
- Основная заработная плата ;
- Отчисления на социальные нужды ;
- Накладные расходы.

Рассмотрим каждую составляющую суммарных затрат в отдельности:

1) Материальные затраты

Затраты на материально – техническое обеспечение сведены в таблицу (1.3). Цены приведены в соответствии с договором поставки.

Таблица 1.3 – Материальные затраты проекта

№п/п	Наименование	Цена, руб.	Количество	Стоимость, руб.
1	Рабочий участок из оргстекла со стальной пластиной	92400	1 шт.	92400
2	Источник света «Edmund optics worldwide mi-150»	9430	1 шт.	9430
3	Компьютер Intel core i7-2600k ОЗУ 16 гб	59990	1 шт.	59990
4	Монитор «LG H236HL»	10000	1 шт.	10000
5	Клавиатура SVEN Standard 303	700	1 шт.	700
6	Обеспечение программы Visual Basic	11000	11000/ч.	11000
7	Электроэнергия	4,25	7853 кВт/ч	33376
	Итого материальные затраты проекта, руб:	208409		

Итого: $C_{\text{мат}} = 208409$ руб.

2) Амортизация основного оборудования

Амортизация - перенесение по частям стоимости основных средств и нематериальных активов по мере их морального или физического износа на стоимость производимой продукции (работ, услуг).

Затраты, связанные с амортизацией техники сведены в таблицу (1.4).

Таблица (1.4) – Амортизация основного оборудования

	Компьютер	Монитор	Рабочий участок	Источник света
Количество	1	1	1	1
Норма в год, %	5	5	3	4
Первичная стоимость	59990	10000	92400	9430

Величина в год, руб.	2999	500	2772	377
Количество работы оборудования в год, ч	$135*8+5*7=1115$	$130*8=1040$	$135*8=1080$	$134*5=536$
Амортизация в час, руб/час	2,70	9,61	85,55	17,60
Количество часов работы в проекте	723	709	750	262
Амортизация в рамках проекта, руб	1952	6813	64162	4611
Итого амортизация основного оборудования, руб:	77538			

Итого: $C_{\text{мат}} = 77538$ руб.

3) Основная заработная плата

В таблице (1.5) представлен баланс рабочего времени.

Таблица 1.5 – Баланс рабочего времени

	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	183	183
Количество нерабочих дней:		
- выходные дни	49	49
- праздничные дни	9	9
Потери рабочего времени:		
- отпуск	14	14

- невыходы по болезни	5	2
Действительный годовой фонд рабочего времени	106	109

Месячный должностной оклад работника :

$$\mathcal{Z}_m = \mathcal{Z}_б \cdot (k_{np} + k_d) \cdot k_p, \quad (1.1)$$

где $\mathcal{Z}_б$ – базовый оклад труда, руб; k_{np} – премиальный коэффициент;
 k_d – коэффициент доплат и надбавок; k_p – районный коэффициент.

Таким образом, получаем:

– для инженера: $\mathcal{Z}_{m(и)} = 10238 \cdot (1,15 + 1,05) \cdot 1,3 = 15971$ руб

– для руководителя: $\mathcal{Z}_{m(р)} = 15127 \cdot (1,2 + 1,05) \cdot 1,5 = 24581$ руб

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{Z}_{дн} = \frac{\mathcal{Z}_m \cdot M}{F_d}, \quad (1.2)$$

где M – количество месяцев работы без отпуска в течении года (при отпуске 14 раб дней, и 5-дневной рабочей неделе, $M = 3,53$), мес;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно
технического
персонала (1.5), дн.

Таким образом, получаем:

– для инженера: $\mathcal{Z}_{дн(и)} = \frac{15971 \cdot 3,53}{109} = 517,22$ руб;

– для руководителя: $\mathcal{Z}_{дн(р)} = \frac{24581 \cdot 3,53}{106} = 818,6$ руб;

Основная заработная плата рассчитывается по следующей формуле:

$$\mathcal{Z}_{осн} = \mathcal{Z}_{дн} \cdot T_{раб}, \quad (1.4)$$

где $T_{раб}$ – продолжительность работ (см. табл.), дн.

Таким образом, получаем:

– для инженера: $\mathcal{Z}_{дн(и)} = 517,22 \cdot 159 = 82237,98$ руб

– для руководителя: $\mathcal{Z}_{\text{дн(р)}} = 818,6 * 29 = 23739,4$ руб

Итого статья на заработную плату составляет:

$$C_{\text{зн}} = \mathcal{Z}_{\text{осн(р)}} + \mathcal{Z}_{\text{осн(и)}} = 82237,98 + 23739,4 = 105977,38 \text{ руб}$$

Дополнительная заработная плата для научного персонала не предусмотрена.

4) Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды:

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot \mathcal{Z}_{\text{осн}}, \quad (1.5)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчисления на уплату во внебюджетные фонды.

Отчисления в пенсионный фонд РФ:

– для инженера: $C_{\text{пен(и)}} = 0,22 * 82237,98 = 18092,35$ руб

– для руководителя: $C_{\text{пен(р)}} = 0,22 * 23739,4 = 5222,668$ руб

Отчисления в фонд социального страхования РФ:

– для инженера: $C_{\text{соц(и)}} = 0,029 * 82237,98 = 2384,90$ руб

– для руководителя: $C_{\text{соц(р)}} = 0,029 * 23739,4 = 688,44$ руб

Отчисления в фонд обязательного медицинского страхования:

– для инженера: $C_{\text{мед(и)}} = 0,051 * 82237,98 = 4194,13$ руб

– для руководителя: $C_{\text{мед(р)}} = 0,051 * 23739,4 = 1210,70$ руб

Итого статья по отчислениям на социальные нужды составляет:

$$\begin{aligned} C_{\text{соц.от}} &= (C_{\text{пен(и)}} + C_{\text{пен(р)}}) + (C_{\text{соц(и)}} + C_{\text{соц(р)}}) + (C_{\text{мед(и)}} + C_{\text{мед(р)}}) \\ &= (18092,35 + 5222,668) + (2384,90 + 688,44) \\ &\quad + (4194,13 + 1210,70) = 37793,188 \text{ руб} \end{aligned}$$

5) Накладные расходы

В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему.

Кроме того, сюда относятся расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, зданий, сооружений и др.

Накладные расходы составляют 80-100 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы, в таком случае:

$$\begin{aligned} C_{\text{накл}} &= k_{\text{накл}} \cdot (\mathcal{Z}_{\text{осн(и)}} + \mathcal{Z}_{\text{осн(р)}}) = 1,9 \cdot (82237,98 + 23739,4) \\ &= 201357,022 \text{ руб} \end{aligned}$$

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости научно-технического исследования:

$$\begin{aligned} C_{\text{себ}} &= C_{\text{мат}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{зн}} + C_{\text{соц.от}} + C_{\text{накл}} \\ &= 208409 + 77538 + 105977,38 + 37793,188 + 201357,022 \\ &= 631074,59 \text{ руб.} \end{aligned}$$

5.6 Экономическая эффективность

В настоящей работе был проведен SWOT-анализ с исследованием внешней и внутренней среды проекта. Проведена экспертная оценка методов оценки поля распределений концентраций твердых частиц, скорости и температуры в пространстве между обсадной колонной и модулями УЭЦН.

Определили структуру работ в рамках научного исследования, продолжительность и участников каждой работы. Построили график Ганта и диаграмму трудозатрат.

Затраты на выполнение проекта были рассчитаны в смете и составляют 631074,59 рублей, учитывая, что оборудование не куплено и стенд не собран. Эти затраты включают в себя: материальные затраты, затраты на выплату заработной платы, затраты на амортизацию, социальные отчисления и накладные расходы.

6 Социальная ответственность

Введение

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена моделированию гидродинамики двухфазного потока в подъемных трубах нефтяных скважин. Процесс подъема многофазной жидкости из пласта глубинными насосами, в частности УЭЦН, включающей в свой состав нефть, газ, воду и механические примеси носит достаточно сложный характер. Без изучения процесс движения механических примесей в потоке жидкости на скважинном участке перфорационного зазора на входе в насос невозможно обеспечить оптимальные режимы эксплуатации насосов и надежную защиту скважинного оборудования от механических примесей.

Исходя из вышесказанного предполагается, что моделирование гидродинамики двухфазного потока в подъемных трубах нефтяных скважин является одним из способов прогнозирования областей проявления дефектов насосного оборудования, что дает возможность предотвратить дальнейшее проявление аварийных ситуаций на производственном объекте.

Методы удаления механических примесей из жидкости и снижения их концентрации на входе в ЭЦН становятся все более популярной проблемой для ООО «РН-Юганскнефтегаз», которые использовали гравитационный отстойник ЮНПБС производства трубной базы ООО «ЮНПБС» (г. Нефтеюганск). Из-за низкой эффективности гравитационного сепарации быстрого засорения элементов центробежного насоса проблема остается нерешенной для ООО «РН-Юганскнефтегаз», в частности на Усть-Балыкском нефтяном месторождении. Усть-Балыкское нефтяное месторождение находится на границе Сургутского и Нефтеюганского районов ХМАО Тюменской области около г. Нефтеюганск. Разработанный проект по моделированию гидродинамики двухфазного потока в подъемных трубах нефтяных скважин даст возможность для ООО «РН-Юганскнефтегаз» решить проблему, связанную с заклиниванием и засорением скважинного оборудования.

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

К работе оператора по исследованию скважин допускаются лица не моложе 18 лет после обучения в специализированных центрах, имеющие квалификационное удостоверение по данной специальности, прошедшие предварительное медицинское обследование и не имеющие противопоказаний к выполнению указанной работы.

Оператор по исследованию скважин при приеме на работу проходит вводный инструктаж. Перед допуском к самостоятельной работе он должен пройти :

- первичный инструктаж на рабочем месте;
- стажировку на рабочем месте под руководством опытного наставника продолжительностью не более 14 рабочих дней;
- проверку знаний по профессии и видам работ;
- проверку знаний по безопасной эксплуатации оборудования;
- проверку знаний по оказанию первой помощи пострадавшим при несчастном случае на производстве;
- проверку знаний по пожарной безопасности;
- Проверку знаний по электробезопасности.

Результаты проверки заносятся в удостоверение по охране труда.

Согласно [3] основными мерами в случае чрезвычайных ситуаций являются:

- размещение рабочего персонала в специальных помещениях, предназначенных для защиты в таких ситуациях;
- эвакуация рабочих из аварийных районов;
- предварительное и периодическое медицинское освидетельствование пострадавших
- организация аварийно-спасательных операций в аварийных районах.

В организациях, осуществляющих производственную деятельность, должны быть внедрены службы охраны труда или создано учреждение специалиста по охране труда. В процессе промышленной деятельности работодатель обязан соблюдать условия, но установленные законом меры безопасности:

- безопасность работников при эксплуатации помещений, осуществлении технологических процессов, а также производстве инструментов и материалов, необходимых для проведения работ;
- предоставление работникам средств индивидуальной защиты, а также средств коллективной защиты
- выдача специальных одежд и обуви и других средств индивидуальной защиты;
- продолжительность рабочего дня рабочих не должна превышать 40 часов в неделю. Желательное сокращение рабочего времени.
- обучение методам и техническим обеспечения безопасности труда;
- запрещение работникам в возрасте до 18 лет работать на опасных производственных объектах, а также работникам, не прошедшим обязательных медицинских осмотров или имеющим медицинские противопоказания.

Порядок определяет следующие виды обучения работников: введение, первичное обучение на рабочем месте, повторное, незапланированное, целенаправленное – предназначенное для достижения правильных условий эксплуатации, предотвращения несчастных случаев или послабления их последствий, в результате чего обеспечивается защита рабочих, общественности и окружающей среды

3. 6.2 Производственная безопасность

В качестве персонала рассматривается оператор по исследованию скважин. На рабочем месте на работника возможно воздействие следующих опасных и вредных производственных факторов:

- Химические ;
- Биологические ;
- Психофизиологические ;
- Физические ;
- Микроклимат ;
- Недостаточная освещенность рабочей зоны ;
- тяжесть и напряженность трудового процесса.

6.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Химические :

- тяжелые и легкие фракции углеводородов;
- взрыво- и пожароопасность нефтегазовой среды;
- Токсичность нефтегазовой среды ;
- химическая агрессивность отдельных фракций и компонентов нефтегазовой среды;
- Смазочные масла ;
- Кислоты ;
- Щелочи.

Действия фактора: возможно раздражение верхних дыхательных путей, воспаление слизистых оболочек носа, отравление организма и другие заболевания, острые и хронические заболевания кожи; при попадании кислоты на кожу образуются дерматиты и ожоги; пары серной кислоты разъедают зубы и нарушают физиологические функции пищевода;

Концентрация углеводородов на площадках первичной и вторичной переработки нефти достигала 620 мг/м³ (ПДК – 3000 мг/м³). Отмечена также высокая концентрация паров марганца (до 0,4 мг/м³) при проведении электросварочных работ (ПДК – 0,1 мг/м³).

К средствам защиты применяемых от воздействия химических факторов относятся устройства:

- Оградительные: рукавицы, перчатки, противогазы, респираторы; одежда специальная защитная;
- Автоматического контроля и сигнализации ;
- Герметизирующие :
- Дистанционного управления ;
- Знаки безопасности.

Биологические :

- вирусно-инфекционные заболевания. Носителями этих заболеваний являются насекомые и грызуны.
- удаленность производственных объектов от стационарных баз и труднодоступность значительного количества производственных зон для медицинского обслуживания работников.

Действие фактора: заболевание геморрагической лихорадкой с почечным синдромом, клещевым энцефалитом, аллергические реакции;

К средствам защиты от воздействия биологических факторов относятся:

- Оборудование и препараты для дезинфекции, дезинсекции, стерилизации, дератизации;
- Оградительные устройства ;
- Герметизирующие устройства ;
- Знаки безопасности.

Психофизиологические :

- длительные периоды непрерывной работы всего комплекса технологического оборудования;
- физические нагрузки (работа "стоя", монотонность труда, тяжесть труда, напряженность труда).

Действия фактора: возможны заболевания опорно-двигательного аппарата, опущение внутренних органов, сосудистые и другие заболевания;

Физические :

- Движущиеся машины и механизмы ;
- Значительные потенциально опасные разрушительные свойства технологического оборудования;
- Высокие давления пневмо-гидросистем и газов;
- Высокие температуры поверхностей оборудования ;
- Высокое напряжение энергосистемы ;
- Статическое электричество ;
- повышенный уровень шума, вибрации на рабочих местах.

Действия фактора: физическое травмирование работника, снижение остроты слуха, нарушение функционального состояния сердечно-сосудистой, нервной системы, возможно заболевание вибрационной болезнью;

К средствам защиты от воздействия физических факторов относятся: каски защитные; шлемы, очки защитные.

Микроклимат

- повышение температуры воздуха рабочей зоны;
- понижение температуры воздуха рабочей зоны.

Действие фактора: способствует нарушению обменных процессов в организме, возникновению различных острых и хронических простудных заболеваний, обморожению отдельных частей тела;

В кабинах, на пультах и постах управления должны соблюдаться оптимальные величины температуры воздуха 22-24°C, его относительной влажности 60-40% и скорости движения (не более 0,1 м/с).

Интенсивность теплового облучения работающих от нагретых поверхностей технологического оборудования не должна превышать 35 Вт/м при облучении 50% поверхности тела и более, 70 Вт/м - при величине облучаемой поверхности от 25 до 50% и 100 Вт/м - при облучении не более 25% поверхности тела.

недостаточная освещенность рабочей зоны

Действие фактора: возникает зрительное утомление, боль в глазах, общая вялость, которая приводит к снижению внимания и возможности травмирования работника.

Зрительная работа, выполняемая на открытых площадках в нефтегазодобывающих предприятиях, относится к IX-XI разряду работ, для которых нормируемый уровень освещенности рабочих поверхностей для ламп накаливания составляет 10 – 30 лк, однако при работе в помещениях разряд зрительной работы повышается до VI с требуемым освещением 50 – 75 лк, а при контроле рабочего оборудования – до IV разряда зрительных работ (норма освещенности – 100 – 150 лк).

тяжесть и напряженность трудового процесса:

- единицы внешней механической работы за смену (кг·м);
- масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную (кг);
- стереотипные рабочие движения (количество за смену);
- величина статической нагрузки за смену при удержании груза;
- Приложение усилий (кгс·с) ;
- Рабочая поза ;
- сложные факторы комбинации рабочей среды.

Действие фактора: возможны заболевания опорно-двигательного аппарата, обмена веществ, сердечно-сосудистые и другие заболевания.

6.3 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя

6.3.1 Требования безопасности перед началом работы

Перед началом работы оператору нужно:

- проверить и привести в порядок спецодежду. Рукава и полы спецодежды следует застегнуть на все пуговицы, волосы убрать под головной убор. Одежду необходимо заправить так, чтобы не было свисающих концов или развевающихся частей. Обувь закрытая и на низком каблуке, запрещается засучивать рукава спецодежды и подворачивать голенища сапог;
- проверить состояние исследовательской машины, лебедки, устьевого оборудования скважины;
- в случае обнаружения неисправностей принять меры по их устранению, если устранить невозможно, то сообщить руководителю работ.

Запрещается работать на неисправных, неотрегулированных приспособлениях и механизмах. Регулировка производится в строгом соответствии с инструкциями предприятий-изготовителей.

Место установки агрегата для исследования скважины и подъездные пути к скважине следует соответствующим образом подготовить и освободить

от посторонних предметов, препятствующих установке агрегата и прокладке проволоки глубинного прибора.

6.3.2 Требования безопасности во время работы

Подъем и спуск приборов в скважину производиться плавно без рывков.

При работе с проволокой во избежание травмирования рук и глаз необходимо пользоваться перчатками и защитными очками.

При спуске и подъеме приборов в скважину стоять на верхней (лубрикаторной) площадке запрещается.

При замерах дебита нефти и газа запрещается:

- работа двигателя внутреннего сгорания или электродвигателя вблизи скважины;
- разведение открытого огня или курение;
- ремонтные работы как у устьевой арматуры, так и на рабочей площадке в радиусе менее 10 м от устья скважины;
- замеры дебитов нефти и газа в ночное время.

Так же запрещается:

- применять открытый огонь и невзрывозащищенные приборы для освещения;
- Заглядывать в емкость ;
- производить замер уровня жидкости в мерной емкости с помощью мерной линейки и других предметов, не предназначенных для этой цели.

Запрещается производить исследовательские работы на скважинах:

- при недостаточном искусственном и естественном освещении;
- при силе ветра 6 баллов и более;
- во время ливня, сильного снегопада, тумана с видимостью менее 100 м;
- при температуре ниже минимума, установленного для открытых работ на данной местности.

6.3.3 Требования безопасности в аварийных ситуациях

Оператор по исследованию скважин при обнаружении загазованности рабочего места обязан немедленно проверить, не превышает ли она допустимые нормы. В случае повышения допустимых норм загазованности необходимо принять меры предосторожности, установить предупредительные знаки, запрещающие проезд, курение и разведение огня и сообщить об этом буровому мастеру или мастеру по добыче нефти и газа.

В случае возникновения пожара необходимо:

- Прекратить все технологические операции ;
- Сообщить о пожаре ;
- Отключить электроэнергию ;
- принять меры к удалению людей из опасной зоны;
- умело и быстро выполнять обязанности, изложенные в плане ликвидации аварий;
- изолировать очаг пожара от окружающего воздуха;
- горящие объемы заполнить негорючими газами или паром;
- принять меры по искусственному снижению температуры горящего вещества.

При несчастном случае необходимо немедленно освободить пострадавшего от воздействия травмирующего фактора, оказать ему первую доврачебную помощь и сообщить непосредственному руководителю о несчастном случае.

При необходимости вызвать скорую помощь или отправить пострадавшего в учреждения здравоохранения.

6.3.4 Требования безопасности по окончании работы

По окончании работы оператору по исследованию скважин необходимо:

- произвести уборку рабочего места;
- проверить состояние и исправность оборудования;
- проверить наличие и исправность рабочего инструмента.

Обо всех неисправностях, изменениях, отклонениях от норм и правил, которые были обнаружены во время работы, сообщить руководителю работ. Снять защитные средства, спецодежду и спецобувь, привести их в порядок и уложить в места хранения (бригадную сушилку).

6.4 Анализ условий труда на рабочем месте

Рабочее место располагается на 1 этаже, помещение представляет собой комнату размером 5 м на 6,5 м, высотой 3,5 м, 2 окна выходящих на север, в помещении находится 3 единиц технологического оборудования, 3 людей).

Основными опасными факторами являются движущиеся и вращающиеся части рабочего механизма [8]. Необходимо проводить следующие мероприятия по устранению возможных механических травм:

- проверка наличия защитных ограждений на движущихся и вращающихся частях машин и механизмов;
- плановая и внеплановая проверка пусковых и тормозных устройств;
- проверка состояния оборудования и своевременное устранение дефектов.

Для защиты от данных опасных факторов используются коллективные средства защиты, – устройства, препятствующие появлению человека в опасной зоне. Согласно ГОСТ 12.2.062-81 [7] ограждения выполняются в виде различных сеток, решеток, экранов и кожухов.

Источниками химических веществ являются сырая нефть, ремонтные работы, зарядка аккумуляторов, кузнечные цехи, сварочные работы. Непосредственно у скважин суммарная концентрация углеводородов достигает 1480 мг/м³, на расстоянии 10 м – 740 мг/м³, на расстоянии 50 м - 180 мг/м³.

6.4.1 Анализ показателей микроклимата

Должны соблюдаться оптимальные величины температуры воздуха 22-24°С, его относительной влажности 60-40% и скорости движения (не более 0,1 м/с).

Метеорологические условия изменяются посезонно и посуточно. При высокой температуре воздуха понижается внимание, появляются торопливость и неосмотрительность, при низкой - уменьшается подвижность конечностей вследствие интенсивной теплоотдачи организма.

6.4.2 Анализ показателей шума и вибрации

Основным источником шума на кустовой площадке являются работающие спускоподъемные механизмы, эцн, шгн и автотранспорт.

Предельно допустимые значения (до 80 децибел), характеризующие шум, регламентируются согласно ГОСТ 12.1.003-83 [2].

Для уменьшения шума необходимо устанавливать звукопоглощающие кожухи, применять противошумные подшипники, глушители, вовремя смазывать трущиеся поверхности, а также использовать средства индивидуальной защиты: наушники, ушные вкладыши.

Воздействие вибрации возникает при работе на спецтехнике, подъемных, спусковых и цементировочных агрегатах, при спуске и подъеме насосно-компрессорных труб из-за вращения ротора подъемного агрегата; вибрация передвижной дизельной станции, а также вибрация при регулировании расхода закачиваемой воды в пласт запорной арматурой.

Вибрация рабочих мест операторов технологического оборудования имеет средне- и высокочастотный характер с максимумом интенсивности в октавах 20-63 Гц. Уровни транспортных вибраций значительно выше (до 182 дБ), чем технологические.

Вибрация при частоте 16 Гц не должна превышать амплитуду 0/28 мм.

Одним из эффективных средств защиты от вибрации рабочих мест, оборудования и строительных конструкций является виброизоляция, представляющая собой упругие элементы, размещённые между вибрирующей машиной и основанием.

В качестве индивидуальной защиты от вибраций, передаваемых человеку через ноги, рекомендуется носить обувь на толстой или войлочной резиновой подошве. Для защиты рук рекомендуются виброгасящие перчатки.

6.5 Анализ освещенности рабочей зоны

Помещения, в которых расположены пульты управления, не имеют оконных проемов, чтобы защитить оборудование от вредного воздействия пыли. Поэтому освещение в помещении полностью искусственное.

Для освещения помещений применяют газоразрядные лампы низкого и высокого давления - люминесцентные, металлогалогенные, натриевые, ксеноновые, ДРЛ.

Определяем количество светильников общего освещения люминесцентными лампами:

$$N = \frac{ESk_3}{F_{лunz}} \quad (6.1)$$

где E - нормируемая освещенность, 200лк;

S - площадь помещения, 100 м² ;

k₃ - коэффициент запаса, 1,3;

F_л - световой поток лампы, 2600 лм ;

u - коэффициент использования светового потока, 1;

z - поправочный коэффициент, 0,85;

n - количество ламп в светильнике, 1.

$$N = \frac{200 \cdot 100 \cdot 1,3}{2600 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 1} = 11,76 \approx 12$$

Согласно ГОСТ 13828-74 выбираем тип люминесцентной лампы ЛБ и расстояние между центрами светильников в ряду: L = 3,3 м.

Число светильников в ряду: M = V/L = 20/3,3 = 6.

Число рядов: m = N/M = 12/6 = 2.

Используя данные ГОСТ 16354-70, выбираем тип и мощность одной лампы: ПВЛ1-2х40.

6.6 Анализ электробезопасности

Здания и сооружения дожимных насосных станций, блочных кустовых насосных станций, установок предварительного сброса воды Усть-Балыкского

нефтяного месторождения по обеспечению надежности электроснабжения относятся к потребителям 2 - категории.

На рабочем месте оператора имеются электроприборы напряжением до 380 В (электродвигатели, станции управления и др.). Кроме этого в бригадном домике имеются бытовые электроприборы (электрочайник, холодильник, микроволновая печь и др.)

Основным нормативным документом в области обеспечения электробезопасности являются «Правила устройства электроустановок» (ПУЭ). Кроме того, действуют следующий документ ГОСТ 12.1.019-79.

На рабочем месте применяют следующие средства защиты от поражения электрическим током:

- Оградительные устройства ;
- Устройства автоматического контроля и сигнализации;
- Изолирующие устройства и покрытия ;
- Устройства защитного заземления и зануления;
- Устройства автоматического отключения ;
- Устройства выравнивания потенциалов и понижения напряжения;
- Устройства дистанционного управления ;
- Предохранительные устройства ;
- Молниеотводы и разрядники ;
- Знаки безопасности.

6.7 Анализ пожарной безопасности

Противопожарный режим излагается в цеховых и общеобъектовых инструкциях в соответствии с правилами пожарной безопасности производств и анализом пожарной безопасности объектов, а также технологических процессов. Контроль над ним осуществляется обслуживающим персоналом.

На замерных установках размещены ящики с песком, щит с лопатами, ведрами, ломом и огнетушителями ОХП - 10, ОУ - 2, ОУ - 5.

На объекте соблюдается противопожарный режим; определены и оборудованы места для курения; определены места и допустимое количество

хранения в помещениях материалов инвентаря; установлен порядок уборки горючих материалов; определен порядок обесточивания электрооборудования в случае пожара и по окончании рабочего дня.

Федеральный закон от 22 июля 2008 года № 123 - ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [5]. Класс рабочей зоны П-III по классификации пожароопасных зон - зоны, расположенные вне зданий, сооружений, строений, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки 61 и более градуса Цельсия или любые твердые горючие вещества. Класс рабочей зоны 0-й по классификации взрывоопасных зон - зоны, в которых взрывоопасная газовая смесь присутствует постоянно или хотя бы в течение одного часа;

6.8 Экологическая безопасность

Защита селитебной зоны.

Санитарно-защитные зоны вокруг предприятий по добыче нефти устанавливаются на расстоянии не менее 300 м до жилой застройки, согласно «СанПиН 2.2.1/2.1.1.1031-03».

Скважины закладываются за пределами границ зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов назначения, охранных зон нефтегазопроводов, водозаборных, других промышленных и гражданских объектов.

Пользователь недр обязан обеспечивать сохранность скважин, находящихся в консервации, и мониторинг безопасности ликвидированных скважин, расположенных в пределах лицензионного участка.

В случае, когда длительность консервации ОПО может превысить сроки, предусмотренные документацией на его консервацию, такой объект подлежит ликвидации или должен вновь пройти экспертизу промышленной безопасности* с целью продления сроков безопасной консервации и оценки угрозы причинения вреда имуществу, жизни или здоровью населения, окружающей среде.

Защита атмосферы.

Мероприятия по охране атмосферного воздуха

При строительстве объектов обустройства загрязнение атмосферы происходит в результате выделения: продуктов сгорания топлива (передвижной транспорт); растворителей (окрасочные работы); сварочных аэрозолей (сварочные работы).

Основные источники выбросов углеводородов в атмосферу при эксплуатации месторождения: устье факела, дымовые трубы ПТБ, дыхательные клапаны резервуаров, неплотности фланцевых соединений и ЗРА аппаратуры, сальниковые уплотнения насосов, воздушники емкостей, автотранспорт.

В целях предупреждения загрязнения атмосферного воздуха необходимо предусмотреть ряд мероприятий по предотвращению аварийных выбросов вредных веществ в атмосферу, в которые входят: полная герметизация системы сбора и транспорта нефти; стопроцентный контроль швов сварных соединений трубопроводов; защита оборудования от коррозии; сброс нефти и газа с предохранительных клапанов аппаратов в аварийные емкости; сброс жидкости из аппаратов в подземную емкость перед остановкой оборудования на ремонт;

Защита гидросферы.

Мероприятия по охране поверхностных и подземных вод

Негативное воздействие на водную среду при разработке месторождения осуществляется при строительстве кустовых площадок эксплуатационных скважин и коридора инженерных сетей к ним, при использовании подземного водозабора (пресных вод для нужд строительства эксплуатационных скважин и минерализованных вод в системе ППД), сбросе сточных вод, аварийных разливах минерализованных вод и нефти.

В процессе строительства, обустройства и эксплуатации нефтегазодобывающих месторождений на поверхностные и подземные водные объекты оказывается следующее воздействие [7]: изъятие природных вод для использования на собственные нужды; загрязнение водных объектов в

результате аварийных сбросов, утечек, дренажа и случайных разливов, связанных с эксплуатацией промысловых объектов, аварийных ситуаций на трубопроводах; изменение режима стока водоемов в результате проведения земляных работ, нарушения рельефа, удаления растительного покрова.

Мероприятия по охране и рациональному использованию водных ресурсов включают в свой состав следующие: прокладка в единых коридорах совмещенных коммуникаций с учетом эколого-экономической оценки разрушаемых экосистем; движение транспорта только по постоянным дорогам; временные дороги (зимники) будут функционировать только в зимний период, запрет на движение транспорта вне дорог; ликвидация всех замазученных участков, прежде всего, в водоохраных зонах рек и озер; выбор специальных мест для захоронения отходов (например, отработанные карьеры); сооружение специальных площадок для ремонта и мойки авто; обязательное проведение рекультивационных работ перед сдачей участка основному землепользователю; использование установки электроприводной запорной арматуры, автоматически перекрывающей трубопроводы при падении в них давления; 100% контроль швов сварных соединений трубопроводов.

Защита литосферы.

Основными источниками загрязнения почв при эксплуатации нефтяных скважин являются нефтепродукты (ГСМ), проливаемые на землю при заправках или ремонте техники, промышленные и бытовые стоки, еще нередко сбрасываемые на стройплощадках и базах на рельеф, а также отходы стройматериалов и твердые бытовые отходы.

В зависимости от интенсивности и продолжительности загрязнения почв и грунтов нефтепродуктами предусматривают техническую, химическую и биологическую рекультивацию. Первая из них включает работы по очистке территории, планировке нарушенных участков и механической обработке почвы (рыхление, дискование) для искусственной аэрации ее верхних горизонтов и ускоренного выветривания загрязнителя. Для восстановления продуктивности нефтепромысловых земель рекомендуется провести их

глубокую вспашку и оставить для перегара (гелиотермическая мелиорация). Под влиянием гелиотермической обработки усиливаются процессы деградации нефтепродуктов, улучшается водовоздушный режим и повышается биохимическая активность почв [7].

4. 6.9 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В процессе выполнения технологических работ на кустовой площадке месторождения возможны следующие аварийные ситуации:

- открытое фонтанирование нефти из скважин;
- порывы нефтесборной сети и сети ППД.

В результате открытого фонтанирования может быть выброшено на поверхность несколько десятков тонн нефти. В этом случае возможно и попадание ее в открытые водоемы рек и озёр и в подземные горизонты. Это самый опасный вид аварии.

При разливе нефти в окружающую природную среду принимаются меры для быстрого устранения аварии.

В случае разгерметизации трубопроводов в системе ППД необходимо действовать согласно правилам ликвидации аварии:

- сообщить непосредственному руководителю об аварии;
- перекрыть в блоке гребенки соответствующую отсекающую арматуру на поврежденный трубопровод;
- закрыть задвижку (буферную, центральную) на самой скважине;
- дождаться бригаду линейно-эксплуатационной службы.

Для предупреждения возможных аварий предусматривается:

Оснащение трубопровода автоматическими системами обнаружения утечек, оперативного оповещения и отсекания поврежденных участков труб. На участках трубопроводов, расположенных в водоохраных зонах или участках поймы, трубопроводы оборудуются задвижками; применение трубопровода с наружным и внутренним антикоррозийным покрытием; организация мониторинга за коррозионным состоянием трубопровода;

проведение планово-предупредительного ремонта (ППР) эксплуатируемого оборудования.

Рассмотренные виды ЧС

1) Во время сильных морозов, ветров, ливней все работы запрещаются. К числу мероприятий по улучшению условий труда при работе на открытом воздухе относится также создание микроклимата на рабочих местах с помощью соответствующих агрегатов и устройств.

При замерзании линий или задвижек и образования в них гидратных пробок в процессе исследования скважины их следует отогревать горячей водой или паром. Применение открытого огня для отогрева задвижек и линий, а также применение ломов и других предметов для расхаживания задвижек запрещается.

2) Мерами, направленными на пресечение попыток совершения террористического акта на объекте (территории), являются:

а) информирование работников, находящихся на объекте (территории), о порядке действий при обнаружении признаков подготовки террористического акта;

б) своевременное обнаружение угрозы совершения террористического акта на объекте (территории) и информирование об этом территориальных органов безопасности;

в) ограничение доступа к обнаруженным потенциально опасным предметам (веществам);

г) обучение и отработка действий работников охраны по предотвращению террористических актов в конкретных условиях обстановки.

Выводы к разделу:

В условиях резко континентального климата рабочие нефтегазовой промышленности подвергаются воздействию ряда неблагоприятных факторов, таких как химические вещества, высокий уровень шума и вибрации. На организм работающих в нефтегазодобывающем производстве, воздействует ряд неблагоприятных факторов трудового процесса: динамические и статистические нагрузки, вынужденная рабочая поза, высокая нервно-эмоциональная напряженность, вахтовый метод организации труда, нерациональный режим труда, отдыха и питания.

Абсолютное большинство работ, связанных с добычей газа, осуществляется на открытом воздухе, и только на отдельных этапах первичной подготовки и транспортировки газа работники большую часть смены находятся в производственных помещениях (машинисты насосных и компрессорных установок).

Заключение

В результате проделанной исследовательской работы были выявлены: Твердых частиц размером 20 мкм при дебите 100 м³/сут, угле наклона ствола 10 градусов и вязкости скважинного флюида 1 мПА*сек не поднимаются выше 180 метров;

Частицы размером $d_j > 40$ мкм при средних дебитах $Q_{ж} = 250-300$ м³/сут при небольших углах наклона ствола скважины (< 15 градусов) оседают на стенке эксплуатационной колонны на высотах 200-250 метров над забоем;

Фракции частиц 100 и 200 микрон не могут проходить через сетку фильтра и собираться снаружи из-за не происходит равномерного обтекания поверхности двигателя и гидрозащиты.

Для анализа и прогнозирования характеристика течения жидкости с твердыми частицами в вертикальной скважине была разработана простая математическая модель, которая учитывает теплоперенос и взаимодействие между жидкостью и твердыми частицами:

- ❖ Вычислительный алгоритм обеспечивает систематический подход для прогнозирования областей с высокой концентрацией частиц и оптимальных полей скорости и температурой переноса для предотвращения осаждения и накопления частиц в вертикальных нефтяных скважинах;
- ❖ Методология может быть использована для снижения затрат путем определения оптимальных условий эксплуатации, которые сводят к преуменьшению проблемы обеспечения потока, время простоя и тяжелые требования к восстановлению для течения жидких частиц в вертикальных скважинах под различные ограничения;

При наличии тонкодисперсных частиц в потоке для увеличения СНО насосного оборудования необходимо в скважине устанавливать фильтры ближе к приему УЭЦН. При этом фильтры должны обеспечивать надежное улавливание частиц размером менее 10-15 мкм.

5. Список использованной литературы

1. Дополнение к технологической схеме разработки Усть-Балыкское месторождения. - ООО «РН-Юганскнефтегаз», 2007 г.
2. Бабуха Г.Л., Шрайбер А.А. Взаимодействие частиц полидисперсного материала в двухфазных потоках.– Киев: Наукова думка. 1972.175с.
3. Oil & Gas Science and Technology – Rev. IFP Energies nouvelles, Vol. 66 (2011), No. 6, pp. 979-989
4. Хайбуллин , Р. М. Предотвращение пескопроявления из скважин осложненного фонда [Текст] / Р . М . Хайбуллин , А . Р . Эпштейн , В. Г. Карамышев, А. А. Бекбаулиева, Л. Р . Хасаншин // НТЖ «Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов » / ИПТЭР . 2009. Вып. 4 (78). С. 3741.
5. Нигматуллин Р. И. Динамика многофазных сред: в 2 ч. М.: Наука, 1987. Ч. 1. 464 с. Ч. 2. 360 с.
6. 2. Кутепов А. М., Латкин А. С. Вихревые процессы для модификации дисперсных систем. М.: Наука, 1992. 250 с.
7. Маркелов Д.В. Центробежная сепарация газа и твёрдых частиц в приёмных устройствах погружных насосных установок для добычи нефти. - Дис канд. техн. наук.- М., 2007. - 118 с.
8. Влияние механических примесей и методы борьбы с ними при эксплуатации скважин погружными центробежными насосами в ОАО «Юганскнефтегаз» j Дроздов А.Н., Кудряшов С.И., Маркелов Д.В. и др. - Доклады XII Всероссийской технической конференции по УЭЦН, Альметьевск, 27-30 сентября 2004 г.
9. Маркелов Д.В. Опыт эксплуатации УЭЦН в условиях интенсификации добычи нефти и роль сервиса в работе погружного комплекса. -Доклады XI Всероссийской технической конференции ОАО «АЛНАС». - М.: АЛНАС. – 2002 г.
10. Влияние модифицирования, микролегирования и термической обработки на коррозионную стойкость и механические свойства стали 15Х5М / Т. В.

- Тетюева [и др.] // *Металловедение и термическая обработка металлов.* — 2012. — № 10. — С. 15–22.
11. Трение и износ насосного оборудования в скважинах с повышенным содержанием механических примесей / А. Г. Газаров, В.П. Жулаев, А. Р. Буранчин и др. // *нефтегазовое дело.* 2011. Т. 9, № 1. С. 25-30
 12. Башкатов А.Д. Прогрессивные технологии сооружения скважин. М.: Недра-Бизнесцентр, 2003. 554 с.
 13. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Гидродинамика. М.: Физматлит, 2001. Т. VI. 736 с.
 14. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. М.: Дрофа, 2003. 840 с.
 15. Седов Л.И. Механика сплошной среды. СПб.: Лань, 2004. Т. 1. 560 с.
 16. Valle A. Multiphase pipeline flows in hydrocarbon recovery // *Mult. Sci. Tech.* V.10. 1998. P.1–139.
 17. Brinkmann H.C. On the viscosity of emulsions // *J. Chem. Phys.* V.20. 1952. № 3. P. 571–584.
 18. Мищенко И.Т. Скважинная добыча нефти: учеб. пособие для вузов. М: Изд-во РГУ, 2003.
 19. Численное моделирование обтекания погружной части установок электроцентробежных насосов с фильтром а.с. [Текст] / Топольников, Т.К. Уразаков, Д.П. Казаков // 2009, Том 7, № 2. – С. 89–95.
 20. F.N. Harlow and J.E. Welch. Numerical calculation of time-dependent viscous incompressible flow with fluid with free surface. *Physics of Fluids*, 8 :2182–2189, 1965.

SIMULATION OF THE HYDRODYNAMICS OF TWO-PHASE FLOW IN RISER PIPES OF OIL WELLS

Приложение А

(справочное)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ93	Фай Демба		

Руководитель

Группа	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
2БМ93	Арбузов В.Н	к.ф.- м.н., доцент		

Консультант – лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Миронова В.Е	К. Филон.Н.		

Обзор моделирования гидродинамики двухфазного потока в подъемных трубах нефтяных скважин.

A review of modeling of two-phase flow hydrodynamics in lifting pipes of oil wells.

1.1 A review of modeling of two-phase flow hydrodynamics in lifting pipes of oil wells.

1.2 What is a two-phase flow?

The most common class of Multiphase Flows are two-phase flows, and these include the following:

Gas-liquid flows. This is probably the most important form of multiphase flow, and is found widely in a whole range of industrial applications. These include pipeline systems for the transport of oil-gas mixtures, evaporators, boilers, condensers, submerged combustion systems, sewerage treatment plants, air-conditioning and refrigeration plants, and cryogenic plants. Gas-liquid systems are also important in the meteorology and in other natural phenomena.

Gas-solid flows. Flows of solids suspended in gases are important in pneumatic conveying and in pulverised fuel combustion. Fluidised beds may also be regarded as a form of gas-solid flow. In such beds, the solid remains within the fixed container while the gas passes through. However, within the bed itself, both the gas and the solid are undergoing complex motions.

Liquid-liquid flows. Examples of the application of this kind of flow are the flow of oil-water mixtures in pipelines and in liquid-liquid solvent extraction mass transfer systems. Solvent extraction equipment includes packed columns, pulsed columns, stirred contactors and pipeline contactors.

Liquid-solid flows. The most important application of this type of flow is in the hydraulic conveying of solid materials. Liquid-solid suspensions also occur in crystallisation systems, in china clay extraction and in hydro-cyclones.

Why we are studying two-phase modeling?

The phenomenon of concurrent flow of granular or particulate liquids and solids (known in English as slurry flow) should not be ignored by chemical engineering, as its field of applications in the industry is vast and extensive. As in gas-solid systems, the design of equipment whose main component is the flow of liquids and solids in parallel, was an unknown art for any engineer outside these systems. In early 1906, liquid-solid flow systems comprised almost exclusively city and industrial drains, which were designed and built by civil engineers.

With the design and construction of large coal-by-water pipelines in the early 1950s in various parts of the world, liquid-solid biphasic flow research intensified, and in this way chemical engineering was able to glimpse a better future by converting this discipline into science.

1.3 Background

Lifting oil sand occurs in vertical wells even when a sand management system is implemented. The design of vertical wells requires detailed knowledge of oil flow and solid particles to predict the hydraulic performance of the well. Doan et al. (1996) developed an analytical and numerical modeling to study the transport of oil flows and solid particles in vertical wells. The model consists of a suspension of solid particles homogeneously dispersed in petroleum, where the particles have different diameters, flowing under isothermal conditions. This approach does not take into account the particle-particle interactions, since they are negligible compared to the interactions between the solid particles and the medium fluid. The suspension of solid particles is treated as a continuum and the fluid phase as Newtonian. In this model, the viscosity and the size of the particles are taken into account in the transport process in order to study the influence of the particles on the filter but also on the evolution of the pressure drop in the pumping equipment.

Gillies et al. (1991) developed a correlation for hydraulic conveyance to predict pressure gradients in oil-sand pipe flows with sand bed loads. The predictions qualitatively agreed with the measured pressure drop. King et al. (2001) developed a model based on the traditional minimum transport velocity and pressure gradient, accounting for both boundary layer and viscous drag effects. The resulting

equation provided the necessary pressure gradient required for transport, depending on whether the particle diameter is larger or smaller than the thickness of the viscous sub-layer.

In [1] the authors developed a correlation on the process of hydraulic transport in order to predict the pressure gradients in vertical tube flows of petroleum and solid particles. The results are in perfect agreement with the measured pressure drop. In [2] a model based on the carrier phase velocity and the pressure gradient, taking into account both the effects of the boundary layer and the viscous drag was investigated. The resulting equation provided the pressure gradient necessary for fluid flow, depending on whether the diameter of the solid particles is greater or less than the thickness of the viscous sub-layer. In [4] a model for estimating the pressure gradient in vertical well flow was investigated, therefore two limiting velocities were presented to prevent particle deposition and erosion in vertical wells.

This model can be used for the prediction of the pressure gradient in the flow of oil and suspended solid particles through vertical wells. Note also that models have been used to analyze the flow of fluids with solid particles in vertical wells, there has been no published publication dealing with the impact of solid particles on the pump organs and on the gradient. optimum pressure and transport speed. Analysis of this question allows us to quantify the impact of the flow of oil with solid particles on the pressure and concentration profiles of wells and the estimation of the productivity of vertical wells.

In this part we will present a theoretical review on the flow of two-phase fluids in the presence of solid particles in vertical wells. The model presented involves the conservation equations of mass and momentum. in this model maximization functions were used to obtain the velocity of the fluid flow while minimizing the pressure drop.

limit on the modeling of two-phase flows with solid particles

the different models for two-phase flux modeling can be divided into two classes. The first method describes the motion of the carrier phase and the motion

of solid particles, based on the representation of Euler's continuum. The other method includes methods based on the Euler-Lagrangian description of the motion of two-phase flows: the carrier phase equations are solved in the Euler formulation, while the motion of solid particles is described by the Lagrangian formulation, which are integrated along their trajectories.

Euler- Lagrangian description

For more than a decade, the issues of mathematical modeling of the dynamics and heat transfer of turbulent or laminar two-phase flows in pipes have been topical. By now, the following methods of modeling laminar or turbulent flows in channels have been developed and spread.

Application of the theory of interacting and interpenetrating continua, as well as the Reynolds averaging procedure, which makes it possible to obtain conservation equations for the averaged quantities characterizing obphase, or the so-called continual approach [1-5]. In this case, the system of governing equations is closed by using semi-empirical models of turbulent transfer, which introduce into consideration the differential equations for the one-point correlation moments of the pulsating quantities of the phase fluids and the particle medium.

Using the kinetic equation for the probability density function of the velocity and temperature of particles in a turbulent flow to obtain closed equations of dynamics and heat transfer of the dispersed phase in the Euler representation [1].

The conservation equations for the averaged characteristics of the solid phase are closed, as a rule, by invoking the transport equations for the second one-point moments of the velocity and temperature fluctuations of the particles.

Using the mixed Euler-Lagrangian approach [3, 4]. In this case, to describe the flow and heat transfer of the carrier medium, continuous models presented in Eulerian coordinates are used, and the motion of particles in the flow is modeled within the framework of the Lagrangian representation, which makes it possible to track changes in the dynamic and thermal characteristics of individual particles along their trajectories, taking into account the reverse effect of the ensemble

particles onto the carrier medium. In this case, turbulent pulsations of the gas velocity can be found using the methods of stochastic modeling [5].

Two circumstances can be distinguished:

- 1) • First, an increase in concentration leads to the opposite effect of particles on the parameters of the fluid flow, and the calculations must be carried out in several iterations, which complicates the calculation procedure.
- 2) • Second, an increase in concentration means an increase in the likelihood of collision of solid particles, which leads to confusion of their trajectories.

There are two limiting classes of flow:

- a flow with particles that have extremely low inertia (the case of an equilibrium flow);
- flow with an extremely low concentration of the dispersed phase (when their presence has no effect on the flow of the carrier fluid).

The equations describing the motion of the discrete phase are integrated along separate trajectories in the previously calculated velocity field of the carrier medium. The solutions are then averaged over all the data received. the contribution the interaction of the solid particles with the vortices of the carrier phase increases as the size of the particles decreases which implies the increase of the number of realizations.

The arguments made in this section are summarized in Fig. 1.1.

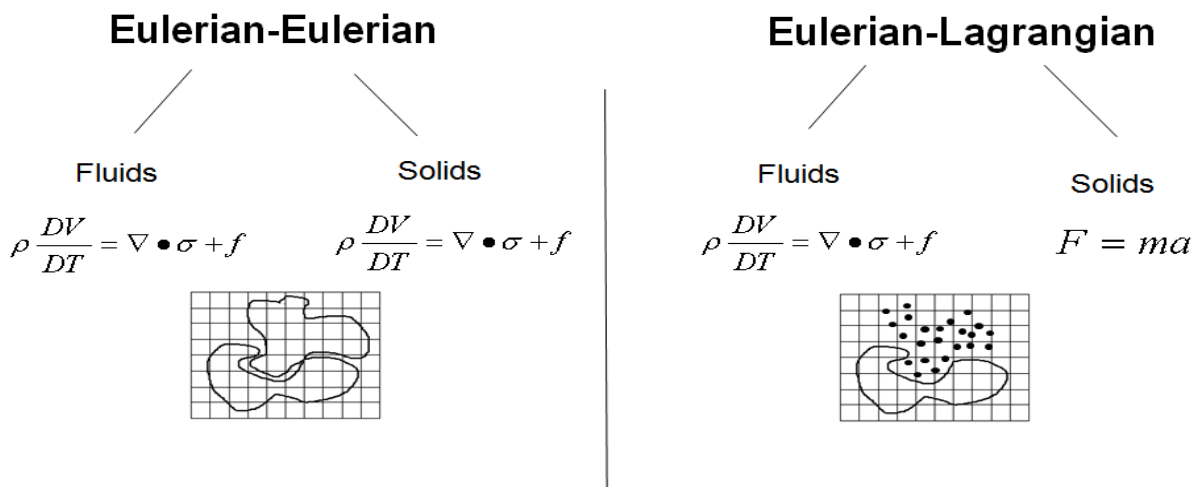


Fig. 1.1– The Eulerian-Eulerian vs. Eulerian Lagrangian modeling approach.

Two-phase flow assumptions:

- the mixture between the two phases is heterogeneous;

- the mixture of oil and solid particles is assumed to be a Newtonian fluid;
- the flow field is governed mainly by the interaction of between the two phases;
- In the absence of interfacial mass transfer between the phases, the acceleration effects are neglected;
- the components of the speed vector (radial, tangential) have been neglected;
- No 'effects of the distribution of large-scale flows and fluctuations;
- no interaction between solid particles;
- In a calculation cell, the pressures in all the phases are the same.

Classification of solid particles

The fluidization of particle beds can occur in two ways, homogeneously or with the appearance of bubbles, depending on the size of the particles and the density of the particles. According to these fluidization patterns, [1] Gibilaro, Hossain and Foscolo classified the particles into three groups, presenting them on a graph (Figure 1.2).

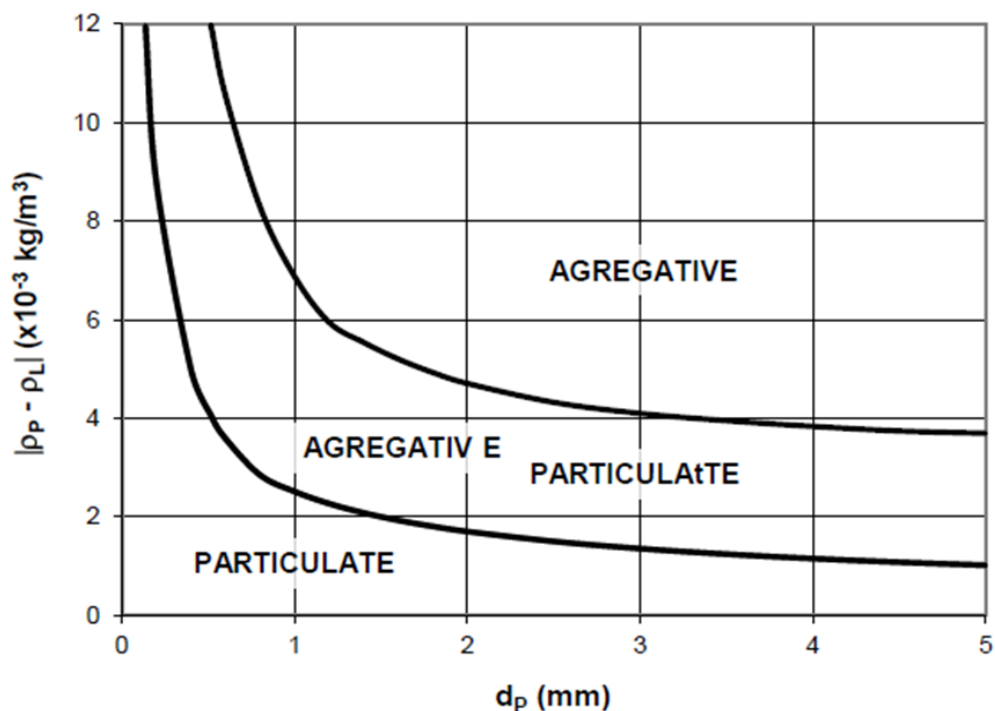


Figure 1.2 – Particle classification map of Gibilaro-Hossain-Foscolo. (1986). [1]

Flow patterns in horizontal piping

There are five liquid-solid biphasic flow patterns in horizontal pipes (Figure 3), which are arranged in decreasing order of liquid speed are as follows:

Homogeneous flow – Solid particles are completely suspended in the liquid and are evenly distributed throughout the pipe flow area. The presence of particles affects the rheology of the liquid. If the concentration of the solids is less than 5% by volume, the flow behavior is of a Newtonian type, and if the concentration is higher, the flow behaves like a non-Newtonian fluid. This flow rate occurs at very high surface liquid speeds. By remaining a single homogeneous phase, it is often referred to as pseudohomogeneous flow.

Heterogeneous flow – By decreasing the speed of the liquid, the larger and heaviest particles descend to be transported by the liquid phase in the lower portion of the tube. Particles are still suspended, so there is no sediment at the bottom of the pipe. It is also known as heterogeneous slurry.

Dune flow– Further decreasing the speed of the liquid phase, to a value less than the rate of sedimentation, the particles begin to precipitate, thus forming sediments whose transport is carried out in the form of dunes or mounds. The liquid velocity determines the type of dunes present, which are similar to those in the flow to two phases gas-solid:

Longitudinal dune flow: Immediately below the sedimentation rate, the particles form elongated dunes, parallel to the pipe, which advance in the direction of the flow. The width of these dunes is approximately 0.1 times the diameter of the pipe, and its length is 1 to 3 times the diameter of the pipe. It is also known as sediment flow, belt flow, or saltation flow.

Transverse dune flow – At a lower liquid speed, the particles form dunes perpendicular to the pipe, which advance in the direction of the flow. Its appearance is that of islands or clusters of well-defined particles. As the speed of the liquid phase decreases, the length of the dunes decreases and their height increases. This flow pattern is the classic dune flow, also known as stratified flow.

Ripple flow– At lower liquid speeds, particles form a stationary bed at the bottom of the pipe. In the middle portion, the particles advance slowly, sliding over the stationary bed. At the top, the liquid is flowing freely at a higher speed relative

to the stationary bed, carrying particles that form waves or waves that move in the direction of the flow as transverse dunes. It is often called flow with stationary bed.

Moving bed flow

By further decreasing the surface speed of the liquid phase, the particles fully occupy the flow area of the pipe, thus the upper portion flowing slowly and the lower portion remains stationary. If the liquid speed drops further, the movement of the particles ceases causing the line to be blocked. It is also called continuous dense phase flow.

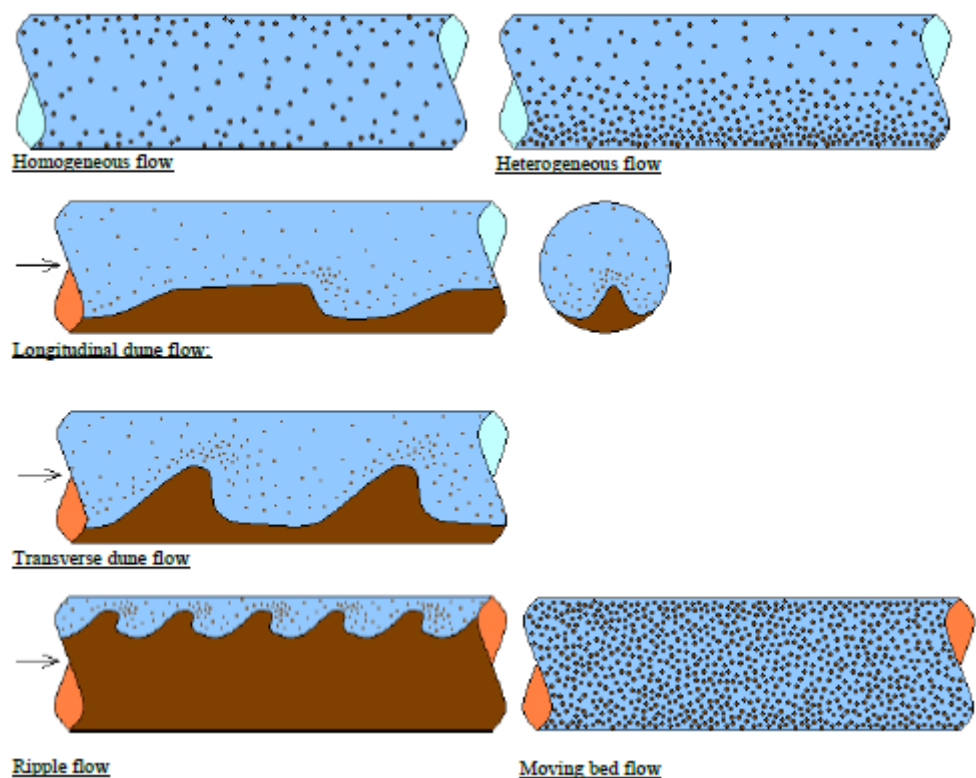


Figure 1.3. – Flow patterns to two phases liquid-solid system in horizontal pipes.

These flow patterns are classified according to the concentration of the solids in the flow area of the pipe, as follows:

1.2.1.- Diluted phase flow:

The concentration of particles is relatively low, as the surface velocity of the liquid is higher than that of sedimentation of solids, which are dispersed in the liquid phase; it is also known as diluted phase hydraulic transport: homogeneous and heterogeneous flows.

Dense phase flow

The surface velocity of the liquid is less than that of sedimentation of the particles, causing an accumulation of particles in the pipe; it is also known as dense phase hydraulic transport: flows with dunes, wave and with mobile bed.

4.-FLOW PATTERNS IN VERTICAL PIPES

Unlike the gas-solid flow, the existing patterns in the vertical and descending liquid-solid biphasic flow are practically the same, due to the great influence of the viscosity and density of the liquid on the fluid-particle interactions, which dominate along with particle-particle interactions over those existing between the particles and the pipe wall, as mentioned above. The only difference between the two types of flow is the actual movement of the particles, for this reason the upstream patterns will be exposed separately from those corresponding to the downstream.

4.1.- Upstream vertical flow patterns

There are three patterns of which one is two-phase flow and the other two are fluidization (Figure 7). The latter, along with the fixed bed, are exposed only to provide a broader view of the phenomenon. Fixed in increasing order of liquid velocity, flow patterns are:

Fixed bed

As seen in gas-solid systems, this flow rate is not a real flow pattern to two liquid-solid phases, nor fluidization, as the particles remain motionless while the liquid ascends through the gaps between them. This type of bed is presented at surface fluid rates lower than the minimum fluidization velocity. It is also called packed bed.

Particulate fluidization

The bed expands as the surface velocity of the liquid increases. The liquid phase flows through the interstitials between the particles, which increase in size evenly with expansion. In this way, there are no inhomogeneities in the bed, such as bubbles or liquid bullets inside. It is given at surface rates of liquid greater than

the minimum fluidization and lower than the terminal speed of descent of the particles (terminal settling velocity).

Aggregative fluidization

In this pattern of fluidization, inhomogeneities appear in the bed, such as the formation of liquid bubbles within the bed of solid particles, giving it an appearance of being boiling. Liquid bubbles are similar to those of their gaseous counterpart, in the fluidization with bubbling in gas-solid systems, as they have a station of particles in their immediate lower portion. Liquid bullets can also occur, similar to bullet flow in gas-solid systems, or the appearance of stretch marks or liquid bands, which move upwards. This fluidization regime occurs only with particles belonging to the group whose fluidization is of this type, and at surface rates of liquid greater than the minimum fluidization but less than the terminal rate of descent of the particles.

Hydraulic transport

This is the only real two-phase flow pattern observed in vertical uplines, as it is characterized by the dragging of particles from the bottom portion of the pipe to the top. At low liquid speeds, solid particles are evenly dispersed throughout the pipe flow area. At higher liquid rates, particles tend to flow preferably through the center of the tube, causing the formation of a liquid ring, which contains a small amount of particles in its sinus. It occurs at higher surface liquid speeds at the terminal rate of particle descent.

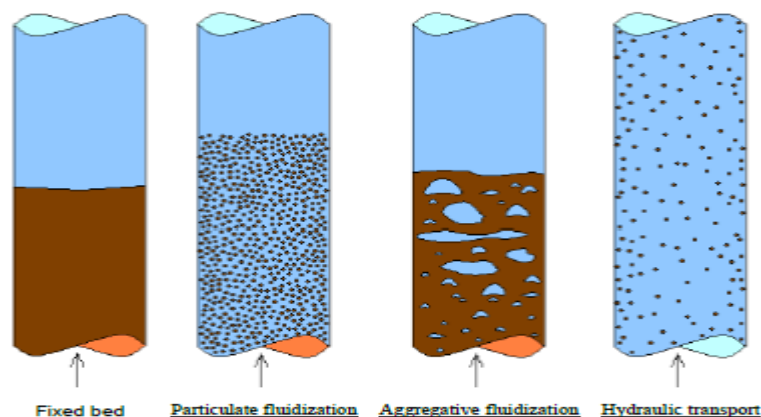


Figure 1.4. – Upstream patterns to two phases liquid-solid system in vertical pipes.

References

1. Gibilaro L.G., Di Felice, R., Waldram, S.P., Foscolo, P.U.-Generalized friction factor and drag coefficients correlations for fluid particle Interactions-Chem. Eng. Sc.,40,10, p.1817 (1985)
2. Di Felice, R.- Hydrodynamics of liquid Fluidization-Chem. Eng. Sc., 50,8, p.1233 (1995).
3. Foscolo, P.U., Gibilaro, L.G.-A fully predictive criterion for the transition between particulate and aggregate fluidization- Chem.Eng.Sc.-39,12, p.1667 (1984).
4. Newitt, D.M., Richardson, J.F., Abbott, M., Turtle, R.B.-Hydraulic conveying of solids in horizontal pipes-Trns.Instn.Chem.Eng.,33,2, p.93 (1955).
5. Durand, R., Condolios, E. –Comunication de R. Durand et E. Condolios- Compte rendu des deuxiemes journees de L'Hydraulique, Soc.Hyd.de France, June, p.29 (1952).