

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки: «Нефтегазовое дело»
Профиль подготовки: «Строительство глубоких нефтяных и газовых скважин в сложных горно-геологических условиях»
Отделение нефтегазового дела

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Модернизация циркуляционных систем буровых установок

УДК 622.24.06-048.35

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ6Д	Трапезников Андрей Игоревич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Епихин Антон Владимирович	—		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Макашева Юлия Сергеевна	—		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Задорожная Татьяна Анатольевна	к.т.н.		

По разделу, выполненному на иностранном языке

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Стрельникова Анна Борисовна	к.ф.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ковалев Артем Владимирович	к.т.н.		

Томск – 2018 г.

Планируемые результаты обучения по ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P1	Применять естественнонаучные, математические, гуманитарные, экономические, инженерные, технические и глубокие профессиональные знания в области современных нефтегазовых технологий для решения <i>прикладных междисциплинарных задач и инженерных проблем, соответствующих профилю подготовки (в нефтегазовом секторе экономики).</i>
P2	Планировать и проводить аналитические и экспериментальные <i>исследования с использованием новейших достижений науки и техники, уметь критически оценивать результаты и делать выводы, полученные в сложных и неопределённых условиях; использовать принципы изобретательства, правовые основы в области интеллектуальной собственности.</i>
P3	Проявлять профессиональную <i>осведомленность о передовых знаниях и открытиях</i> в области нефтегазовых технологий с учетом <i>передового отечественного и зарубежного опыта; использовать инновационный подход</i> при разработке новых идей и методов <i>проектирования</i> объектов нефтегазового комплекса для <i>решения инженерных задач развития</i> нефтегазовых технологий, <i>модернизации и усовершенствования</i> нефтегазового производства.
P4	<i>Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современные машины и механизмы</i> для реализации технологических процессов нефтегазовой области, обеспечивать их <i>высокую эффективность</i> , соблюдать правила <i>охраны здоровья и безопасности труда</i> , выполнять требования по <i>защите окружающей среды.</i>
P5	Быстро ориентироваться и выбирать <i>оптимальные решения в многофакторных ситуациях</i> , владеть методами и средствами <i>математического моделирования</i> технологических процессов и объектов.
P6	Эффективно использовать любой имеющийся арсенал технических средств для максимального приближения к поставленным производственным целям при <i>разработке и реализации проектов</i> , проводить <i>экономический анализ затрат, маркетинговые исследования, рассчитывать экономическую эффективность.</i>
P7	Эффективно работать <i>индивидуально</i> , в качестве <i>члена и руководителя команды</i> , умение формировать задания и <i>оперативные планы</i> всех видов деятельности, распределять обязанности членов команды, готовность нести <i>ответственность за результаты работы.</i>
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно <i>повышать квалификацию</i> в течение всего периода профессиональной деятельности; активно <i>владеть иностранным языком</i> на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, разрабатывать документацию и защищать результаты инженерной деятельности.

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки: «Нефтегазовое дело»
Профиль подготовки: «Строительство глубоких нефтяных и газовых скважин в сложных горно-геологических условиях»
Отделение нефтегазового дела

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ Ковалев А.В.
(Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ6Д	Трапезникову Андрею Игоревичу

Тема работы:

Модернизация циркуляционных систем буровых установок
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Разработка ресурсоэффективных циркуляционных систем буровых установок. Проведение анализа комплектующего оборудования циркуляционных систем отечественного и зарубежного производства.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ol style="list-style-type: none">1. Аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений науки и техники в рассматриваемой области;2. Проведение анализа комплектующего оборудования циркуляционных систем;3. Финансовый менеджмент;4. Социальная ответственность;5. Перевод одной из основных частей литературного обзора на английский язык;

	6. Выводы по работе.
Перечень графического материала	Необходимость в графических материалах отсутствует.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережения	Ассистент, Макашева Юлия Сергеевна
Социальная ответственность	Ассистент, к.т.н., Задорожная Татьяна Анатольевна
Разделы, выполненные на иностранном языке	Доцент, Стрельникова Анна Борисовна
Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:	
Development of perfect circulating systems drilling device	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Епихин Антон Владимирович	—		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ6Д	Трапезников Андрей Игоревич		

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

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ6Д	Трапезникову Андрею Игоревичу

Школа	ИШПР	Отделение	нефтегазового дела
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	«Строительство глубоких нефтяных и газовых скважин в сложных горно-геологических условиях»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Стоимость материально-технических, энергетических, финансовых и человеческих ресурсов научного исследования при разработке совершенной циркуляционной системы</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>SWOT-анализ проекта</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научно-исследовательских работ</i>	<i>Бюджет научно – технического исследования (НТИ) 1. Расчет материальных затрат научно-технического исследования 2. Основная заработная плата исполнителей темы 3. Отчисления во внебюджетные фонды 4. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта</i>
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
1. <i>Матрица SWOT</i> 2. <i>Календарный график проведения НТИ</i>	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Макашева Юлия Сергеевна	—		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ6Д	Трапезников Андрей Игоревич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ6Д	Трапезникову Андрею Игоревичу

Школа	ИШПР	Отделение	Нефтегазового дела
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	«Строительство глубоких нефтяных и газовых скважин в сложных горно-геологических условиях»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования и области его применения	<i>Объект исследования циркуляционные системы и комплектующее оборудование для них. Предмет исследования разработка и совершенствование циркуляционных систем и комплектующее оборудование для них.</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность 1.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования 1.2. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований 1.3. Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов	<i>Анализ выявленных опасных и вредных факторов на буровой установке (действие факторов на организм человека, приведение допустимых норм с ссылками на нормативные документы, меры предосторожности):</i> 1. Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; 2. Повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования, материалов; 3. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; 4. Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны; 5. Повышенный уровень шума на рабочем месте; 6. Повышенный уровень вибрации; 7. Отсутствие или недостаток естественного света; недостаточная освещенность рабочей зоны.
2. Экологическая безопасность 2.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду 2.2. Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду 2.3. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды	<i>Анализ природной среды, подвергающейся воздействию от работы буровой установки:</i> <ul style="list-style-type: none"> • Земля и земельные ресурсы. • Лес и лесные ресурсы. Уничтожение, повреждение и

	<p>загрязнение почвенного покрова. Лесные пожары. Оставление недорубов, захламление лесосек.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Вода и водные ресурсы. <p>Загрязнение производственными водами (буровой раствор, нефтепродукты, минеральные воды).</p> <p>Загрязнение бытовыми стоками.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Недра. • Животный мир. <p>Оценка предполагаемого вредного воздействия</p> <p>Природоохранные мероприятия</p>
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <p>3.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследования</p> <p>3.2. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований</p> <p>3.3. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС</p>	<p>Перечень наиболее опасных производственных чрезвычайных ситуаций в нефтегазовом комплексе:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Пожары • Открытые фонтаны <p>– Разработка превентивных мер по предупреждению ЧС</p> <p>Разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</p>
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <p>4.1. Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства</p> <p>4.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя.</p>	<p>Права и обязанности Работника в сфере бурения нефтяных и газовых скважин (трудовые нормы, поощрения, меры безопасности на объекте, запреты и др.)</p>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Задорожная Татьяна Анатольевна	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ6Д	Трапезников Андрей Игоревич		

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки: «Нефтегазовое дело»
Профиль подготовки: «Строительство глубоких нефтяных и газовых скважин в сложных горно-геологических условиях»
Отделение нефтегазового дела
Уровень образования: Магистратура
Период выполнения: (весенний семестр 2017/2018 учебного года)

Форма представления работы:

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

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

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	<i>Выполнение литературного обзора</i>	50
	<i>Проведение лабораторных исследований</i>	40
	<i>Устранение недочетов в работе</i>	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Епихин Антон Владимирович			

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ковалев Артем Владимирович	к.т.н.		

Приложение 1

Development of perfect circulating systems drilling device

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ6Д	Трапезников Андрей Игоревич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Епихин Антон Владимирович			

Консультант-лингвист Отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Стрельникова Анна Борисовна	к.ф.н.		

Оглавление

Введение.....	123
1. Теоретическая часть.....	145
1.1 Основные проблемы, связанные с циркуляционными системами	146
1.2 Функции циркуляционных систем и предъявляемые к ним требования	16
1.3 Классификации циркуляционных систем	17
1.4 Информация для проектирования циркуляционных систем.....	20
1.5 Оборудование циркуляционных систем.....	21
2. Сравнение оборудования циркуляционных систем ...	Ошибка! Закладка не определена.
2.1 Буровые насосы.....	Ошибка! Закладка не определена.
2.2 Оборудование блока приготовления и обработки раствора.....	44
2.3 Блок очистки бурового раствора.....	49
3. Укомплектованность циркуляционных систем	66
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..	67
4.1 SWOT- анализ.....	68
4.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	69
4.3 Формирования организационной структуры управления инженерным проектом.....	71
4.4 Составление бюджета разработки и внедрение инженерных решений..	72
4.5 Проведение анализа безубыточности инженерного проекта.....	73
4.6 Оценка эффективности инженерных решений.....	75
4.7 Анализ потенциальных рисков и разработка мер по управлению.....	76
Список литературы.....	92

Введение

В бытности Российской Федерации в последние годы топливно-энергетический комплекс играет одну из важнейших ролей. Особенное место в нем отводится нефтегазодобывающей промышленности.

Даже в условиях финансового кризиса, падения цен на нефть и уменьшения объемов строительства скважин, бурение будет оставаться актуальным на протяжении всего времени, пока будет вестись добыча углеводородов.

В XXI веке наука в бурении движется огромными темпами. Уровень производства работ 20-летней давности несравним с нынешним. Постоянно идет модернизация оборудования, буровые компании берут курс на повышении культуры производства, внедряют новые технологии, постепенно уменьшается доля ручного труда в общем объеме работ. Но некоторые проблемы остаются актуальными на протяжении многих лет.

Одной из таких проблем является несовершенство циркуляционных систем, применяемых, как в бурении, так и в капитальном ремонте скважин. Циркуляционные системы – эта та часть бурового оборудования, которой модернизация касается лишь частично. Производство циркуляционных систем и оборудования для очистки бурового раствора ведется

отечественными производителями с 70-х годов XX века. А последний нормативный документ, предъявляющий требования к циркуляционным системам датируется 1989 годом (ГОСТ 16293-89). Учитывая ужесточенные в последние годы экологические и экономические нормы по отношению к производству буровых работ, актуальность проблемы совершенствования циркуляционных систем не вызывает вопросов.

В практической части работы предполагается предложить авторские решения по решению проблем связанных с несовершенством ЦС. Кроме того, будут предложены способы решения проблем, возникающих на отечественном рынке производителей ЦС.

Работа будет выполнена на основании знаний, полученных в процессе изучения специальных дисциплин. Будут проведены все необходимые экономические и технологические расчеты. Предполагается использование демонстрационного материала, а также реальных данных последних лет.

По результатам ВКР предполагается проводить дальнейшие исследования с целью внедрения новых конструктивных решений на отечественном рынке производителей бурового оборудования.

1. Теоретическая часть

1.1 Основные проблемы, связанные с циркуляционными системами

Россия ежегодно делает большой вклад в общий объем добываемых в мире полезных ископаемых, особенно нефти и газа. Но, как уже говорилось, в нефтегазовой промышленности на данный момент много нерешенных проблем. В бурении нефтяных и газовых скважин много проблем связано с циркуляционными системами. Среди них:

- Отсутствие предприятий производителей бурового оборудования, в том числе и для циркуляционных систем, на территории Западной и Восточной Сибири. Как известно, разработка месторождений России в ближайшие годы связана именно с ними. Эта проблема оказывает существенное влияние при подсчете общих расходов буровой компании, так как транспортировка бурового оборудования из европейской части России дорогостоящая и занимает много времени.

- Конструктивное несовершенство существующих циркуляционных систем. Именно этот недостаток сказывается на увеличении расходов в процессе бурения, которые в основном идут на перерасход химических реагентов для регулирования свойств бурового раствора из-за его некачественной очистки. Также конструктивные недостатки ЦС существенно влияют и на скорость проводимых технологических операций.

- Высокая опасность по отношению к окружающей среде при использовании циркуляционных систем. Оборудование для приготовления,

хранения и очистки бурового раствора, выпускаемое отечественными производителями, отвечает требованиям ГОСТ 16293-89 [15], но не проходит контроль, если он проводится по зарубежным стандартам.

- Плохие условия труда. В условиях повсеместного повышения уровня культуры производства буровых работ, условия труда помощников бурильщика пятого разряда, работающих в ЦС очень низки.

- Слабое внедрение в производство новых технических и технологических решений. Отечественные производители оборудования и буровые компании в отличие от зарубежных ведут себя излишне консервативно. Это подтверждается малым интересом с их стороны к новым разработкам ученых, которые могли бы повысить многие показатели бурения, улучшить условия труда. Эта проблема является особенно актуальной по отношению к модернизации ЦС, на которую практически не тратятся финансовые активы предприятий.

Были рассмотрены наиболее острые и важные проблемы, которые оказывают существенное влияние на технологические и экономические показатели эффективности бурения. В работе предполагается привести авторские варианты решения этих проблем с последующим внедрением предложений по совершенствованию в отечественную практику бурения.

1.2 Функции циркуляционных систем и предъявляемые к ним требования

Очистка ствола скважины – важнейший фактор, обеспечивающий успешное бурение и определяющий качество цементирования на заключительном этапе ее строительства [2]. Поэтому основные функции циркуляционной системы буровой установки должны быть на таком уровне, чтобы совместно с геолого-техническими условиями бурения достигалась цель максимально качественной очистки скважины от выбуренной породы и предупреждения возможных осложнений и аварий.

Циркуляционная система представляет собой комплекс механизмов и оборудования, включаемый в состав комплекта буровой установки [1]:

- для приготовления и хранения буровой промывочной жидкости;
- закачивания раствора в скважину;
- химической обработки буровой промывочной жидкости;
- очистки буровой промывочной жидкости от шлама;
- дегазации буровой промывочной жидкости (отделение буровой промывочной жидкости от газа);
- долива раствора в скважину при подъеме труб.

В процессе углубления скважины в буровую промывочную жидкость попадает буровой шлам, пластовый флюид (нефть, вода, конденсат) или газообразный (углеводородный газ, в том числе кислый), которые должны быть определенно удалены. Попадание в промывочную жидкость шлам показывает вредное влияние на технологические свойства и приводит к

ухудшению технических показателей бурения. Поэтому очистка буровой промывочной жидкости является наиболее важной ступенью.

В методах уменьшения загрязнения окружающей среды при бурении в конструкцию ЦС включают устройства, предотвращающие утечки буровой промывочной жидкости на землю и осуществляющие ее сбор и переработку. В случае необходимости (в соответствии с требованиями природоохранных органов) качество очистки буровой промывочной жидкости доводится практически до технической воды за счет включения в состав ЦС специального блока коагуляции и флокуляции, работающего совместно с центрифугами [3]. При необходимости очистки промывочной жидкости от газообразного флюида, в состав ЦС включаются специальные устройства для очистки – сепараторы и дегазаторы. Помимо этого, ввиду сложившейся экономической обстановки, имеют место особые требования к экономической целесообразности использования данной ЦС. Также в новых циркуляционных системах большое значение имеют требования к поддержанию высоко уровня культуры производства и уровня труда.

1.3 Классификации циркуляционных систем

Циркуляционные системы наиболее удобно классифицировать по функциональным и конструктивным признакам и по принадлежности к тому или иному типу буровых установок [3].

1.3.1 Классификация по принадлежности к типу буровой установки

1. Для кустового бурения – циркуляционные системы, выполненные в модульном исполнении на рельсовых опорах;
2. Для стационарных буровых установок – циркуляционные системы, выполненные на стационарных опорах;
3. Для мобильных установок – передвижные циркуляционные системы на колесном или гусеничном ходу, ЦС в блочно-модульном исполнении (отличаются от вышеуказанных меньшими габаритами).

1.3.2 Классификация по конструктивным признакам

Данная классификация основывается на различии ЦС по способу транспортирования к месту использования, то есть на месторождение.

1. Крупноблочные;
2. Блочно-модульные;
3. Блочные.

Также циркуляционные системы подразделяются по монтажеспособности. Блочно-модульные ЦС проходят на заводе полную сборку с разводкой всех технологических трубопроводов и электрических коммуникаций с последующей стыковкой на быстро - разъемных соединениях, что дает меньше затрата времени при первичном и повторном монтажах на месте бурения.

В последние годы, в связи с повышенным вниманием к безопасности экологии при проведении буровых работ, а также при увеличении объемов бурения с платформ на море появилась новая классификация циркуляционных систем.

1.3.3 Классификация ЦС по способу утилизации отходов

1. ЦС для бурения со шламовым амбаром – перед бурением проводятся земляные работы с целью оборудования шламового амбара, места, куда будет сбрасываться шлам и отработанный буровой раствор. После проведения буровых работ отходы утилизируют, иногда ША просто зарывается. Этот факт делает такие ЦС опасными для окружающей среды, так как буровой раствор представляет собой сложную физико-химическую смесь из различных веществ и химических реагентов, которые могут быть весьма токсичны.
2. ЦС для бурения без шламовых амбаров – применяется при бурении на море, а также в местах с особыми требованиями к охране окружающей среды. Но данные ЦС распространены слабо, так как при их использовании необходимо дополнительное дорогостоящее оборудование, а также сама технология проведения обезвреживания и утилизации отходов не надежна и требует больших расходов.

В данном разделе были рассмотрены основные типы циркуляционных систем, а также критерии, по которым идет классификация самих ЦС, а также комплектующего оборудования.

1.4 Информация для проектирования циркуляционных систем

Для проектирования и компоновки циркуляционной системы, как мобильной, так и стационарной, от заказчика требуется определенный комплекс информации. Достоверность информации очень важна, так как неправильная комплектация ЦС может привести к сильному нарушению режима бурения, следовательно, и к большим затратам.

При оформлении технического задания на ЦС или МЦС заказчик должен предоставить следующую информацию [9,10]:

- Требуемый объем буровой промывочной жидкости на дневной поверхности;
- Производительность буровых насосов при циркуляции промывочной жидкости;
- Высота устья буровой установки и тип буровой установки;
- Направления сброса шлама с блока очистки и схема расположения емкостей ЦС относительно буровой установки;
- Укомплектованность блока очистки;
- Тип укрытия (жесткое или каркасно-тентовое);
- Тип отопления;
- Тип коллектора выбросит (труба, коробчатый желоб);
- Тип системы долива;
- Необходимость системы приготовления бурового раствора, системы приготовления растворов химических реагентов, системы хранения растворов химреагентов;
- Потребность во встроенной водяной емкости;

- Потребность в центрифуге, дегазаторе, сепараторе и другом дополнительном очистном оборудовании;
- Требуемые габариты ЦС.

Различные предприятия могут предъявлять дополнительные требования в предоставлении информации, но она зачастую не влияет на конструкцию и комплектацию ЦС.

Целый ряд дополнительных требований к заказчику предъявляется при заказе ЦС с системой обезвреживания шлама [10]:

- Требуемая производительность по шламу;
- Исполнение (стационарное или в составе буровой установки);
- Способ подвода шлама: шнек с буровой, автомобиль, конвейер;
- Способ вывоза смеси; автомобиль, на конус под грейдеровку, амбар, контейнер;
- Климатическое исполнение;
- Тип укрытия;
- Способ отопления;
- Высота выгрузки шлама шнеком (для варианта работы с буровой установкой);
- Другие требования, например, собственного водоснабжения, системы затаривания и т.д.

При условии предоставления достоверной и полной информации по требуемой ЦС заказчик получит полностью укомплектованный и подготовленный к использованию в данных геолого-технических условиях комплекс оборудования.

1.5 Оборудование циркуляционных систем

Для правильного проектирования конструкции и комплектации циркуляционных систем специалисту необходимо хорошо знать перечень используемого оборудования. Он должен знать принцип и условия работы всех механизмов, их достоинства и недостатки в сравнении с другими. Кроме того, проектировщик должен знать наиболее известных производителей данного оборудования и следить за появлением новых технических и технологических решений на рынке.

Оборудование в ЦС весьма разноплановое, каждая его единица имеет свое определенное назначение, поэтому необходимо ввести классификацию:

1. Блоки циркуляционных систем;
2. Насосы;
3. Оборудование для очистки буровой промывочной жидкости;
4. Оборудование для приготовления и перемешивания буровой промывочной жидкости;
5. Дополнительное оборудование.

1.5.1 Блоки циркуляционных систем

Блоки циркуляционных систем в свою очередь также можно классифицировать. Эта классификация разделяет блоки ЦС по функциональному назначению:

- Блоки очистки;

Блоки очистки нужны с целью ведения буровых работ по малоотходной или безамбарной технологии и состоят в составе ЦС буровых установок всех классов. Они очищают буровую промывочную жидкость от шлама с размером частиц более 5 мкм, обработку на центрифуге сливов гидроциклонов с удалением шлама пониженной влажности, а также регенерацию барита после завершения бурения скважины, переработку избытков буровой промывочной

жидкости с его разделением на обратную воду и шлам пониженной влажности, дегазацию буровых промывочных жидкостей.

Оборудование для очистки бурового раствора будет рассмотрено в соответствующем пункте.

- Блоки для приготовления буровых растворов и специальных жидкостей;
Блоки приготовления буровых растворов и спецжидкостей предназначены для приготовления буровых промывочных жидкостей, химреагентов и различных технологических жидкостей при строительстве и капитальном ремонте скважин. Устанавливаются в состав циркуляционных систем буровых установок всех классов, а также с установками для капитального ремонта скважин и другими техническими средствами.

При правильном проектировании данного блока и использовании в нем качественного многофункционального оборудования можно получить следующие преимущества: уменьшение времени на приготовление растворов; возможность одновременного смешивания и диспергирования компонентов раствора за один цикл циркуляции жидкости; исключение потерь материалов; экологическая безопасность процесса приготовления химических реагентов, буровых промывочных жидкостей; механизация и безопасность работ; простота обслуживания и эксплуатации, возможность организации обратного водоснабжения на буровой.

Оборудование для приготовления и перемешивания бурового раствора будет рассмотрено в соответствующем пункте.

- Блоки обезвоживания буровых растворов;
Блок обезвоживания буровых растворов нужен для удаления избытка буровой промывочной жидкости из циркуляции, а также обезвоживания слива из центрифуги при регенерации барита из бурового раствора.

Этот блок применяется вместе с центрифугой или встраивается в циркуляционную систему с использованием центрифуги.

- Блок для хранения сыпучих материалов;

Этот блок нужен для приема, хранения, сыпучих материалов, приготовления и утяжеления буровой промывочной жидкости. Делает возможным загрузку бункеров сыпучими материалами (глинопорошок, цемент, барит, химические реагенты) непосредственно из цементных агрегатов и с помощью существующего в комплекте пневмопогрузчика – из контейнеров и мешков. Контрольно-измерительная аппаратура обеспечивает контроль загрузки, хранения и выдачи сыпучих материалов [4].

Данный блок применяется в основном на буровых установках для бурения нефтяных и газовых скважин глубиной более 5000 м [4].

- Приемный блок;

Это блок, который предназначен для перемешивания и подготовки бурового раствора к закачке в скважину. Он представляет собой емкость, оснащенную гидравлическими или механическими перемешивателями. По конструкции он схож с промежуточными блоками, с которыми он соединен посредством трубопровода. Также этот блок соединен с буровым насосом, которые обеспечивает его подачу с необходимым расходом в скважину.

- Блоки для химической очистки буровых сточных вод;

Блок, предназначенный для подготовки буровых сточных вод к использованию в оборотном водоснабжении буровой установки на технические нужды, при приготовлении буровых и тампонажных растворов или к нормативному сбросу на поверхность территории.

- Промежуточный блок;

Промежуточный блок предназначен для хранения необходимого объема бурового раствора. На емкостях блока установлены гидравлические или механические перемешиватели. По конструкции этот блок аналогичен приемному блоку и связан с ним трубопроводом, движение раствора по которому контролируется насосом и задвижками.

- Блоки обезвоживания и утилизации отходов бурения;

Эти блоки используются в процессе сооружения скважины при использовании безамбарной технологии. Принцип действия их заключается в

непрерывной очистке бурового раствора от шлама, полном разобщении некоторой части бурового раствора на твердую и жидкую фазы, при вторичном использовании жидкой фазы на разбавление, приготовление новых порций бурового раствора и другие цели, а по закачиванию бурения – в отвердевание обезвоженной твердой фазы с помощью различных вяжущих добавок, в частности, цемента.

- Система долива раствора в скважину;

Эта система представляет собой эжектор, который подключен посредством трубопровода либо к промежуточному блоку, либо к специальной емкости с буровым раствором, используемой для долива скважины.

- Комбинированные блоки.

Это оборудование, которое выполняют функции сразу нескольких блоков в вышеуказанной классификации. Зачастую комбинированные блоки создаются путем объединения идущих последовательно блоков в циркуляционной системе. Например, блок приготовления и очистки бурового раствора или блок обезвоживания, утилизации шлама и химической очистки буровых сточных вод.

Основными производителями, как циркуляционных систем, так и блоков для них являются: ООО «Компания «Техномехсервис» (г. Краснодар), ОАО НПО «Бурение» (г. Краснодар), ЗАО «Промкомплектсервис» (г. Краснодар), ОАО «Хадыженский машиностроительный завод» (г. Хадыженск, Краснодарский край), ООО «Нефтегазмаш-технологии» (г. Краснодар), ОАО «Завод Нефтемаш» (г. Отрадный, Самарская область), Белебеевский машиностроительный завод (г. Белебей), ООО НПК «Буртехмаш» (г. Краснодар) и ряд других предприятий.

1.5.2 Насосы

Насосы – неотъемлемая часть любой циркуляционной системы, используемой для бурения скважин. Буровые насосы, в принципе, не относятся к циркуляционной системе и поставляются отдельно, зачастую, в

комплекте с буровой установкой. Но их нельзя не учитывать при проектировании ЦС, поэтому им следует уделить особое внимание. Также очень важны горизонтальные, вертикальные и другие насосы, которыми должна быть укомплектована любая ЦС.

- Буровые насосы;

Буровые насосы используются для нагнетания буровой промывочной жидкости в скважину под необходимым давлением. Они должны обеспечивать требуемый расход. От работы насосов зачастую зависит качество очистки ствола и забоя скважины от шлама, а также стабильная работа гидравлических забойных двигателей. Основным отечественным производителем буровых насосов является ОАО «Уралмаш». Он выпускает насосы различной мощности и типов (двухпоршневой двухстороннего действия и трехпоршневой одностороннего действия). На рис. №1 представлены буровые насосы ОАО «Уралмаш»: УНБ – 600А – двухпоршневой двухстороннего действия; УНБТ – 950А – трехпоршневой одностороннего действия [4].

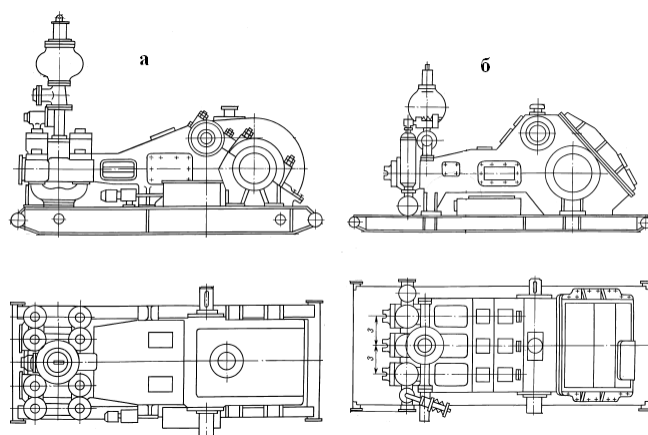


Рисунок №1 Насосы буровые: а – УНБ – 600А; б – УНБТ – 950А.

- Горизонтальные шламовые насосы;

ГШН предназначены для перекачки гидросмесей с мелкой твердой фракцией, в том числе бурового раствора, со следующими характеристиками взвешенных частиц: плотность – 1300-2500 кг/м³; содержание – до 500 кг/м³; твердость частиц по шкале Мооса не выше – 3; размер частиц не более 25 мм

в условиях температуры от 5 до 60 °С. ГШН в основном производят Белебеевский МЗ и АО «Гром» [1]. На рис. №2 представлен ГШН.

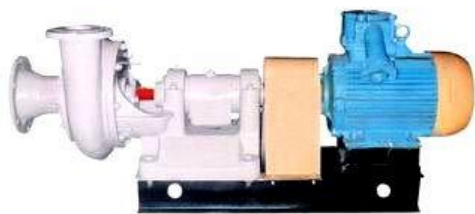


Рисунок №2 Горизонтальный шламочасос

- Вертикальные шламочасосы;

ВШН предназначен для перекачивания, применяемого при бурении скважин промывочного агрегата плотностью до 1300 кг/м³ и подачи загрязненного бурового раствора в гидроциклонную установку для очистки от выбуренного и обвального шлама. Насос работает при перекачивании бурового раствора с температурой от 0 до 50°С с содержанием твердых частиц размером до 20 мм. Корпус насоса при работе должен быть полностью погружен в перекачиваемую жидкость. Иногда применяется удлиненный агрегат электронасосный центробежный вертикальный. Отечественными производителями ВШН являются Белебеевский МЗ, АО «Гром», НПО «Сиббурмаш» [1]. На рис. №3 представлен ВШН.



Рисунок №3 Вертикальный шламочасос

- Центробежные насосы;

Центробежные насосы предназначены для перекачивания бурового раствора и смесей жидкости с твердой фазой, для приготовления, циркуляции и очистки при строительстве и ремонте скважин различного назначения и на вспомогательном оборудовании буровых и ремонтных предприятий.

Отечественным производителем ЦН является Черемховский МЗ [1]. На рис. №4 представлен ЦН.



Рисунок №4 Центробежный насос

- Насосы погружные.

ПН предназначены для транспортирования буровых растворов, чаще – для подачи в центрифугу или в песко- илоотделитель раствора плотностью до 2100 кг/м^3 . Насос устанавливается в отсеке циркуляционной системы, желобе, отдельной емкости или шламовом амбаре. Отечественные производители ПН – ОАО НПО «Бурение», ООО НПК «Буртехмаш», «Компания «Техномехсервис» [1]. На рис. №5 представлен ПН.



Рисунок №5 Насос погружной

1.5.3 Оборудование для очистки

В последствие разрушения горных пород на забое скважины циркулирующий в ней буровая промывочная жидкость постоянно обогащается шламом, что дает начало к приросту плотности, вязкости и

статического напряжения сдвига бурового раствора с различными негативными факторами:

- увеличение вероятности возникновения различного рода осложнений, аварий и др;
- снижение ресурса работы гидравлического оборудования (буровых насосов, вертлюгов);
- снижение механической скорости бурения и проходки на долото.

Повышение содержания твердой фазы в БР на 1 % путем обогащения шламом, уменьшает работоспособность долот на 7...10 % (главный фактор за счет роста вязкости).

Разве что сюда прибавить безызбежные затраты на восстановление свойств БР путем обогащения его шламом (разбавление водой, ввод реагентов - разжижителей и т.д.), то необходимость очистки БР от шлама не вызывает никаких сомнений.

Можно заметить, что эффективная очистка БР может возникнуть только при искусственном ускорении опускания шлама, что проще достигается при вибрациях или за счет центробежного эффекта.

- Вибрационные сита;

Работа вибросита состоит: выходящий из скважины поток БР поступает равномерным слоем на вибрирующей раме сетку, шлам под наклоном сетки выходит за пределы вибрационного сита, а очищенный буровой раствор попадает между отверстиями сетки в приемный мерник.

В составе вибрационного сита находится электродвигатель который и дает колебания рамы и эксцентриковый вал, соединенный с электродвигателем клиноременной передачей.

Главным фактором, определяющим степень очистки, пропускную способность вибрационного сита, величину потерь БР со шламом и срок службы сеток является размер их ячеек.

Степень очистки БР тем выше, чем меньше размер ячеек сетки. Но с уменьшением размера ячеек: уменьшается пропускная способность сеток;

уменьшается срок службы сеток; увеличиваются потери БР, сбрасываемого со шламом в отвал.

Пропускная способность сеток зависит еще и от целого ряда других факторов: площади фильтрующей поверхности; вязкости БР; фракционного состава шлама и его количества в буровом растворе; расхода БР и др.

На ресурсоэффективность сеток наибольшее влияние оказывает их натяжение (провисание не допускается) [5, 8].

В России производством вибрационных сит занимаются: ОАО НПО «Бурение», МГ «Нетегазмаш-Заводы», ООО «Нефтегазмаш-технологии», ООО НПК «Буртехмаш», Белебеевский МЗ, ОАО «Завод Нефтемаш», ОАО «Нефтебур», «Компания «Техномехсервис», НПО «СибБурМаш» [1].

Даже самые лучшие конструкции вибросит обеспечивают удаление из БР не более чем 50 % выбуренной породы [8].

На рис. №6 представлены вибрационные сита различных модификаций.

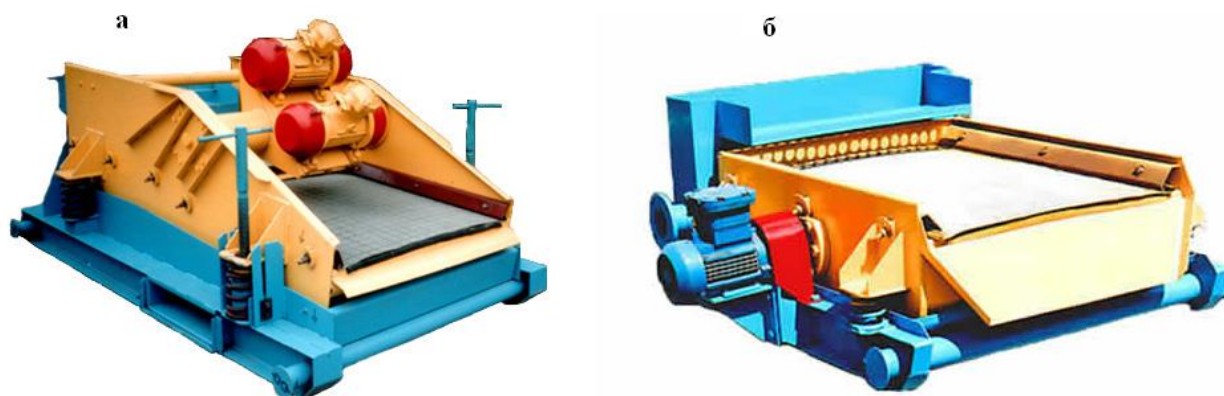


Рисунок №6 Вибрационные сита: а – СВ1ЛМ; б – ВСМ-01.

- Пескоотделители, илоотделители, ситогидроциклонные сепараторы; Предназначены для очистки бурового раствора от тонкодисперсного шлама размером $\geq 0,03$ мм за счет центробежного эффекта.

Конструктивно гидроциклон (см. рис. №7) представляет собой неподвижный аппарат, состоящий из цилиндрической, конической частей и патрубков: питающего 1, сливного 2 и пескового 3.

БР, предварительно очищенный на вибросите, тангенциально (по касательной) вводится внутрь цилиндрической полости гидроциклона, за счет чего приобретает вихревое движение. Под действием центробежных сил частицы шлама отбрасываются к стенкам гидроциклона и опускаются по конусу в песковый патрубок (на сброс). Освободившийся от шлама БР поднимается вверх.

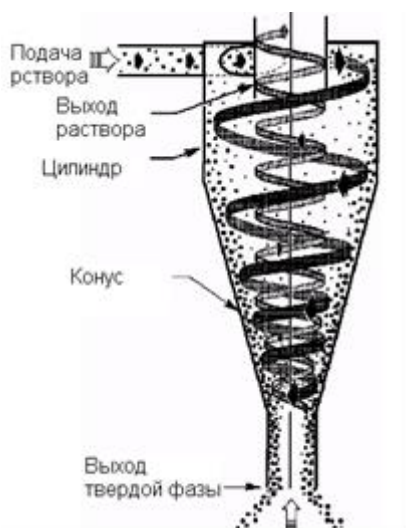


Рисунок №7 Принцип работы гидроциклона

Это происходит, потому что вблизи оси гидроциклона центробежная сила настолько велика, что поток БР разрывается, образуя воздушный столб (разряжение), вдоль которого внутренний поток поднимается вверх и разгружается через сливной патрубок.

Процессы, происходящие в гидроциклоне, настолько сложны, что математическая модель его работы до сих пор отсутствует. По этой причине оптимизировать его технические характеристики достаточно сложно.

Производительность (пропускная способность) гидроциклона и степень очистки в нем БР взаимосвязаны и зависят от многих факторов: диаметра и длины цилиндрической части; угла конусности (обычно 14...20 град); соотношения диаметров питающего и пескового патрубков; давления БР на входе в гидроциклон и др.

В зависимости от минимального размера удаляемых частиц гидроциклоны подразделяют на: пескоотделители (0,08...0,09 мм);

илоотделители (0,03...0,05 мм). Особое внимание следует уделить ситогидроциклонным сепараторам, которые представляют собой совмещенное вибрационное сито и гидроциклон [6, 8].

Наиболее известные отечественные производители гидроциклонов: МГ «Нефтегазмаш-Заводы», ООО «Нефтегазмаш-технологии», ООО НПК «Буртехмаш», ОАО «Завод Нефтемаш», «Компания «Техномехсервис», НПО «СибБурМаш», ОАО «ХМЗ» [1].

На рис. № 8,9 и 10 представлены пескоотделитель, илоотделитель и ситогидроциклонный сепаратор соответственно.

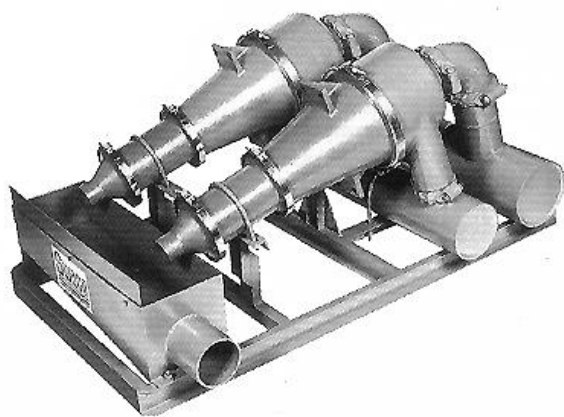


Рисунок №8 Пескоотделитель

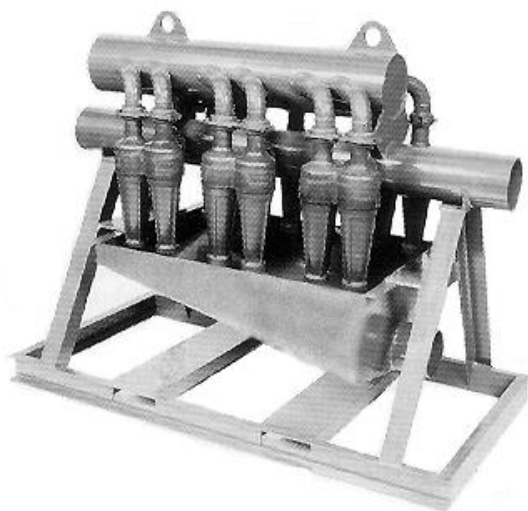


Рисунок №9 Илоотделитель



Рисунок №10 Ситоциклоновый

сепаратор

- Фильтр-пресс;

Предназначен для тонкой очистки технологических жидкостей, используемых при вторичном вскрытии и ремонте нефтяных и газовых скважин. Применение фильтр-прессов обеспечивает: простоту конструкции и компактность при большой площади фильтрования; малую потерю жидкости при фильтровании (на более 2%); высокую степень очистки (содержание твердой фазы с размером частиц в фильтрате до 2 мкм – не более 0,07%); возможность просушки осадка; возможность многократного использования технологической жидкости. Фильтр-прессы выпускаются ОАО НПО «Бурение» [1].

- Центрифуги;

Центрифуга предназначена для очистки бурового раствора от выбуренной породы размером 2 - 44 мкм и регенерации утяжелителя.

Центрифуга представляет собой декантер (см. рис. №11), предназначенный для удаления твердых частиц из жидких фракций. Жидкие буровые растворы непрерывно подаются в длинную цилиндрическую секцию центрифуги, в которой она формирует пристеночное пространство для образования слоя осадка, известное под названием отстойной зоны. Толщина этого слоя определяется рядом выпускных отверстий в конце цилиндрической секции или барабана декантера. Очищенная от твердых частиц жидкость выпускается через эти отверстия благодаря центробежной силе. Так как

твердые частицы тяжелее жидкости, они остаются в виде отложений или осадка на стенке барабана. Эти отложения непрерывно удаляются с помощью винтового транспортера или шнека и подаются к конической части барабана. Там они выгружаются через отверстия в узком конце этой части барабана. Осветленная жидкость вытекает с противоположного конца центрифуги.

Отечественные производители центрифуг: ОАО НПО «Бурение», ООО НПК «Буртехмаш», «Компания «Техномехсервис» [1].

На рис. №12 представлена центрифуга.

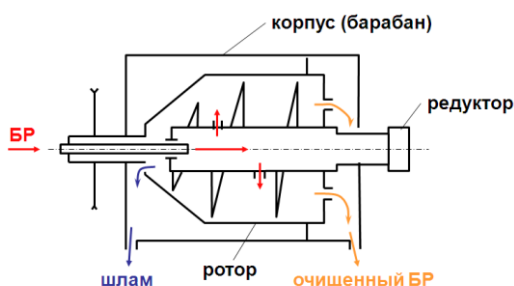


Рисунок №11 Принцип работы центрифуги



Рисунок № 12 Центрифуга ОГС-50

- Дегазаторы;
- Газосепараторы.

Газосепараторы и дегазаторы предназначены для очистки бурового раствора от загрязняющего его газа. Если буровой раствор загрязнен не сильно и газ не токсичен, то используется только дегазатор, а если газа много и он токсичен, то используется комбинация газосепаратора и дегазатора.

Конструктивно газовый сепаратор (см. рис. №13) представляет собой герметичный баллон объемом до 4 м³ с целым рядом патрубков: входным 1, газовым 2, сливным 3 и шламовым 4. Входной патрубок расположен тангенциально.

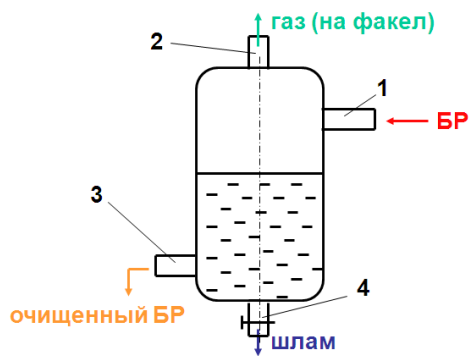


Рисунок №13 Принцип работы газового

сепаратора

При вводе бурового раствора в составе которого находится в сепаратор: уменьшается скорость потока бурового раствора; вихревое движение приобретает поток БР (возникает центробежная сила). В газовом сепараторе объединяется два способа разрушения пузырьков газа: экранный, работающий на принципе резкого торможения потока; центробежный, работающий на принципе вращения потока бурового раствора. Парная работа этих способов и обеспечивает лучшее выделение газа из жидкости (действуют силы инерции и гравитации).

Принцип работы дегазаторов которые используются в бурении (см. рис. №14) положен барометрический способ разрушения газовых пузырьков (изменение давления путем вакуумирования).



Рисунок №14 Принцип работы

дегазатора

Когда закрываются все клапана включается вакуум-насос. Когда разрежение достигает нужной величины, приемный клапан открывается и загазированный БР засасывается в камеру, в которой освобождается от газа, где отсасывается вакуум-насосом. Если уровень бурового раствора в камере

достигает максимально допустимой высоты, то открывается выпускной (соединяет камеру с атмосферой) и сливной клапаны [7, 8].

Производители газовых сепараторов и дегазаторов в России: Сызранский завод «Нефтемаш», ОАО НПО «Бурение», МГ «Нефтегазмаш-Заводы», ООО НПК «Буртехмаш», «Компания «Техномехсервис», НПО «Сиббурмаш», ООО «Нефтегазмаш-технологии».

На рис. №14 представлены дегазаторы и газовый сепаратор.

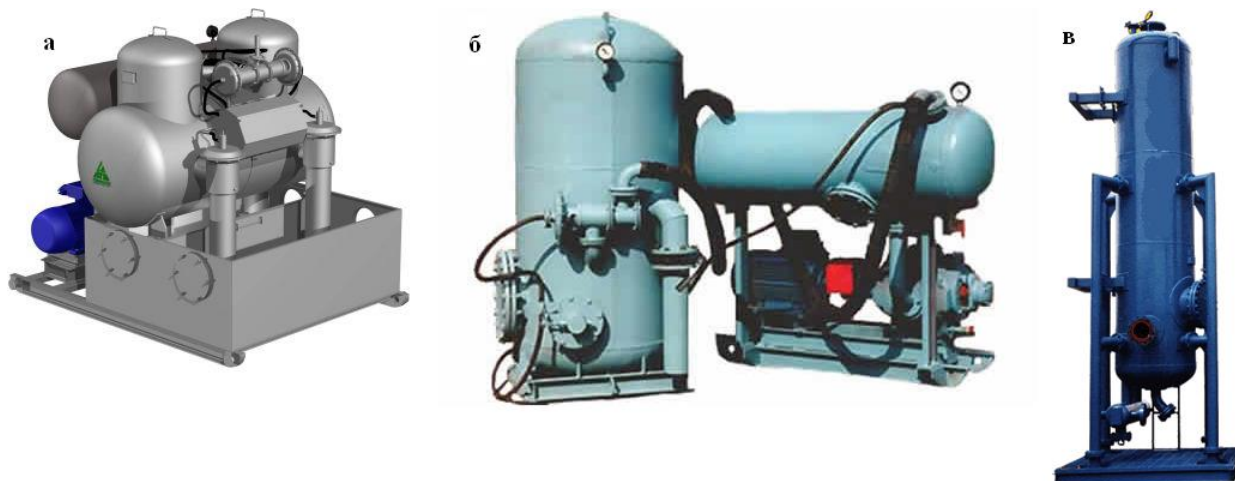


Рисунок № 14 Оборудование для очистки БР от газа: а – Вакуумный дегазатор ДВС-3; б – дегазатор «Каскад-40»; в – гидро-газовый сепаратор.

1.5.4. Оборудование для приготовления и перемешивания буровой промывочной жидкости

- Механические мешалки;
 - ✓ Фрезерно-струйные мельницы (ФСМ);
 - ✓ Лопастные;
- Гидравлические мешалки;
 - ✓ Гидромониторные;
 - ✓ Вихревые;
 - ✓ Эжекторные;
- Перемешиватели механические;
- Перемешиватели гидравлические.

Механические мешалки лопастного типа (см. рис. №15) имеют вид металлической емкости цилиндрического или овального сечения, внутри

которой находятся один или два вала с лопастями (например, лопастная механическая мешалка марки МГ2-4Х имеет два вала и емкость объемом 4 м³). Достоинством этой мешалки является простота конструкции и высокое качество приготовления БР. Но при этом она имеет низкую производительность (до 6 м³/ч при использовании глинопорошков).

На рис. № 16 представлена механическая мешалка марки МГ2-4Х.

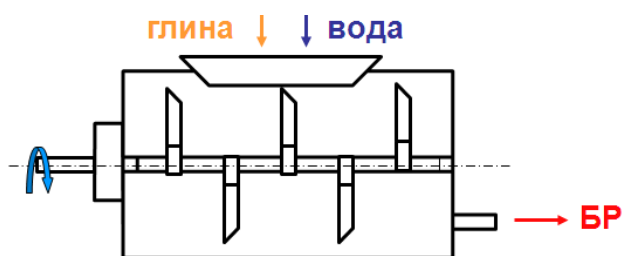


Рисунок №15 Принцип работы

механической мешалки

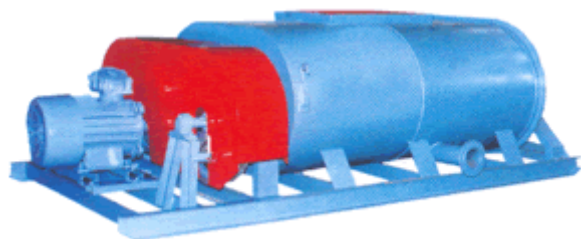


Рисунок №16 Механическая мешалка

МГ2-4Х

ФСМ (см. рис. №17) состоит из бункера 1, ротора 2 с лопастями, диспергирующей рифленной плиты 3 и выходной решетки 4.

Принцип работы ФСМ: исходные материалы, непрерывно подаваемые в бункер, обжимаются лопастями вращающегося ротора и выходят на диспергирующую плиту. Дополнительное диспергирование исходных материалов осуществляется при ударе струй, выбрасываемых лопастями ротора, о выходную решетку.

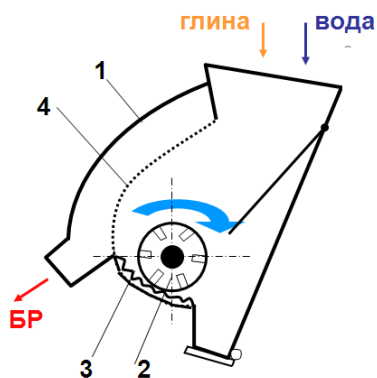


Рисунок №17 Принцип работы фрезерно-струйной мельницы

Достоинствами ФСМ являются наиболее простая конструкция и высокая производительность (до 20...25 м³/ч при использовании механизированной загрузки глинопорошка). Недостатки: получается низкое качество бурового раствора. Что бы повысить качество получаемого бурового раствора, можно следовать двумя путями: много раз циркулировать раствор по схеме: ФСМ - емкость насос - ФСМ; пропусканием приготовленного в ФСМ раствора через специальные устройства – диспергаторы, обеспечивающие дополнительное измельчение частиц (агрегатов) глины.

На рис. №18 представлена фрезерно-струйная мельница ФСМ-7.

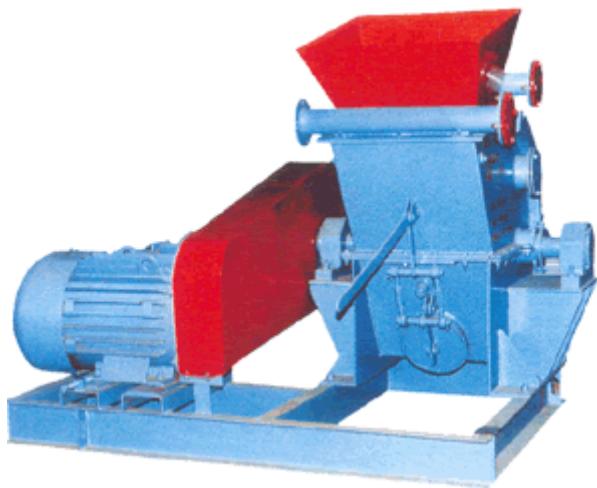


Рисунок №18 ФСМ-7

Мешалка гидравлическая типа эжкторного (см. рис. №19) она состоит из приемной 1 и смесительной 2 камер, сменного штуцера (сопла) 3, загрузочной воронки 4 и линии подвода 5 глинопорошка (утяжелителя) от бункеров БПР-70.

Принцип действия мешалки эжекторного типа: когда происходит истечения воды (раствора химреагентов) из сопла с высокой скоростью в приемной камере происходит разряжение, в следствие чего в неё из воронки (из бункера БПР) засасывается глинопорошок (утяжелитель). Плюсы мешалок эжекторного типа: высокая производительность (70...90 м³/ч при непрерывной механизированной подаче глинопорошка). Недостатки: в механических мешалках лопастного типа качество бурового раствора лучше чем гидравлических.

Улучшить качество приготавливаемого раствора можно с помощью диспергаторов (см. рис. № 20), в частности, гидравлического диспергатора ДГ-1, работающего на принципе соударения двух струй.

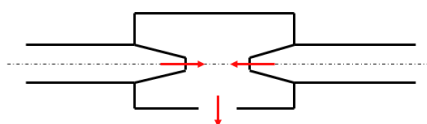


Рисунок №20 Принцип работы диспергатора

При соударении в камере ограниченного объема двух высокоскоростных струй возникают кавитационные явления (кавитация – образование газовых пузырьков в результате уменьшения давления в быстродвижущейся жидкости), ультразвук и другие эффекты, интенсифицирующие процесс диспергирования.

Также БР высокого качества можно получить, работая с гидравлическими мешалками вихревого типа. Гидравлическая мешалка вихревого типа (см. рис. №21) состоит из приемной воронки 1, наружного цилиндра 2 с выходным патрубком 3 и внутреннего цилиндра 4 с входным патрубком 5.

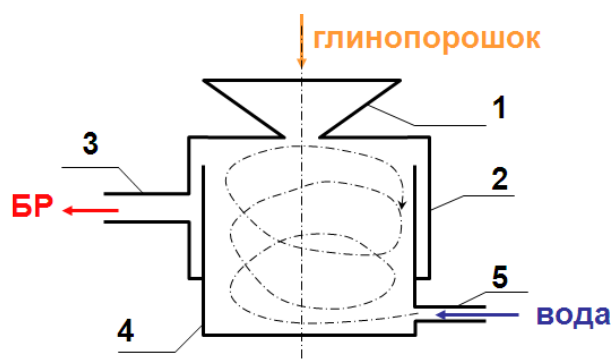


Рисунок №21 Принцип работы

гидравлической мешалки вихревого типа

Под давлением вода закачивается в патрубок 5 и, в связи что он имеет тангенциальное расположение, «закручивается» внутри цилиндра 4, образуется слой жидкости, внутри которого создается разрежение.

В конечном итоге глинопорошок засасывается из приемной воронки 1, зацепляется с быстровращающимся слоем жидкости, перемешивается в нем интенсивно (крупные агрегаты перетираются о стенки под действием центробежных сил), полученная суспензия, вращаясь по спирали, поднимается вверх и перекачивается в наружный цилиндр.

Механические перемешиватели имеют состав электродвигателя, редуктора, вала и перемешивающего органа пропеллерного (ПМ) или турбинно-пропеллерного типа (ПЛ), который расположен ближе ко дну приемной емкости.

Действие гидравлических перемешивателей направленно на использовании кинетической энергии струи бурового раствора, выходящего из насадки с высокой скоростью. Имеются управляемые и неуправляемые гидравлические перемешиватели. Управляемые это которые представляют пожарный ствол с рукояткой, поворотом которой можно направить струю бурового раствора в любую зону приемной емкости (4УПГ, ПГ). Неуправляемые гидравлические перемешиватели работают по действию сегнерова колеса, т.е. являются самовращающимися (ПГС). По мимо устройств, предназначенных для приготовления бурового раствора, приемные емкости наземной циркуляционной системы буровой установки оснащаются еще и перемешивателями [8].

Отечественные производители оборудования для приготовления и перемешивания буровых растворов: ООО «Нефтегазмаш-технологии», ОАО «Хадыженский МЗ», МГ «Нефтегазмаш-заводы», ООО НПК «Буртехмаш», Белебеевский МЗ [1].

На рис. № 22 представлены механический и гидравлический перемешиватели.

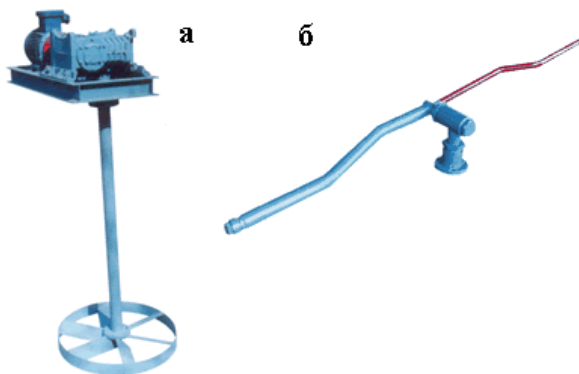


Рисунок №22 Перемешиватели: а - механический турбинно-пропеллерного типа (ПЛ); б – управляемый гидравлический 4УПГ

1.5.5 Дополнительное оборудование

К дополнительному оборудованию можно отнести контрольно-измерительную аппаратуру. В качестве КИП в современных циркуляционных системах используются расходомеры и манометры. Также к в эту категорию можно отнести оборудование такое, как воронка для введения химических реагентов, шнековый или простой желоб для транспортировки шлама в ША, трубная обвязка между мерниками, насосами и ступенями очистки и дополнительное оборудование для ступеней очистки.

В данном разделе было рассмотрено комплектующее оборудование циркуляционных систем. Были изучены принципы работы различных механизмов, на рисунках и чертежах показан их внешний вид, были перечислены достоинства и недостатки, условия работы и наиболее известные отечественные производители.

2. Сравнение оборудования циркуляционной системы

2.1 Буровые насосы

В настоящее время как в России, так и за рубежом осуществлён переход на быстроходные плунжерные и трехплунжерные насосы простого действия. Потому что стало больше уделять внимание распространению алмазного бурения и, естественно, сооружения скважин малого диаметра. В таких

условиях при небольших подачах буровой промывочной жидкости нужно высокое давление.

А еще, за последние годы значительно повысились требования к безопасности и надёжности буровых насосов.

Следовательно, сравнивая технические характеристики работы поршневых двухцилиндровых насосов двойного действия и трехплунжерных простого действия, нужно выделить, что трехплунжерных простого действия, последние имеют много преимуществ, например, в поршневом насосе одно из уплотнений (уплотнение поршня) всегда расположено в глубине гидравлического блока (гидроблока). Следовательно его состояние и ресурсоэффективность не поддаются прямому контролю, и об их ресурсоэффективности можно говорить только косвенно - по величине подачи и развиваемому ими давлению. Что бы посмотреть или заменить уплотнения нужно производить трудоёмкую работу, как разборки и сборки гидроблока.

Плунжерный насос имеет вдвое меньшее количество уплотнений, приходящихся на один вытеснитель, даже по мере износа можно их регулировать. Диаметр плунжера берется обычно меньше, чем у поршня, следовательно, поэтому меньше нагрузка на коленчатый вал, что также лучше сказывается на снижении массовых характеристик насоса. Степень неравномерности подачи у насосов типа "дуплекс" составляет 42%, в следствие чего нужно применение большого и значительно тяжелого напорного воздушного колпака. А трехплунжерные насосы имеют неравномерность до 24% и поэтому они могут работать без воздушного колпака

Ресурс работы поршневого насоса с одной уплотняющей кромкой поршня значительно ниже, чем ресурс плунжерного насоса с пакетом уплотнений плунжера с несколькими уплотнительными кромками.

В поршневом насосе нанести смазку на рабочие механизмы поршня и цилиндра практически невозможно, это не работает так эффективно как требуется и это приводит к их быстрому износу. В насосах используются

резиновые поршня, а резина далеко не лучший материал, особенно при работе в агрессивных средах.

В плунжерном же насосе ничего не мешает подвести смазку к неподвижному пакету уплотнений, в следствие чего увеличивается ресурс работы. В самой конструкции уплотнений плунжерного насоса можно применять самые современные полимерные и композиционные материалы, имеющие высокую стойкостью при работе в агрессивных средах, следовательно, имеют больше ресурс работы чем поршня с резиной.

Не мало важным является то, что современные плунжерные насосы, более быстроходны (до 400-500 ходов/мин), следовательно они позволяют уменьшить массу насоса и габаритные размеры при тех же технических характеристик.

Если в поршневых насосах повысить быстроходность, то это приведет к быстрому износу неконтролируемых уплотнений и нарушению стабильности подачи. Следовательно в существующих насосах "дуплексах" число ходов в минуту не превышает, как правило, 100-120.

Техническое обслуживание и ремонт плунжерных насосов по сравнению с поршневыми сложнее. Существует необходимость в более квалифициционном и своевременном обслуживании. Это и является одной из основных причин их слабого применения.

Стоимость и эксплуатационные затраты плунжерных насосов по сравнению с поршневыми велики, что сказывается на их применении.

Таким образом, несмотря на большие эксплуатационные затраты, плунжерные насосы обладают следующими преимуществами:

1. Малые масса и габариты, облегчается доставка и установка насосов.
2. Способность развивать большие давления, есть возможность для бурения сверхглубоких скважин.
3. Большой ресурс работы буровых насосов.

Типы, марка насосов, фирма - производитель

Параметры	НБТ-600 (ВЗБТ)	УНБТ-600L (Урал маш)	8-Р-80 TRIP LEX (NOV, США)	F-800 Em sco (Китай)	Bentec T16 00-AC*	KERR QWS1 000S	СИН-61(РОССИЯ)	Gardner Denver Quintuplex(США)
Р, кВт	600	600	598	597	400-1193	746	500	757
Наиб. подача, л/с	45	49	34	38,5	52	58	46,2	60
Предельное давление, МПа	25	32	34,5	34,5	42	43,3	50	58
Стоимость, Руб	2,5 млн	10 млн	15 млн	14 млн	15 млн	14,8 млн	15,2 млн	20 млн
Масса, кг	13701	12000	12233	12546	38300	3 220	3000	3300

2.2 Оборудование блока приготовления и обработки раствора

Очень часто применяется БПР Хадыженского машзавода. Блок имеет два бункера с разгрузочными пневматическими устройствами, резиноканевыми гофрированными рукавами и воздушными фильтрами. В комплект БПР входит выносной гидроэжекторный смеситель, который монтируется непосредственно на емкости ЦС и соединяется с бункером при помощи гофрированного рукава. Бункера предназначены для приема, хранения и подачи порошкообразных материалов в камеру гидроэжекторного смесителя.

Порошкообразный материал загружается в силосы (1) пневмотранспортом при помощи компрессора. При этом материал отделяется от воздуха и воздух выходит в атмосферу через фильтр (2). При

необходимости подачи порошка в гидроэжекторный смеситель сначала аэрируют материал в силосе, чтобы исключить его зависание на стенках при опорожнении силоса, затем открывают заслонку для обеспечения подачи материала в подводный гафрированный шланг. Жидкость, прокачиваемая насосом через штуцер гидросмесителя создает в камере смесителя разрежение, а так как в силосе поддерживается атмосферное давление, то на концах гафрированного шланга создается перепад давления под действием которого порошок перемещается в камеру гидросмесителя, где смешивается с жидкостью.

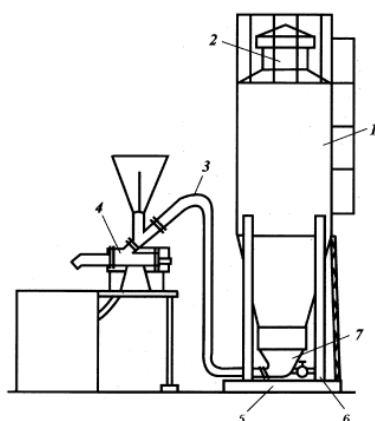


Схема БПР Хадыженского машзавода:

1 – бункер; 2 – воздушный фильтр, 3 – резинотканевые гафрированные рукава; 4 – гидроэжекторный смеситель; 5 – рама; 6 – стойки; 7 – разгрузочное пневматическое устройство.

Блок БПР-70 оборудован гидравлическим измерителем массы порошкообразного материала ГИВ-М. На неподвижной части силоса смонтировано разгрузочное устройство, включающее тарельчатый питатель, пневматический эжектор и гидравлический смеситель, который может устанавливаться как на площадке блока, так и на емкости ЦС буровой установки. В последнем случае применяется шиберный затвор с аэратором в верхней его части. Подача порошкообразного материала регулируется изменением положения специального ножа, входящего в комплект питателя.

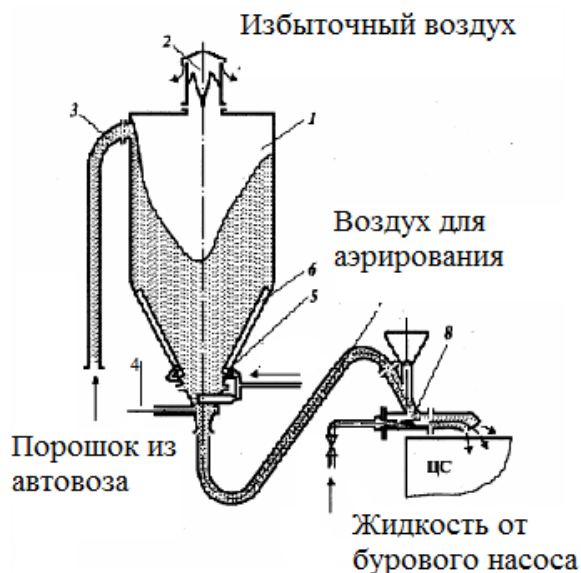
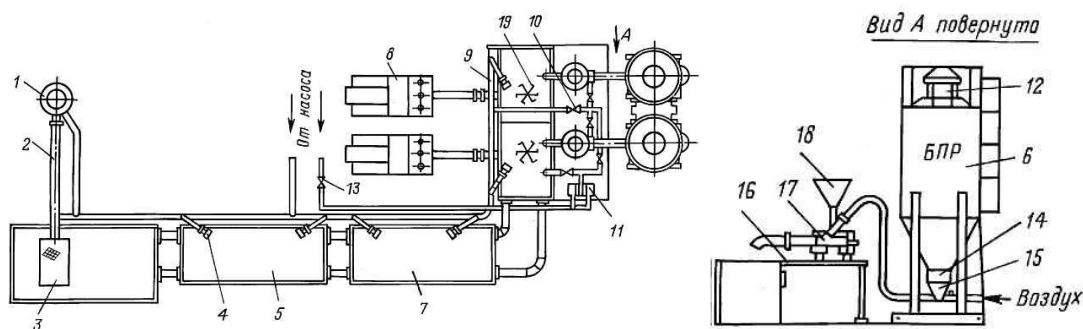


Схема работы блока БПР

1 - силос; 2 – фильтр; 3 – загрузочная труба; 4 – разгрузочное устройство; 5 – система аэрирования; 6 – аэродорожка; 7 – подводящий шланг; 8 – гидросмеситель.



Современная технологическая схема приготовления бурового раствора:

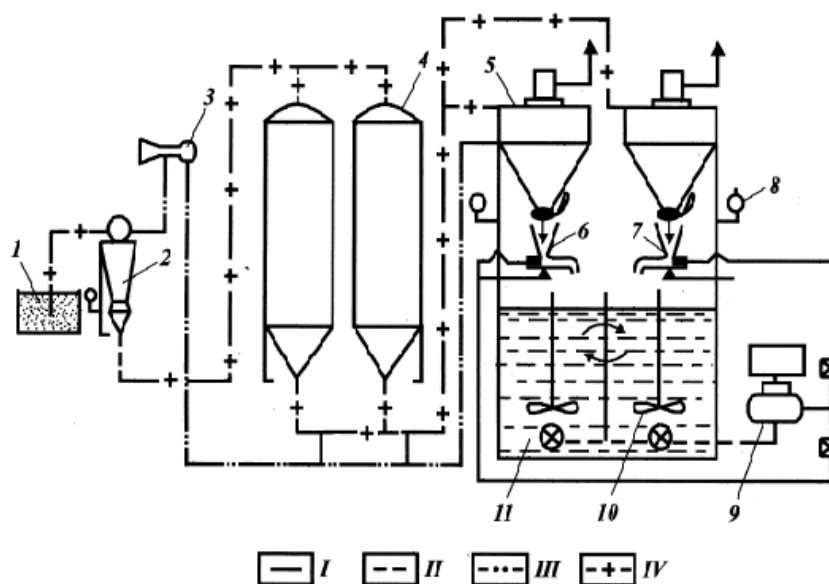
1 — приемная воронка; 2 — растворопровод; 3 — блок очистки; 4, 19 — перемешивающие устройства, соответственно гидравлические и механические; 5 — промежуточная емкость; 6 — бункер блока приготовления; 7 — емкость с поперечным желобом; 8 — буровые насосы; 9 — приемная емкость; 10, 13 — задвижки низкого и высокого давления соответственно; 11 — гидравлический диспергатор; 12 — фильтр; 14 — аэрирующее шиберное устройство; 15 — разгрузочное пневматическое устройство; 16 — площадка; 17 — гидросмеситель; 18 — воронка.

Приготавливают новую порцию раствора в последней емкости ЦС, на которой устанавливают гидроэжекторные смесители с воронками и

гидравлический диспергатор. Буровые насосы обвязывают с блоком приготовления раствора таким образом, чтобы они могли подавать раствор в диспергатор по линии высокого давления, а в гидроэжекторные смесители — по линии низкого давления (до 4 МПа).

Прогрессивная технология приготовления буровых растворов позволяет предельно механизировать этот трудоемкий процесс по всей цепочке — от производителя материалов до циркуляционной системы буровой установки.

Широкое распространение в последние годы за рубежом получила технология приготовления буровых растворов с помощью автономного блока фирмы «Халибуртон».



Система фирмы «Халибуртон» для приготовления бурового раствора: I – нагнетательная линия; II – всасывающая линия; III, IV – воздушная линия пневмотранспорта материала; 1 – передвижное средство; 2 – перегрузочный бункер; 3, 4 – бункер – хранилище; 5 – расходный бункер; 6, 7 - загрузочные воронки; 8 – индикатор веса; 9 – центробежный насос; 10 - перемешиватель; 11 – емкость.

Порошкообразный материал поступает на буровую остановку в мешках, контейнерах или металлических емкостях на передвижных средствах 1. С помощью пневматического перегружчика (вакуум-компрессора и перегрузочного бункера) материал транспортируется пневмотранспортом в

бункер-хранилище. Практически 4 т порошка перегружаются из бункера в бункер-хранилище за 5-6 мин при рабочем давлении пневмотранспорта 0,2 МПа. По мере необходимости приготовления раствора порошкообразный материал перемещается в расходные бункера через нижние отводы, создавая при этом избыточное давление (0,07-0,08 МПа) в верхней части бункера хранилища при помощи вакуум-компрессора.

Подведенный к расходным бункерам воздух позволяет аэрировать порошок и интенсифицировать его подачу в воронку гидроэжекторного смесителя. Допустимое давление при этом – 0,02 МПа. Расход порошка регулируется положением заслонки и давлением аэрации.

Технология приготовления раствора в системе «Халибуртон».

В один из секторов емкости 11 заливают расчетное количество дисперсионной среды и центробежным насосом прокачивают ее через гидроэжекторный смеситель с загрузочными воронками 6, 7. после стабилизации подачи насоса подают воздух к расходному бункеру 5 и устанавливают давление на воздушной линии 0,015 – 0,02 МПа. Открывают до определенного положения нижнюю заслонку расходного бункера и подают с определенной скоростью порошок в загрузочную воронку 7. За счет гидровакуума, созданного центробежным насосом, в камере гидроэжекторного смесителя, порошкообразный материал засасывается в камеру эжектора и смешивается с потоком дисперсионной среды. Полученная таким образом гомогенная суспензия поступает снова в тот же отсек емкости.

Круговая циркуляция по схеме емкость – насос- камера эжектора - емкость продолжается до тех пор, пока расчетное количество порошкообразного материала не попадет в поток. После этого доступ материала в воронку прекращают, закрыв нижнюю заслонку расходного бункера и прекратив подачу воздуха. Аналогично осуществляют утяжеление раствора. Количество израсходованного материала определяют по индикатору веса расходного бункера.

После тщательного перемешивания раствора с помощью механических перемешивателей 10 его при необходимости подвергают химической обработке. Для обработки сухим реагентом или добавки в малых дозах бентонита в ЦС установлена дополнительная гидроворонка с аэрозолобом и или вибрационным побудителем перемещения порошка. В случае применения жидких реагентов используют вертикальную цилиндрическую емкость объемом до 1,5 м³, оборудованную механической мешалкой, подогревателем и сливным патрубком.

2.3 Блок очистки бурового раствора

Mongoose — вибросито двойного действия

В данном вибросите используется линейное движение при разбуривании верхних интервалов разреза скважины, где часто встречаются активные гидрофильные глины. Обычно в этих интервалах режим работы вибросита находится на предельных нагрузках, необходимыми для эффективной очистки БР от выбуренной породы.

При изменении условий вибросито Mongoose можно легко переключить движение с линейного на эллиптическое без отключения электропитания. Если вибросито работает в режиме эллиптического движения, тогда это позволяет снизить перегрузки и увеличить срок использования сита, обеспечить выход более сухого шлама, улучшить технологические параметры БР и снизить производственные затраты.

ВЕМ-3 — сбалансированное эллиптическое вибросито



Сбалансированное эллиптическое вибросито (ВЕМ-3) представляет собой конструкцию открытого типа с одним уровнем и тремя сетками общей полезной площадью 3,13 м². Обеспечивает улучшенное удаление твердых частиц, максимизирует возврат буровой промывочной жидкости и имеет лучшую производительность по сравнению с другими идентичными по размерам моделями. ВЕМ-3 «Swaco» при расходе насоса 35 л/с, размере сеток 180 меш позволяет обрабатывать значительно большие объемы в отличие от линейного вибросита. Это достигается за счет равномерного распределения эллиптического движения на виброрамах, соответственно, при меньшей разрушительной силе, направленной на частицы породы при максимальном ускорении силы тяжести (G-фактор).

Натяжение сеток производится с помощью быстросъемных натяжных болтов, расположенных по обеим сторонам. Угол наклона виброрама может регулироваться в пределах от 0 до +5°.

Вибрационный узел вибросита состоит из двух взрывобезопасных вибраторов (виброэлектродвигателей) и пускателя. Эффективное ускорение силы тяжести (G-фактор) устанавливается относительным перемещением противовесов вибраторов от 0 до 100%.

Конструкция вибросита включает жалюзи для равномерного распределения потока бурового раствора по всей ширине сетки. Приемная емкость имеет приемный патрубок диаметром 254 мм, соединяемый с выкидной линией.

ВЕМ-600 — сбалансированное эллиптическое вибросито

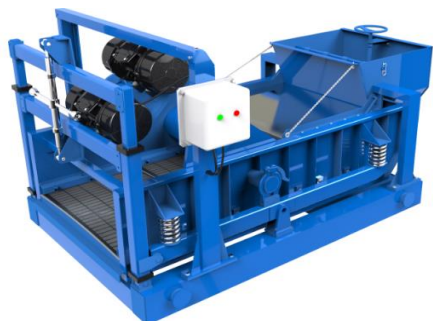


Вибросито сбалансированного эллиптического действия второго поколения. Имеет пневматическую систему крепления сеток. За счет установки пневмогидравлического домкрата имеется возможность дистанционного регулирования угла наклона рамы. Механизм крепления сеток и регулировки угла рамы запитывается от пневматической системы буровой установки. Имеет встроенное сито предварительной очистки. Оборудован съемной приемной емкостью, распределителем потока и высококачественными вибраторами, поддоном между верхним и нижним уровнями сеток.

Конструктивные особенности:

- конструкция состоит полностью из нержавеющей стали;
- увеличена полезная площадь рабочего полотна;
- наличие индикатора положения угла рамы.

Вибросито LS703 немецкий производитель



Основание и рама вибросита бурового раствора являются сварной конструкцией, электродвигатель и доска сита монтируются на раме сита. Рама вибросита находится на балке регулирования. Также на

раме сита имеются амортизационные пружины, которые установлены в четырех местах. Вибрация рамы не влияет на окружающее оборудование. На основании сита находится три доски сита, закрепленные болтами. Поперечная и продольная планки вместе обеспечивают достаточную прочность рамы, что в процессе работы увеличивает ресурс сита и его эффективность.

Вибросито Falcon



Компактное вибросито высокой производительности. Компактные габариты обеспечивают возможность работы в ограниченном пространстве при сохранении высоких технических параметров. Увеличенная сила колебания 7,5 G. Высокая пропускная способность вибросита. Взрывозащищенное исполнение электродвигателей. Оптимальное удаление твердой фазы. Высокая скорость транспортировки выбуренной породы. Увеличенная сила колебания 7,5 G. Взрывозащищенное исполнение электродвигателей FALCON 3. Вибросито серии FALCON укомплектовано 2 вибродвигателями итальянского производителя OLI, мирового лидера в производстве вибромоторов. Линейный режим вибрации обеспечивает высокие показатели эффективности сепарации твердой фазы бурового раствора и существенно повышает пропускную способность.

Вибросито Derrick



Вибросито Flo-Line модели FLC 503 производства корпорации DERRICK представляет собой линейное вибросито с двумя двигателями, предназначенное для тонкодисперсной сепарации с применением в буровой индустрии. Модульная конструкция оборудования обеспечивает эксплуатационную гибкость при работе. Все оборудование марки DERRICK® имеет специальное покрытие, для того чтобы противостоять воздействию абразивной и коррозионной среде.

Для того чтобы добиться в модели FLC 503 вибросита Flo-Line® высокоскоростной тонкодисперсной сепарации пришлось объединить несколько ключевых особенностей конструкции. Вибрационные двигатели крепятся непосредственно к раме вибросита и располагаются над его основанием. Благодаря такому размещению двигателей удается максимально увеличить значение G и передавать его непосредственно на поверхность сетки. Плавающие подвески изолируют вибрирующую раму вибросита от опорной рамы. Рама, на которую крепятся сетки, слегка выгнута, что позволяет обеспечить необходимое натяжение поверхностей сеток, конструкция которых защищена патентом

DERRICK. Этот способ натяжения позволяет повысить производительность сеток и увеличить их срок службы.

Параметры	Типы, марка виброситов, фирма - производитель								
	СВ1 ЛМ(Рос сия)	ВСМ - 01(Ро ссия)	ВЕМ - 3(С ША)	ВЕМ - 600(СШ А)	LS- 703(Герм ания)	Falco n(Ит алия)	Derri ck(С ША) Flo- Line Scalp e	Derri ck(С ША) FLC Plus Mode l	Solid s(Анг лия) Н "G" Dryer
Производи тельность м ³ /ч	100	110	117	125	113	120	117	125	123
Регулиров ка силы вибрации	-	-	-	+	+	+	+	+	+
Регулиров ание рамы дистанцио нно	-	-	-	+	-	-	-	+	+
Стоимость , Руб.	1,5 млн	1,6 млн	3 млн	5млн	4млн	3,5 млн	4 млн	5,5 млн	6 млн
Масса, кг	2000	1900	1746	1852	1800	1564	2129	1800	2000
Габариты, мм	3000 x175 6x13 60	3000x 1850x 1640	1600x 1745x 1300	1625x 1800x 1300	3188x 1600x 1549	1600x 1756x 1570	3200x 1600x 2300	2600x 1825x 1379	3000x 1925x 1452

Анализ вибросит отечественного и зарубежного производства

Рассмотрев основные характеристики вибросит отечественного производства и зарубежного можно сделать вывод:

Вибросита зарубежного производства с технико-экономической и технико-технологической точки зрения выгодно отличаются от образцов отечественных производителей.

Это подтверждается:

- наиболее качественной очисткой бурового раствора за счет движения рабочего полотна вибросита по линейной и эллиптической траекториям

- пропускной способностью;
- более широкой площадью рабочей поверхности;
- частотой колебания;
- более малым расходом электроэнергии, что позволяет значительно уменьшить расходы при строительстве скважин;

- сухость шлама (увеличенное время транспортировки шлама);

- оптимальный вынос мягкого и липкого шлама;
- менее разрушительные силы налагаются на сетки, тем самым увеличенный срок их службы;

- меньший износ самой виборамы;
- минимальное измельчение частиц шлама;
- максимальная пропускная способность;
- минимальные потери раствора;
- возможность установки сеток с более мелкой ячейкой;
- снижение износа оборудования системы очистки, установленного после вибросита (насосов, гидроциклонов, центрифуг).





С каждым годом появляются новые разработки в области механической очистки буровых растворов. Производятся новые более совершенные модификации вибросит, обеспечивающие более качественную очистку бурового раствора.

Гидравлический метод очистки отечественными производителями

Диаметр конуса является главным фактором, определяющим пропускную способность гидроциклона. Более крупные гидроциклоны имеют

большую пропускную способность и, как правило, меньшую эффективность отделения твердой фазы.

К преимуществам гидроциклонов относятся их простота и отсутствие подвижных частей. Недостатками являются узкий диапазон оптимальных режимов работы для каждого типоразмера гидроциклона и невозможность надежной сепарации частиц размером менее 40 мкм.

Тип пескоотделительной установки, модель	Производительность л/с	Наименьший размер удаляемых частиц, мм	Диаметр циклона, мм	Количество циклонов	Рабочее давление, МПа	Габариты			Вес, кг
						длина	ширина	высота	
ПГ-400	39	0,1	400	1	0,3	600	750	1260	300
SWACO D-Sander 	66	0,04	250	2	0,4	1980	1200	800	470
ГЦК-360М 	38	0,02	350	1	0,37	720	740	930	300
ПГ-60/300 	40	0,075	310	2	0,29	1750	1180	1200	450
FORWARD LCS250 	62	0,05	250	2	0,4	1400	1130	2100	350

**Гидравлический метод очистки зарубежными
производителями**

Тип илоотделительной установки, модель	Произв одител ьность л/с	Наимен ьший размер удаляем ых	Диамет р циклон а, мм	Колич ество цикло нов	Рабоч ее давле ние, МПа	Габариты, мм			Вес , кг
						длин а	шир ина	выс ота	
ИГ-45М 	46	0,06	150	6	0,35	1760	600	130 0	300
ИГ-45/75 	50	0,03	75	16	0,4	1700	650	125 0	380
SWACO D- Silter 	58	0,025	150	12	0,3	1660	700	140 0	314
FORWARD DL100 	66	0.05	200	8	0,4	1455	2426	177 4	105 0

Пескоотделители фирмы «Swaco» используются для удаления из буровых промывочных жидкостей песка и абразивных частиц выбуренной породы размером до 50 мкм. Пескоотделители выпускаются блоками из 1 сдвоенных 12-дюймовых циклонов. Производительность блока составляет 3185 дм³/мин. Сменные насадки различных диаметров позволяют варьировать степень (глубину) очистки в широком диапазоне. В конструкции пескоотделителя традиционно для фирмы «Swaco» используется угол конусности 20°, что позволяет значительно снизить потери промывочной жидкости, увлекаемой твердой фазой. Кроме спаренных фирмой, выпускаются блоки пескоотделителей, состоящие из одного и трех циклонов с диапазоном производительности от 1900 до 5700 дм³/мин. Наиболее эффективными признаны пескоотделители «Swaco» модели 212.

Уникальная конструкция сдвоенного циклона илоотделителя «Swaco» состоит из двух 4-дюймовых (101,6 мм) полиуретановых циклонов, устанавливаемых как единый блок.

Конструкция полиуретановых циклонов илоотделителя имеет угол конусности 20° по сравнению с типичным углом 15° на большинстве аналогичных установок, что обеспечивает существенное снижение потерь буровой промывочной жидкости, увлекаемой твердой фазой. Компоновка илоотделителей осуществляется попарно – по два 4-дюймовых полиуретановых циклона на каждый выход. В результате этого производительность на 40–50% выше, а потери жидкости меньше, чем у других сопоставимых одиночных 4-дюймовых циклонов.

Анализ гидроциклонов зарубежного и отечественного производства

Рассмотрев основные характеристики гидроциклонов отечественного и зарубежного производства можно сделать вывод:

Гидроциклоны зарубежного производства с технико-экономической и технико-технологической точки зрения выгодно отличаются от образцов отечественного производства.

- наиболее качественной очисткой бурового раствора,

- пропускной способностью,
- более малым расходом электроэнергии,
- снижение износа оборудования системы очистки,
- Сменные насадки различных диаметров позволяют варьировать степень очистки в широком диапазоне.

Гидравлический метод очистки бурового раствора с помощью центрифуги отечественного производства марки ОГШ-50



Техническое описание

При работе центрифугальной установки ОГШ-50 контролируется фактическая нагрузка электродвигателей приводов ротора и дополнительного привода шнека (в случае его использования), температура подшипников коренных опор. Предусмотрены автоматические защиты электродвигателей и редуктора от перегрузок.

Для улучшения условий монтажа и эксплуатации все центрифугальные установки оснащены:

- амортизаторами с регулируемыми опорами, что позволяет оперативно выставить центрифугальную установку в горизонтальной плоскости при проведении монтажа, либо при просадке основания под центрифугой в весенне-осенний период эксплуатации;

- сборником очищенного бурового раствора с выходами в трех направлениях в зависимости от монтажной схемы, принятой у Заказчика;
- двойным днищем нижнего кожуха, что позволяет осуществить дополнительный автономный подогрев паром центрифугальной установки при отрицательных температурах окружающего воздуха;
- входным фильтром, установленным перед трубой питания и защищающим внутренние полости центрифуги от посторонних крупных предметов. Осмотр и очистка фильтра проходит без демонтажа входных трубопроводов.

Гидравлический метод очистки бурового раствора с помощью центрифуги зарубежного производства марки SWACO – 518



Центрифуга 518 имеет высокую скорость и высокую производительность. В структуре устройства главного привода можно изменить частоту вращения ротора (1900, 2500, 3200 об./мин) с помощью ступенчатых шкивов. Диапазон частот вращения валов главного и вспомогательного приводов контролируется двумя гидравлическими преобразователями крутящего момента, следовательно, можно производить запуск центрифуги без дополнительных перегрузок, а также плавную регулировку скорости вращения барабана и шнека.

Центрифуга FORWARD LWG450



Усовершенствованная и высокотехнологичная конструкция, а также точная балансировка барабана и шнекового конвейера обеспечивают непрерывность процесса в течение долгого времени. Износостойкий барабан и шнековый конвейер, выполненные из нержавеющей стали, обладают антикоррозионными свойствами, а также устойчивы к химическому воздействию, обеспечивая долговременную безаварийную эксплуатацию и незначительные затраты на техническое обслуживание и ремонт.

Центрифуга GNLW363



Запатентованный дизайн с самой высокой комплектацией и лучшими материалами для длительного и надежного сервиса. Барабан сделан из дуплексной нержавеющей стали 2205 методом центробежного литья. Защита в шнеке: с установлением карбидных вольфрамовых пластин для длительного срока службы и простоты при смене. На распределительном выходе шнека и выпускном выходе барабана защищены путем карбидного вольфрамового кольца. Легко регулировать высоту на выходе жидкости для гибкого применения. Барабан в сборе затянуты поясом для защиты

подшипника в движении. Оригинальные SKF подшипники для длительного срока и надежной работы.

Трикантер DL-353



Надежность – детали и узлы, взаимодействующие с буровым раствором, выполнены с защитным покрытием. Автоматизацию – укомплектованность дополнительным оборудованием и системами управления, предусмотрена возможность управления с операторского пункта и включения в комплексную систему автоматизации предприятия. Высокую производительность и устойчивую работу с минимальным задействованием обслуживающего персонала.

Центрифуга HS3400-DREXEL



Отличительная черта центрифуг HS-3400 - отличная производительность в широком диапазоне применений и условий. Контактующие с раствором детали выполнены из нержавеющей стали, а области повышенного износа полностью укреплены карбидом вольфрама. Можно провести регулировки для оптимизации работы центрифуги ,

например в зависимости от плотности и вязкости раствора, содержания мехпримесей и размера частиц. Регулируемые сливные пластины позволяют регулировать глубину пула: более глубокий для высокого содержания мехпримесей, менее глубокий для небольшого содержания мехпримесей.

Анализ центрифуг отечественного и зарубежного производства

Рассмотрев основные характеристики центрифуг отечественного и зарубежного производства можно сделать вывод:

Центрифуги зарубежного производства с технико экономической и технико-технологической точки зрения выгодно отличаются от образцов отечественного производства.

- высокой точностью балансировки, что обеспечивает плавность работы в течение продолжительных периодов времени на частотах вращения от 1900 до 3500 об./мин и при центробежных нагрузках, достигающих 2100 g.

- пропускной способностью,
- Степенью очистки,
- запуск центрифуги без дополнительных перегрузок,
- Сравнение результатов испытаний в полевых условиях показывает, что центрифуга сокращает объем отбросов по сравнению с альтернативой разбавления / замещения на 30–60% в зависимости от плотности буровой промывочной жидкости. При обработке утяжеленных буровых растворов она сокращает объем отбросов на 45%.

Тип центрифуги	Максимальная частота вращения, об/мин	Фактор разделения	Исполнение центрифуги	Мощность электродвигателя, кВт	Габаритные размеры, мм			Масса, кг	Стоимость, Руб.
					Длина	Ширина	Высота		
ОГШ-50	3100	2500	Осадительная	28	2505	1965	1020	2800	6млн
ОГШК-352К-01	3100	2600	Осадительная	29	1745	1180	725	773	6,3млн
SWACO-518	3500	1900	Осадительная	40	2497	1865	1762	3000	9млн

FORWARD LWG450	2500	1576	Осадител ьная	30	2500	1700	184 0	3300	7млн
GNLW363	3100	2100	Осадител ьная	37	3190	1638	130 6	3400	6млн
Трикантер DL-353	3600	2500	Осадител ьная	37	3200	750	110 0	2980	6млн
HS3400 "DREXEL"	3000	2400	Осадител ьная	35	2500	1750	145 5	2270	6,5мл н

Дегазаторы отечественного производства

Тип дегазатора, модель	Производи тельность, л/с	Давление разряжения, кПа	Габариты, мм			Вес, кг
			Длин а	Шири на	Высо та	
Д-55	60	52,32	2350	2050	3400	1720
ДВС-II	40	79,98	2360	2220	2020	2850
ДВС-III	45	79,98	3000	2600	2500	2800
ДВМ-2	40	53,32	2210	1100	1445	1790
Каскад-40	40	79,98	2040	2000	2000	2380
Каскад-40-01	40	79,98	3300	2480	2980	3366

Дегазаторы зарубежного производства

			Габариты, мм	
--	--	--	--------------	--

Тип дегазатора, модель	Производительность, л/с	Давление разряжения, кПа	Длина	Ширина	Высота	Вес, кг
Forward VD240	66	80	2400	1950	2500	1500
Swaco SMGS	68	85	2560	2300	2020	1350
Solids GNZCQ	60	79	2300	1700	2200	1650

Рассмотрев основные характеристики дегазаторов отечественного и зарубежного оборудования можно сделать вывод что:

Дегазаторы зарубежного производства технико-экономической и технико-технологической точки зрения выгодно отличаются от образцов отечественного производства.

- Обладают меньшим весом
- Большим давлением разряжения
- Большой производительности

Еще один не маловажный фактор что дегазаторы зарубежного производства имеют толще стенки металла чем у отечественных образцов, этот плюс дает больший ресурс эксплуатации.

Параметры	Стационарные буровые установки				Кустовые буровые			Мобильные буровые	
	2300/ 200	5000/ 320	6500/ 450	8000/ 500	3200/ 200	4000/ 250	5000/ 320	2500/ 160	2900/ 175
Полезный объем, м ³	120	270	420	600	200	160	320	200	120
Емкость для воды, м ³	-	-	54	54	54	54	40	50	-
Емкость для жидких хим. реагентов, м ³	-	-	6	24	-	-	6	6	6
Бак гидромешалки, м ³	-	-	-	-	10	10	-	10	10
Емкость сбора промывочной воды, м ³	-	-	-	-	10 2 шт.	10 2 шт.	-	-	-
Пропускная способность									

средств очистки, дм ³ /с	135	135	135	90	135	135	90	90	90
вибросит	45	45	45	90	90	90	45	60	60
пескоотделителей	45	45	45	90	45	45	45	45	45
илоотделителей	45	45	45	90	-	40	90	40	40
дегазаторов									
Производительность одной центрифуги, м ³ /с	-	-	25	25	25	25	25	25	-
Количество ступеней очистки	3	3	4	4	4	4	4	4	3
Производительность блока приготовления, м ³ /час	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Производительность подпорных насосов, м ³ /час	-	300	450	600	300	300	300	300	300
Условный проход растворопровода, мм	300	300	300	300	300	300	500	300	300
Блок химического усиления центрифуг	-	-	-	-	+	+	+	-	-
Система шламоудаления (шнековый конвейер)	-	+	+	+	+	+	+	+	-
Производительность шнекового конвейера, т/час				10 30	8,5 25,5	10 30	10 30	8,5 25,5	-

3. Укомплектования циркуляционных систем

Оборудование	X	Y	C	Z
Буровой насос	Gardner Denver Quintuplex(США А)	KERR QWS1000S	Bentec T1600-AC	8-P-80 TRIPLEX (NOV, США)
Вибрационное сито	BEM-600(США)	Solids(Англия) HI "G" Dryer	Falcon(Италия)	Derrick(США А) Flo-Line Scalpe
Пескоотделитель	SWACO D-Sander	FORWARD LCS250	ГЦК-360М	ПГ-60/300
Илоотделитель	SWACO D-Silter	FORWARD DL100	ИГ-45/75	ИГ-45М
Центрифуга	SWACO-518	FORWARD LWG450	HS3400 "DREXEL"	GNLW363
Дегазатор	Swaco SMGS	Forward VD240	Д-55	Solids GNZCQ
Горизонтальные шламовые насосы	Mission magnum	Forward SB6×8J-13	ГШН150/30	ГШН250/50
Емкость для воды, м ³	60 2 шт.	55 2 шт.	40 1 шт.	40 1 шт.
Емкость для жидких хим. Реагентов, м ³	5 1 шт.	5 1 шт.	5 1 шт.	5 1 шт.
Емкость для химической обработки бурового раствора, м ³	Основной 12 Дополнительный 4 2 шт.	10 1 шт.	10 1 шт.	10 1 шт.

Перемешиватель	Гидравлический 4УПГ	Лопастной	Лопастной	Лопастной
Воронка	Переносная	Переносная	Стационарная	Стационарная

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В данном разделе выпускной квалификационной работы производится расчет затрат на внедрение модернизированного блока циркуляционный системы и комплектующего оборудования.

Реализация проекта предполагает последовательное внедрение разного оборудования циркуляционной системы с сопутствующей переоснасткой вспомогательного оборудования.

В данной работе проведена модернизация блока циркуляционной системы и комплектующего оборудования.

Очистка ствола скважины – важнейший фактор, обеспечивающий успешное бурение и определяющий качество цементирования на заключительном этапе ее строительства. Поэтому основные функции циркуляционной системы буровой установки должны быть на таком уровне, чтобы совместно с геолого-техническими условиями бурения достигалась цель максимально качественной очистки скважины от выбуренной породы и предупреждения возможных осложнений и аварий.

4.1 SWOT-анализ

SWOT-анализ представляет собой комплексный анализ инженерного проекта. Его применяют для того, чтобы перед организацией или менеджером

проекта появилась отчетливая картина, состоящая из лучшей возможной информации и данных, а также сложилось понимание внешних сил, тенденций, в условиях которых научно-исследовательский проект будет реализовываться.

Таблица 7 – SWOT-анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
	<p>С1. Увеличение скорости бурения на 20-30%.</p> <p>С2. Не требует переквалификации кадров.</p> <p>С3. Интеграция в существующие механизмы.</p> <p>С4. Положительные результаты испытаний.</p>	<p>Сл1. Необходимо создание крупного предприятия-изготовителя бурового оборудования на территории Западной Сибири</p> <p>Сл2. Необходимость замены буровых насосов на более модернизированные.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Существование потенциального спроса на альтернативные способы бурения со стороны буровых компаний</p> <p><i>В2. Сокращение времени на спуско-подъемные операции</i></p> <p>В3. Лучшее очистка ствола скважины, малое вероятность нагрева и</p>	<p>1. Удовлетворение потенциального спроса на продукт со стороны развивающихся компаний за счет увеличения скорости бурения, уменьшения износа буровых насосов и возможности интеграции в существующие механизмы</p> <p>2. Увеличение рейсовой скорости бурения за счет сокращения времени на</p>	<p>Вероятность неправильного использования продукта в связи с неправильной наладкой оборудования, а также недостаточность технологических параметров буровых насосов.</p>

прихвата породоразрушающего инструмента.	спуско-подъемные операции	
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на модернизацию У2. Развитая конкуренция иных способов бурения	1. Невозможность интегрировать продукт в существующие механизмы вследствие консервативных взглядов компаний. 2. Жесткая конкуренция на рынке в связи с подавляющим использованием традиционных методов	1. Простои в связи с переходом на другое оборудование циркуляционной системы. 2. Незаинтересованность компаний в покупке и замене насосов.

4.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки с имеющимися аналогами и определить направления для ее будущего совершенствования. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реально оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

С этой целью может быть использована вся имеющаяся информация о конкурентных разработках:

- технические характеристики разработки;
- конкурентоспособность разработки;

- бюджет разработки;
- уровень проникновения на рынок
- финансовое положение конкурентов, тенденции его изменения и т.д.

Таблица 8 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _н	Б _{бпр} р	Б _о	К _н	К _{бпр} р	К _о
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,11	4	3	2	0,44	0,44	0,22
2. Удобный в эксплуатации	0,09	3	2	2	0,27	0,18	0,18
3. Надежный	0,1	3	3	4	0,3	0,3	0,4
4. Возможность интеграции в существующие механизмы	0,09	4	4	3	0,36	0,36	0,27
6. Простота эксплуатации	0,1	3	3	2	0,3	0,3	0,2
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,09	4	5	2	0,36	0,45	0,18
2. Уровень проникновения на рынок	0,03	2	4	4	0,06	0,12	0,12
3. Цена	0,08	5	3	4	0,4	0,24	0,32
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	4	3	4	0,4	0,3	0,4
5. Обслуживание	0,11	3	3	4	0,33	0,33	0,44
6. Финансирование	0,03	4	2	2	0,12	0,06	0,06
Итого	1	39	35	33	3,34	3,08	2,79

- Б_н –Блок насосов;
- Б_{бпр} –Блок приготовления раствора;
- Б_о –Блок очистки раствора.

Проанализировав данную карту, можно сделать вывод, что предлагаемый продукт может составить достойную конкуренцию существующим циркуляционным системам и комплектующего оборудования

по таким параметрам, как цена, удобство и простота эксплуатации, увеличение производительности. Однако для этого необходимо выводить его на рынок, широко рекламировать и предлагать компаниям, подкрепляя результатами успешных полевых испытаний.

В основном низкая конкурентоспособность объясняется относительной новизной.

4.3 Формирование организационной структуры управления инженерным проектом

Формирование структурной схемы имеет принципиальное значение, поскольку при нем определяются главные характеристики организации, а также направления, по которым должно быть осуществлено более детальное проектирование, как организационной структуры, так и других важнейших аспектов системы (внутриорганизационного экономического механизма, способов переработки информации, кадрового обеспечения).

Самым распространённым видом структуры иерархического типа является линейно-функциональная (рисунок 5.1). В основу её построения положены: линейная вертикаль управления и специализация управленческого труда по функциональным подсистемам организации (маркетинг, производство, исследования и разработки, финансы, персонал и др.).

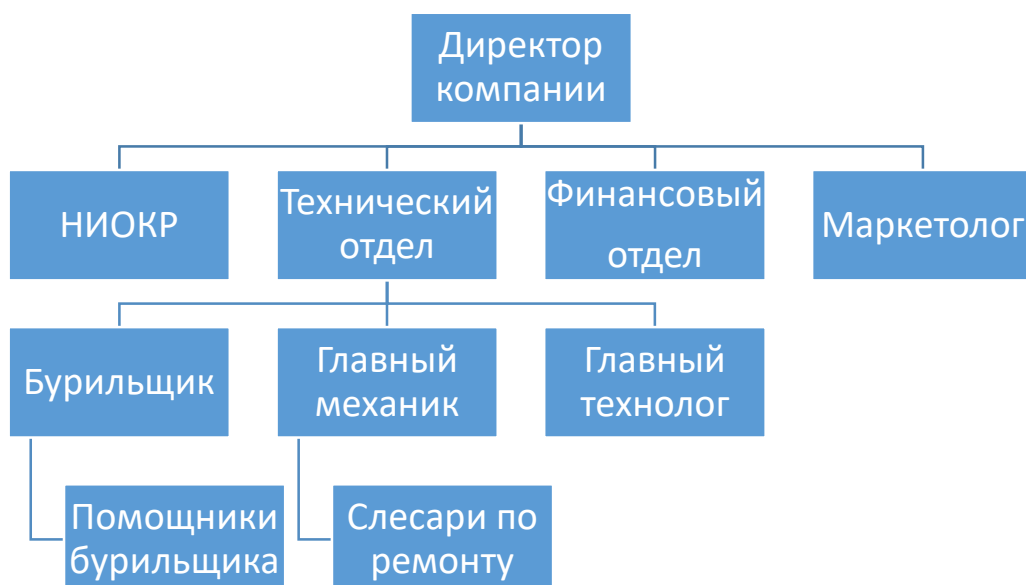


Рисунок 5.1 - Линейно-функциональная структура управления

4.4 Составление бюджета разработки и внедрения инженерных решений

Расчет фонда заработной платы персонала проводится в таблице 3. Результаты данного расчета понадобятся для определения калькуляции себестоимости модернизации буровой установки, приведенной в таблице 4.

Таблица 9 - Расчет фонда заработной платы персонала

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./день	Затраты времени, дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
Супервайзер	49000	1750	10	3,24	56700
Бурильщик	45000	1607,14	10	3,24	52072
Помощник бурильщика	41000	1464,3	10	3,24	47443
Слесарь	37000	1321,43	10	3,24	42814
Дизелист	32000	1142,85	10	3,24	37029
Итого:					236058

Таблица 10 - Калькуляция себестоимости продукции

Наименование статей расхода	Ед. изм.	Сумма, руб.
-----------------------------	----------	-------------

Топливо на технологические цели	л.	100000
Энергия всех видов на технологические цели	кВт	165000
Заработная плата рабочих	руб.	179358
Закупка блока приготовления раствора	руб.	400000
Закупка блока очистки раствора	руб.	1500000
Закупка буровых насосов	руб.	20000000
Доставка нового оборудования на месторождение	руб.	150000
Заработная плата ИТР	руб.	56700
Общепроизводственные расходы	руб.	10000
Итого	руб.	22561058

4.5 Проведение анализа безубыточности инженерного проекта

Так как при совершенстве циркуляционной системы уменьшается время бурения, проведем сравнительный анализ с новым видом образца циркуляционной системой и старого образца.

Положим, что бурится эксплуатационная скважина глубиной 4500 м, для которой характерна большая проходка и скорость бурения. Время бурения данной скважины составляет приблизительно 40 суток. Также допустим, что при бурении обычным способом применялись два насоса УНБ 600. В связи с недостаточной мощностью этих насосов, один из насосов, подающий раствор в скважину необходимо будет заменить на насос трехплунжерный KERR QWS1000S с более высокими показателями.

Результаты, полученные показали возможность достижения высоких механических скоростей бурения (до 20 м/час в крепких горных породах), превышение механической скорости на 20% и проходки на долото на 43% по сравнению с серийными долотами при бурении пород средней твердости.

Из сведений сервисных компаний возьмем среднюю стоимость бурения скважин глубиной 3500-5000 м равной 90 млн. руб.

Главный положительный эффект применения предлагаемой модернизации – снижение времени на бурение, а следовательно уменьшение затрат. Временные затраты из общей суммы составляют 20 млн. руб.

Таблица 11 - Исходные данные

Глубина скважины, м	L=4500
Продолжительность бурения до модернизации, дни	$t_{\text{общ}}^0$
Продолжительность бурения после модернизации, дни	$t_{\text{общ}}$
Время на спуско-подъемные операции до модернизации, дни	$t_{\text{СПО}}^0$
Время на спуско-подъемные операции после модернизации	$t_{\text{СПО}}$
Время на бурение операции до модернизации, дни	$t_{\text{бур}}^0$
Время на бурение операции после модернизации, дни	$t_{\text{бур}}$
Скорость бурения до модернизации, м/день	V_0
Скорость бурения после модернизации, м/день	V
Стоимость бурения скважины, млн. руб.	C=90
Удельные капиталовложения в модернизацию буровой, руб.	K

Из экспериментальных данных:

$$t_{\text{СПО}}^0 = 0,35 \cdot t_{\text{общ}}^0 = 0,35 \cdot 40 = 14 \text{ дней,}$$

значит время на СПО после модернизации составит:

$$t_{\text{СПО}} = 0,3 \cdot t_{\text{общ}}^0 = 12 \text{ дней.}$$

Также из экспериментальных данных:

$$V = 1,1 \cdot V_0 \quad (5.1)$$

Следовательно:

$$t_{\text{бур}} = \frac{t_{\text{бур}}^0}{1,1} = \frac{t_{\text{СПО}}^0 - t_{\text{общ}}^0}{1,1} = \frac{40 - 14}{1,1} = 23,63 \text{ дней.} \quad (5.2)$$

Таким образом, общее время бурения после модернизации составит:

$$t_{\text{общ}} = t_{\text{СПО}} + t_{\text{бур}} = 12 + 23,63 = 35,63 \approx 36 \text{ дней.} \quad (5.3)$$

Экономия времени составляет:

$$\Delta t = t_{\text{общ}} - t_{\text{общ}}^0 = 40 - 36 = 4 \text{ дня.} \quad (5.4)$$

Для того, чтобы выразить это в денежном эквиваленте, найдем стоимость одного дня бурения:

$$C_{1 \text{ дня}} = \frac{20 \text{ млн.}}{40} = 500000 \text{ руб.}$$

Общая экономия при сокращении буровых работ на 4 дня составит:

$$\Delta C = 4 \cdot 500000 = 2000000 \text{ руб.}$$

Значит, за год экономия составит 20 млн. руб.

Стоит отметить, что ведется расчет на одну буровую установку.

Персонал такой буровой установки бурит за год в среднем 10 скважин.

Проходка на совершенной циркуляционной системы составляет примерно 10 000 м, а следовательно, при бурении эксплуатационных скважин глубиной до 5 000 м требуется заменять втулки и поршня насоса и сопутствующие материалы, в то время как насос KERR QWS1000S имеет гораздо больший срок службы и относится к постоянным затратам. Таким образом:

$$FC = 9246058 \text{ руб.}$$

$$VC = 865000 \text{ руб.}$$

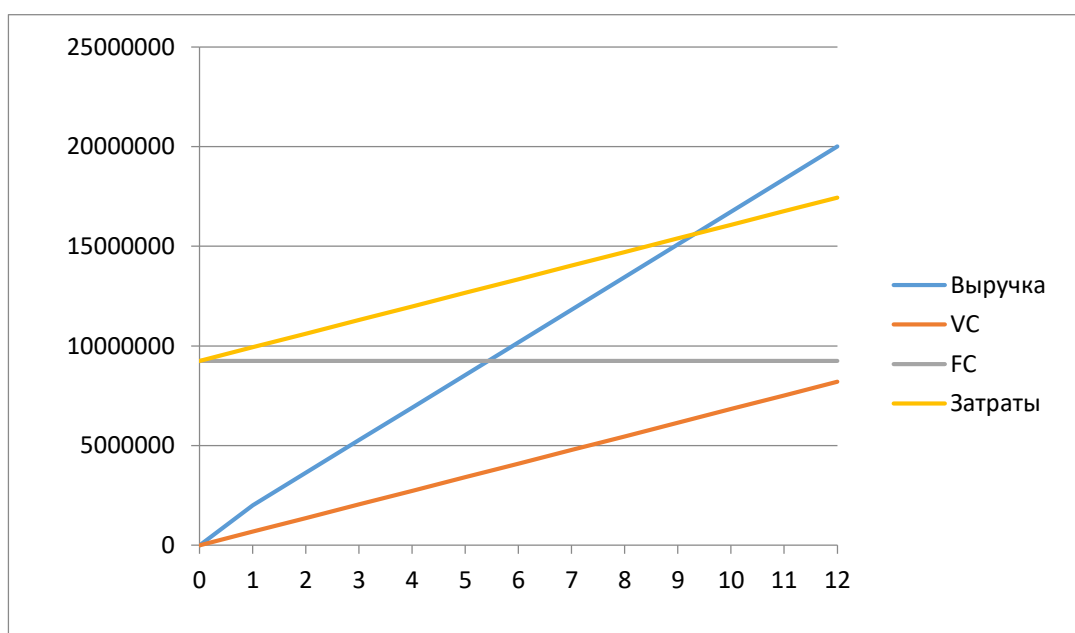


Рисунок 5.2 – График срока окупаемости модернизации.

На графике видно, что срок окупаемости модернизации составляет девять с половиной месяцев.

4.6 Оценка эффективности инженерных решений

Оценка экономических результатов инновационного проекта производится на основании годовых показателей, рассчитанных по годам длительности жизненного цикла реализации проекта.

ЧДД – по международной терминологии NPV – или интегральный эффект:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T (R_t - S_t) \frac{1}{(1+n)^t}, \quad (5.5)$$

где R_t – результаты, достигнутые на t -шаге расчета;

$R_t = \text{Пр} + A$;

Пр – чистая прибыль;

A – амортизационные отчисления;

S_t – затраты, осуществляемые на том же шаге;

T – горизонт расчета, равный номеру шага расчета, на котором производится ликвидация объекта, т.е. последнему году жизненного цикла проекта;

n – норма дисконта.

На практике пользуются модифицированной формулой для определения ЧДД. Для этого из состава затрат S_t исключают капиталовложения и обозначают K_t – капиталовложения в год t . Сумма дисконтированных капиталовложений вычисляется как:

$$K^{\wedge} = \sum_{t=0}^T K_t (1+n)^{-t}, \quad (5.6)$$

где t – год вложения средств.

Тогда:

$$ЧДД = \sum_{t=0}^T \frac{Pr_t + A_t}{(1+n)^t} - \sum_{t=0}^T K_t (1+n)^{-t} . \quad (5.7)$$

Если ЧДД>0, то проект является эффективным (при данной норме дисконта). Чем больше ЧДД, тем проект эффективнее.

Капиталовложения в первый год были определены при калькуляции себестоимости и составляют:

$$K_t = 10111058$$

$$ЧДД = \frac{20000000}{(1+0,1)^1} - \frac{10111058}{(1+0,1)^1} = 16528926 - 8356246 = 8172680 \text{ руб.}$$

ЧДД>0, следовательно, проект является эффективным.

4.7 Анализ потенциальных рисков и разработка мер по управлению ими

Под проектными рисками понимается, как правило, предполагаемое ухудшение итоговых показателей эффективности проекта, возникающее под влиянием неопределенности. В количественном выражении риск обычно определяется как изменение численных показателей проекта: чистой приведенной стоимости (ЧДД), внутренней нормы доходности (ВНД) и срока окупаемости.

Результатом качественного анализа рисков является описание неопределенностей, присущих проекту, причин, которые их вызывают, и, как результат, рисков проекта.

В результате будет сформирован перечень рисков, которым подвержен проект. Далее их необходимо проранжировать по степени важности и величине возможных потерь.

Действия по снижению проектного риска ведутся в двух направлениях: избежание появления возможных рисков и снижение воздействия риска.

Полностью избежать риска практически невозможно, но снизить их угрозу руководитель способен, уменьшая действие неблагоприятных факторов. Необходимо в этом разделе составить перечень простых рисков, а также мероприятия по их снижению.

Таблица 12. Риски и меры по ограничению их последствий

Виды рисков	Меры по ограничению последствий рисков
<ul style="list-style-type: none"> • Изменения законодательства • Рост налогов 	<ul style="list-style-type: none"> • Изучение изменений в российском законодательстве
<ul style="list-style-type: none"> • Появление альтернативного продукта 	<ul style="list-style-type: none"> • Систематическое изучение конъюнктуры рынка • Активные маркетинговые действия
<ul style="list-style-type: none"> • Снижение платежеспособности потребителей • Инфляция • Рост цен на ресурсы 	<ul style="list-style-type: none"> • Создание резерва для покрытия непредвиденных расходов • Расширение состава поставщиков
<ul style="list-style-type: none"> • Непредвиденные обстоятельства (аварии, стихийные бедствия, политическая нестабильность) 	<ul style="list-style-type: none"> • Страхование имущества и транспортных перевозок
<ul style="list-style-type: none"> • Небрежность и недобросовестность работников 	<ul style="list-style-type: none"> • Определение мер воздействия к неисполнительным работникам
<ul style="list-style-type: none"> • Нарушение технологии или освоение новой технологии 	<ul style="list-style-type: none"> • Обучение персонала работе на новом технологическом оборудовании

Результаты данного раздела подтверждают целесообразность внедрения модернизированной циркуляционной системы.

SWOT-анализ показал, что более технически продуманная циркуляционная система обладает рядом преимуществ по сравнению с предшествующими системами.

Эффективность проекта подтверждается положительным ЧДД. А срок окупаемости в девять с половиной месяцев доказывает высокую степень экономичности при значительной себестоимости.

Анализ конкурентных технических решений позволил выявить, что модернизированная циркуляционная система малоприменима ввиду его относительной новизны.

Заключение

В выпускной квалификационной работе были проведены, как аналитические исследования, так и практические расчеты. Были предложены различные варианты решения проблем связанных несовершенством циркуляционных систем, определены направления работы для получения оптимальных модификаций ЦС.

Как уже говорилось, решение проблем связанных с циркуляционными системами важно на данный момент, так как это позволит уменьшить затраты буровых компаний как на сам процесс бурения, так и на покупку и транспортировку оборудования. Снижение затрат позволит уменьшить себестоимость бурения метра скважины, значит повысить прибыль подрядчика.

По итогам выпускной квалификационной работы сделаны выводы:

1. Необходимо создание крупного предприятия-изготовителя бурового оборудования на территории Западной Сибири.
2. Необходимо переходить на изготовление циркуляционных систем путем их проектирования для конкретных геолого-технических условий.
3. Требуется срочное обновление парка буровых установок и комплектующего оборудования.
4. При проектировании бурового оборудования и режимов бурения необходимо использовать новейшие технические и технологические разработки.

Предполагается дальнейшая работа в данном направлении, а именно создание бизнес-плана проектируемого предприятия, дальнейший анализ недостатков различных циркуляционных систем и оборудования, используемых на месторождения Западной Сибири, предложения по их устранению.

Development of perfect circulating systems drilling device

Definitions

Hoist circulating system: constituent part of the circulating system designed to perform a specific function (preparation, storage or cleaning of a solution, etc.)

Drilling: process of a construction of an excavation of a cylindrical form - the well, mine trunk - by destruction of rocks on a unit.

Boring wash fluid: the multicomponent mix used for cleaning of a trunk and a face of the well of cuttings rock, a synonym of the term "drilling mud fluid".

Drilling fluid: polymict used primarily to clean unit and sank from drill cuttings, as well as to perform many other functions.

Shale shaker device - for accelerating the process of drilling fluid treatment via vibrations.

Gas separator - a device for removing gas from the drilling fluid by using screen and centrifugal methods to destroy gas bubbles

Classifier a device for cleaning drilling mud from finely-dispersed sludge via to the centrifugal effect

Mud degasser device for removing gas from the drilling fluid via barometric method of destroying gas bubbles

Disperser device for additional grinding clay when preparing drilling fluid based on collision of two opposite directed jets

Desilter: type classifier to remove the sludge particles from a solution of up to 0.03 mm -0.05

Batch box The tank to keep and mix the mud and feed it to the well.

Agitator device for preparing drilling fluid

Mud desander : type classifier to remove the sludge particles from a solution of up to 0.08 mm -0.09

Mud agitator device for mixing mud, from the batch box

The well is a cylindrical rock working in the earth's crust, constructed without access to it by a person who is characterized by a relatively small diameter in comparison with its length

Level gauge is an instrument for industrial measurement or monitoring of liquid and bulk solids in tanks, storages, process units, etc.

Level of assortment of production: quantity of production at which achievement it is considered, that the company has broad spectrum in the given conditions

Filter press device designed for fine purification of process liquids used in secondary showdown and repair of oil and gas wells

Centrifuge: the device for removal from a chisel solution muck with the size of particles up to 0,01-0,002 mm due to use of centrifugal effect.

Foundry the basic division of the industrial enterprise developing semi finished items or end production, carrying out the isolated part of a work cycle of manufacturing of production

Circulating system: a complex of mechanisms and the equipment, included in structure of the complete set of chisel installation and intended for preparation, storage and clearing of a chisel solution, as well as for performance of set of other functions

Slurry of rock particles of different dispersity, which are the result of its destruction

Slurry barn construction, formed as a result of excavation works, used for dumping and storage vyburennogo cuttings and drilling mud until their recycling

Slurry pump - device designed for pumping hydraulic mixtures pumps with small solid fraction, including drilling mud

1. Introduction

Recently the energy complex has played an important role in economy of the Russian Federation, the fuel and energy complex plays one of the most important

roles. Oil and gas industry takes a special place in it. In spite of the economic crises, the oil price drop, and the reduction in the volume of well construction, drilling will always be relevant to hydrocarbon production. In the 21st century, the science of drilling is developing at a tremendous pace. The level of production of works 20 years ago is incomparable with the current one. Equipment is constantly being modernized, drilling companies are taking a course to improve the culture of production, introduce new technologies, and gradually reduce the share of manual labor in the total amount of work. But some problems remain relevant for many years.

One of such problems is the imperfection of the circulation systems used, both in drilling and in well overhaul.

Within the framework of the final qualifying work it is supposed to fulfill the theoretical, analytical and practical parts. The theoretical part will address the most acute problems associated with the current level of production of circulating systems.

2. The main problems associated with the circulation systems

Constructive imperfection of existing circulation systems. This disadvantage affects the increase in costs during the drilling process, which mainly results in overuse of chemical reagents to control the properties of the drilling mud because of its poor-quality cleaning.

Slow introduction of new technical and technological solutions into production. Domestic manufacturers of equipment and drilling companies, in contrast to foreign companies, behave excessively conservatively

The most acute and important problems that have a significant impact on technological and economic indicators of drilling efficiency were considered. In the work it is supposed to bring author's the solution of these problems with the subsequent introduction of proposals for improvement in the domestic practice of drilling

Cleaning of a trunk of the well – the major factor providing successful drilling and defining quality of cementation at the final stage of its construction. Therefore, the main functions of circulating system of the drilling rig have to be at such level that together with geological specifications of drilling the objectives of the most high-quality cleaning of the well of cuttings rock and prevention of possible complications and accidents were achieved.

The circulating system represents the complex of mechanisms and the equipment included in structure of a set of the drilling rig and intended

- to prepare and store drilling mud fluid of the set density and quality;
- to supply solution to the well;
- to process drilling mud fluid;
- to purify drilling mud fluid from cuttings-laden drilling mud;
- to decontaminate drilling mud fluid (if necessary);
- to pulp filling process of solution to the well when raising pipes;
- to remove slime in a dump or on disposal

The presence of sludge in the washing liquid has a harmful effect on its technological properties and leads to a deterioration of the technical and economic parameters of drilling. Thus cleaning of drilling fluid from solid, liquid and gaseous impurities is of special importance

In order to reduce or eliminate environmental pollution during drilling, the structure of the circulating system includes devices that prevent leakage of drilling mud into the ground and collect and process it.

Also in the new circulation systems, the requirements for maintaining a high level of production culture and level of labor are of great importance.

When drilling in water protection zones, the discharge of cuttings from the drilling rig should be completely excluded, a special system of sludge removal for discharging drilling waste into the car body or an intermediate hopper with subsequent removal of the sludge for its processing and utilization is included in the structure of the CS. If necessary (in accordance with the requirements of environmental authorities), the quality of drilling mud cleaning is brought to

practically technical water by including a special coagulation and flocculation unit in the CS that works in conjunction with centrifuges.

3. Drilling equipment

This vibrating sieve is simple in concept, but a bit more complicated to use efficiently. A wire-cloth screen vibrates while the drilling fluid flows on top of it. The liquid phase of the mud and solids smaller than the wire mesh pass through the screen, while larger solids are retained on the screen and eventually fall off the back of the device and are discarded. Obviously, smaller openings in the screen clean more solids from the whole mud, but there is a corresponding decrease in flow rate per unit area of wire cloth. Hence, the drilling crew should seek to run the screens (as the wire cloth is called), as fine as possible, without dumping whole mud off the back of the shaker. It used to be typical for drilling rigs to have only one or two shale shakers, modern high-efficiency rigs are often fitted with four or more shakers, thus giving more area of wire cloth to use, and giving the crew the flexibility to run increasingly fine screens. AKROS applies the most advanced technologies manufacturing various screen panels designed for shale shakers with mesh sizes from API 20 to API 400. We also offer screen panels for all models of the screen shakers manufactured by

Brandt, Derrick, M-I SWACO, KEMTRON etc. AKROS can fabricate customized screen panels, with sizes and specifications as requested by clients. Four-sided tension of the screen plates is used during fabrication of the screen panels. The screen plates can be fabricated with both square and rectangle mesh shapes. Plugs for isolation of the ruptured mesh areas can be used to extend service life. Screen panels 20-50 API have a double layer design, screen panels 60-325 API have a triple layer design. The first layer of the screen panel plate is made of SS304 grade steel, the second and the third layers of the screen panel plates are made of SS316L grade steel. Framed screen panels – the frame is made of composite materials resistant to corrosive drilling muds. Storage life of screen panels with composite frame is over 5 years. Composite frame screen panels have an effective area 10-20% larger than

metal framed screen panels. High quality fiber glass is used to improve temperature rating of the composite material, the composite frame maintains its properties under temperature of up to 140 degrees Celsius.

Table №1

№ API	"Separation (micron)"	"Part number FALCON"	"Part number MONGOOSE"	"Part number ALS"	"Part number Brandt Cobra"	"Part number FLC-48 [2000]"	"Part number FLC-500"
API 25	от 655.0 до 780.0	AK-024-FAL	AK-024-MON	AK-024-SWA	AK-024-BHX	AK-024-D48	AK-024-D50
API 35	от 462.5 до 550.0	AK-038-FAL	AK-038-MON	AK-038-SWA	AK-038-BHX	AK-038-D48	AK-038-D50
API 40	от 390.0 до 462.5	AK-045-FAL	AK-045-MON	AK-045-SWA	AK-045-BHX	AK-045-D48	AK-045-D50
API 50	от 275.0 до 327.5	AK-050-FAL	AK-050-MON	AK-050-SWA	AK-050-BHX	AK-050-D48	AK-050-D50
API 60	от 231.0 до 275.5	AK-084-FAL	AK-084-MON	AK-084-SWA	AK-084-BHX	AK-084-D48	AK-084-D50
API 70	от 196.0 до 231.0	AK-105-FAL	AK-105-MON	AK-105-SWA	AK-105-BHX	AK-105-D48	AK-105-D50
API 80	от 165.0 до 196.0	AK-120-FAL	AK-120-MON	AK-120-SWA	AK-120-BHX	AK-120-D48	AK-120-D50
API 100	от 137.5 до 165.0	AK-165-FAL	AK-165-MON	AK-165-SWA	AK-165-BHX	AK-165-D48	AK-165-D50
API 120	от 116.5 до 137.5	AK-200-FAL	AK-200-MON	AK-200-SWA	AK-200-BHX	AK-200-D48	AK-200-D50
API 140	от 98.0 до 116.5	AK-230-FAL	AK-230-MON	AK-230-SWA	AK-230-BHX	AK-230-D48	AK-230-D50
API 170	от 82.5 до 98.0	AK-270-FAL	AK-270-MON	AK-270-SWA	AK-270-BHX	AK-270-D48	AK-270-D50
API 200	от 69.0 до 82.5	AK-325-FAL	AK-325-MON	AK-325-SWA	AK-325-BHX	AK-325-D48	AK-325-D50
API 230	от 58.0 до 69.0	AK-350-FAL	AK-350-MON	AK-350-SWA	AK-350-BHX	AK-350-D48	AK-350-D50
API 270	от 49.0 до 58.0	AK-370-FAL	AK-370-MON	AK-370-SWA	AK-370-BHX	AK-370-D48	AK-370-D50
API 325	от 41.5 до 49.0	AK-400-FAL	AK-400-MON	AK-400-SWA	AK-400-BHX	AK-400-D48	AK-400-D50

AKROS offers high efficiency AKR-series centrifuge of different configurations that are designed for high efficiency separation of solids, barite recovery during drilling. It can also be combined with flocculation and coagulation unit during dehydration. High efficiency centrifuges AKR-453, AKR-553 are designed specifically for processing of large volumes of drilling mud.(Table№1)

Table №2

MODEL	AKR - 363	AKR - 452	AKR - 453	AKR - 553
Bowl Diameter (mm)	360 [14"]	450 [18"]	450 [18"]	550 [22"]
Bowl Length (mm)	1271 [50"]	1105 [43"]	1540 [61"]	1800 [71"]
Max Capacity [m ³ /h]	45	57	80	114
Effective Capacity [m ³ /h]	30	40	60	90
Max Bowl Speed (RPM)	3900	1800	3200	3000
Typical Bowl Speed (RPM)	3200	1800	2800	2500
Max G Force	3063	815	2578	2719
Typical G Force	2062	815	1973	1888
Cut Point[Microns]	2-5	5-7	2-5	2-5
Differential Speed (RPM)	38	32	45	45
Gearbox Torch (N.M)	3500	3500	7500	12000
Gearbox Ratio	57:1	57:1	57:1	35:1
Main Motor (Kw)	37 (50 HP)	45 (60 HP)	55 (75 HP)	90 (120 HP)
Back Drive Motor (Kw)	11 (15 HP)	-	22 (30 HP)	37 (50 HP)
Recommend Pump (Kw)	7.5 (10 HP)	11 (15 HP)	15 (20 HP)	22 (30 HP)
EX Standard	ExdIIIBt4			
Electric Cabinet	Exd Standard / PLC with positive pressure			
Weight (kg)	3500	3410	4580	5840
Dimension: L x W x H (mm)	3305 x 1638 x 1277	2939 x 1748 x 1320	3824 x 1798 x 1317	4293 x 1978 x 1381

Variable frequency drive supplied with centrifuge allows setting required parameters and conducting monitoring within required range according to drilling conditions:

- bowl rotation speed
- differential speed
- feeding pump capacity

Automatic control and regulation are conducted via programmable logical controller with sensor display which enables regulation of centrifuge operation parameters according to changing conditions of drilling. Variable frequency drive is manufactured by the world leading manufacturers ABB and Siemens.

AKROS offers AKR series mud hoppers, designed and manufactured to enable rapid and efficient dosing and mixing of chemical and additives while preparing and maintaining drilling fluids. The hopper function is based on the venturi effect, when the pressure of a flowing fluid decreases passing through a restriction, thus allowing adding appropriate doses of polymers, barite, bentonite and other powder additives. The hopper may be place on the skid with the centrifugal

pump, thus simplifying the installation of mud cleaning equipment on the drilling rig.(Table №2)

Table №3

MODEL	Pressure [MPa]	Hopper Volume [litre]	Inlet [inches]	Weight [kg]	Dimensions LxWxH
AKR 35	0.25 ~ 0.4	35	DN150	174	1100x680x949
AKR 45	0.25 ~ 0.4	45	DN150	174	1100x680x949

Mechanical mud mixers are designed to prepare the drilling muds and maintain their required characteristics. They facilitate uniform mixing of the mud and additives preventing local overtreatment with chemicals. Among other things, mud mixers keep the weighting material in suspension and minimize the settling of sludge.(Table №3)

- high power motor, 3 to 22 KW
- wide range of blade sizes
- double-row blade mixers can be supplied as an option

Table №4

MODEL	Motor [Kw]	Speed [Rpm]	Impeller [mm]	Explosion protection	Weight [kg]	Dimensions
AKR-030M	3	60	650	ExdII BT4	154	717x560x472
AKR-055M	5.5	60	850	ExdII BT4	280	892x700x600
AKR-075M	7.5	60	950	ExdII BT4	287	980x750x608
AKR-110M	11	60	1050	ExdII BT4	402	1130x840x655
AKR-150M	15	60	1100	ExdII BT4	423	1158x840x655
AKR-185M	18.5	60	1050	ExdII BT4	746	1270x1000x730
AKR-220M	22	60	1100	ExdII BT4	820	1270x1000x730

AKR series vacuum degassers are able to service the needs of any application. It is usually installed after the shakers. Each degasser effectively and efficiently removes gases from gas-cut mud, thus ensuring that the proper mud weight is pumped down hole. In doing so, the degassers are able to aid in the prevention of potential blowouts. Unlike the traditional vacuum degasser, AKR vacuum degasser is a self-contained unit, AKR vacuum degasser is monitored by level sensor to protect over suction of the fluids. The gas-cut mud is drawn into the degasser by a vacuum created by a regenerative vacuum without needing centrifugal pump. AKR 270 degasser can act as a big agitator for the drilling mud, which helps the treatment for desander and desilter.(Table №4)

Table №5

MODEL	AKR 270	AKR 360
Tank Diameter (mm)	920	920
Capacity(m ³ /h)	≤270	≤360
Vacuum Degree(Mpa)	-0.02~-0.04	
Handling Efficiency	≥95%	
Main Motor Power(Kw)	22	37
Pump Motor Power(Kw)	7.5	7.5
Rotation Speed(RPM)	700	860
Ex Standard	ExdIIbt4	
Suction Line Size	DN150	
Output size	DN200	
Weight(Kg)	1780	1815
Dimension x L x W x H(mm)	2100 x 1605 x 1729	2100 x 1605 x 1729

Centrifugal degasser is a new type degasser, specialized in processing gas cut drilling fluids. Normally it is installed after shale shaker and widely used in various solids control systems, and it is very important for recovering mud weight, stabilize mud viscosity performance, reduce drilling cost. Meantime it can be used as a big power blender. Its advantages are large capacity, high rate of degassing, less area required, low energy consumption, easy operation and maintenance.(Table №5)

Table №6

MODEL	AKR
Liquid Inlet Size	20 "
Liquid Outlet Size	8 "
Gas Outlet Size	2 "
Max Liquid Throughput	300 m ³ /h
Max Gas Removed	30 m ³ /h
Main motor	22 Kw
Fan Motor	1,1 Kw
Gearbox Ratio	1:3,78
Weight	1375 kg
Dimensions	1150 x 1055 x 2885mm

The AKR series screw pump is a single screw pump. The pump is an ideal pump for feeding to decanter centrifuge without shearing or agitating the drilling mud. The main parts are screw shaft (rotor) and screw shaft bushing (stator). Because of the special geometry shape of the two parts, they form pressurize capacity separately. The fluids flow along with the shaft, inner flow speed is slow, capacity remains, pressure is steady, so it will not generate vortex and agitating. The

shaft of the pump is made from stainless steel, AKR series pump is available for option with complete stainless steel body, it can drive by coupler, or adjust the speed by using variable speed motor, Triangle V-belt, gear box, etc. AKR series screw pump is with less accessories, compact structure, small volume, easy maintenance, rotor and stator are wear parts of this pump, it is convenient to replace. The stator is made of elastomeric material, so it has particular advantages than other pump to transfer the fluids. With high viscosity and hard suspended particles included. (Table №6)

Table №7

MODEL	Flow [M ³ /h]	Pressure [Mpa]	Motor [Kw]	Max Speed [RPM]	Inlet [inch]	Outlet [inch]	Ex Standard	Weight[Kg]	Dimension LxWxH[mm]
AKR 10	10	0.3	4	244	DN80		ExdIIIt4	245	2245x320x550
AKR 20	20	0.3	5.5	210	DN80			323	2450x340x562
AKR 30	30	0.3	7.5	258	DN100			386	2761x370x600
AKR 40	40	0.3	11	252	DN125			454	3270x370x665
AKR 50	50	0.3	11	273	DN125			608	3790x400x782
AKR 60	60	0.3	15	225	DN125			649	3322x550x740
AKR 70	70	0.3	22	230	DN150			875	3740x420x785
AKR 80	80	0.3	22	283	DN150			875	3740x420x785
AKR 90	90	0.3	22	205	DN150			875	3740x420x785

The treatment technology is based on the thermal processes resulting in evaporation of liquids from drilling cuttings, including: hydrocarbons and water. Water evaporates first, turning into water vapour, and hydrocarbons evaporate later, as they have a higher boiling point. Hydrocarbons are separated from water during the two stage condensation process, based on the same principles. The hammer mill generates large quantities of heat during the grinding process, thus breaking cuttings and removing liquids, including pore fluids. The design provides reduction of thermal energy to minimum and simultaneous removal of liquid components with recovery of hydrocarbons for further re-use in oil-based drilling fluids.(Table №7)

Cuttings skips are designed for containment and transfer of drilled rocks and other wastes produced from well drilling. The design of cuttings skips provides heavy-duty durability and reliability, that's why cuttings skips are widely used in offshore drilling, where the most stringent requirements are applied. Due to portability of equipment and for stacking convenience, drill cuttings collected in skips may be shipped by water transport, as well as by road and railway transport.

The cuttings skips may be used under extreme temperatures from minus 40°C to plus 50°C without deterioration of strength and sealing properties.

F-1000 Triplex Mud Pump



- The F-1000 Triplex Mud Pump is made of rugged Fabriform construction and designed for optimum performance under severe drilling conditions. It is compact and occupies less space, yet delivers unequaled performance. The pumps are backed by several decades of design and manufacturing experience, and are considered leaders in the field.

- The NOV Triplex design provides an inherently balanced assembly. No additional counterbalancing is required for smooth operation. No inertia forces are transmitted to the pumps' mountings.

- NOV's F-Series pumps are conservatively rated at relatively low rpm. This reduces the number of load reversals in heavily stressed components and increases the life of the fluid end parts through conservative speeds and valve operation.

Forged steel cylinders are identical and interchangeable. Liners and pistons can be inspected without removal. One-piece piston rod, discharge strainer, liner, piston and piston rod are removed and replaced through the front of the pump.

The suction degasser is built into the suction manifold for reduction of pressure surges. F-1000 cylinders are electroless nickel-plated to retard corrosion. Power end cover can be removed without disturbing top mounted motors One-piece interchangeable eccentric straps.

- Slower speed means increased expendable life
- Fabriform frame
- Low weight-to-horsepower ratio
- Herringbone gears, both gear and pinion, are machined from alloy steel forgings

Список литературы

1. Абубакиров В.Ф. Оборудование буровое, противовыбросовое и устьевое: справочное пособие, Т.1. – М: Газпром, 2007. – 732 с.
2. Булатов А.И. Бурение горизонтальных скважин: справочное пособие. – Краснодар: Советская Кубань, 2008. – 424 с.
3. Нифонтов Ю.А. Ремонт нефтяных и газовых скважин, Ч.1. – С-Пб: Професионал, 2005. – 914 с.
4. Буровое оборудование: Справочник, Т.1./ В.Ф. Абубакиров, Ю.Г. Буримов, А.Н. Гноевых и др. – М: Недра, 2003. – 494 с.
5. Середа Н.Г. Бурение нефтяных и газовых скважин: учебное пособие./– М: Недра, 1988. – 454 с.
6. Сидоров Н.А. Бурение и эксплуатация нефтяных и газовых скважин: учебник для техникумов. - М: Недра, 1982. – 376 с.
7. Егоров Н.Г. Бурение скважин в осложненных условиях. – Тула: Гриф и К, 2006. – 304 с.
8. Чубик П.С. Конспект лекции по буровым промывочным и тампонажным растворам.
9. Мищенко В., Добик А. Мобильные циркуляционные системы для капитального ремонта скважин // Бурение и нефть. – 2005. - №5. – с. 26-27.
10. Мищенко В.И., Картунов А.В. Циркуляционные системы и экологическое оборудование для безамбарного бурения и капитального ремонта скважин // Бурение и нефть. – 2007. - №3. – с. 44 – 49.
11. Гринев В.Ф., Липатов С.В. Преимущества и недостатки отечественной и зарубежной буровой техники // Бурение и нефть. – 2008. - №6. – с. 45-46.
12. Ильиных А., Корнильцев Ю., Астафьев В., Мойсейченков Н., Скоробогатов А. Первый российский сверхмощный буровой насос УНБТ-1600. Заводские испытания // Бурение и нефть. – 2006. - №6. – с. 18 – 19.

13. Михеев Н. Технология очистки буровых растворов с использованием центробежного полнопоточного фильтра // Бурение и нефть. – 2005. - №3. – с.34.