

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



Институт природных ресурсов

Направление подготовки (специальность): «Нефтегазовое дело» («Строительство глубоких нефтяных и газовых скважин в сложных горно-геологических условиях»)

Кафедра бурения скважин

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Исследование и совершенствование технологии бесклиновой резки бокового ствола в необсаженном интервале скважины

УДК 622.24.085.22-048.32

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ5Д	Ермак Олег Николаевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Хорев Владимир Сергеевич	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Шарф Ирина Валерьевна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Немцова Ольга Александровна	–		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
бурения скважин	Ковалев Артём Владимирович	к.т.н.		

Томск – 2017 г.

Запланированные результаты обучения
по основной образовательной программе

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</i> , соответствующих профилю подготовки (в нефтегазовом секторе экономики).
P2	Планировать и проводить аналитические и экспериментальные <i>исследования</i> с использованием новейших достижений науки и техники, уметь критически оценивать результаты и делать выводы, полученные в <i>сложных и неопределённых условиях</i> ; использовать <i>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</i> ; использовать <i>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»**

Институт природных ресурсов

Направление подготовки (специальность): «Нефтегазовое дело» («Строительство
глубоких нефтяных и газовых скважин в сложных горно-геологических условиях»)

Кафедра бурения скважин

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

_____ Ковалев А.В.

Подпись Дата

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

в форме магистерской диссертации

Студенту:

Группа	Фамилия Имя Отчество
2БМ5Д	Ермак Олег Николаевич

Тема работы:

«Исследование и совершенствование технологии бесклиновой резки боковых
стволов в необсаженных интервалах скважин»

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

1 июня 2017 года

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

Проблема: большие затраты времени по резке

<p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>БОКОВЫХ СТВОЛОВ В НЕОБСАЖЕННЫХ ИНТЕРВАЛАХ.</p> <p><u>Объект исследования:</u> процесс строительства скважины.</p> <p><u>Предмет исследования:</u> технология зарезки бокового ствола в необсаженном интервале.</p> <p><u>Методы и средства исследования:</u> аналитические и экспериментальные.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p><u>Цель диссертации:</u> разработать технологию для повышения эффективности зарезки бокового ствола в необсаженном интервале.</p> <p><u>Задачи диссертации:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Провести литературный обзор по плану: <ol style="list-style-type: none"> 1.1. Задачи, решаемые при бурении боковых стволов из необсаженных скважин. 1.2. Обзор технических и технологических решений для зарезки боковых стволов бесклиновым способом в необсаженных интервалах скважин различного назначения (включая патентный поиск). 1.3. Обзор бесклиновых технологий, применяемых производственными организациями, занимающихся бурением нефтяных и газовых скважин, по зарезке боковых стволов в необсаженных интервалах. 2. Разработать технологические решения для повышения эффективности бесклиновой зарезки боковых стволов в необсаженных интервалах скважин. 3. Сформулировать выводы и рекомендации.
<p>Перечень графического материала (с точным</p>	<p>Необходимость в графических материалах отсутствует</p>

указанием обязательных чертежей)	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Шарф Ирина Викторовна, к.э.н., доцент каф. экономики природных ресурсов
Социальная ответственность	Немцова Ольга Александровна, ассистент каф. экологии и безопасности жизнедеятельности
Раздел, выполненный на иностранном языке	Епихин Антон Владимирович, ст. преп-ль каф. бурения скважин; Ульянова Оксана Сергеевна, к.и.н., доцент каф. иностранных языков ИПР.
Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:	
1. Литературный обзор	
Дата выдачи задания на выполнение магистерской диссертации по линейному графику	10 марта 2016 года

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
зав. кафедры	Ковалев Артем Владимирович	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ5Д	Ермак Олег Николаевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа		ФИО	
2БМ5Д		Ермаку Олегу Николаевичу	
Институт	Уровень образования	Кафедра	Направление/специальность
Природных ресурсов	магистратура	Бурение скважин	«Нефтегазовое дело»
Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:			
1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>		Оценка стоимости материально-технических и человеческих ресурсов на проведение резки бокового ствола скважины бесклиновым способом в необсаженном интервале скважины	
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>		Классификация ремонтных работ в скважинах (РД 153-39-088-01); Правила ведения ремонтных работ в скважинах (РД 153-39-023-97).	
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:			
1. <i>Оценка финансовой составляющей инженерных решений (ИР)</i>		Оценка перспективности мероприятия с целью получения дополнительного прироста нефти	
2. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>		Составление плана-проекта на срезку бокового ствола скважины с учетом необходимых временных и трудовых затрат Определение основных статей расходов на резку боковых стволов с применением технологии бесклиновой резки	
3. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>		Сравнительный анализ экономического эффекта до и после резки бокового ствола	
Перечень графического материала			
<p><i>Формулы:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – материальные затраты; заработная плата; отчисления во внебюджетные фонды; накладные расходы. <p><i>Таблицы:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – материальные затраты на реагенты, необходимые для приготовления бурового раствора; – стоимость перечня оборудования для приготовления и измерения свойств бурового раствора; – должностные месячные оклады; – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим персоналом; <p>размер обязательных отчислений страховых взносов;</p>			
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику			1.03.2017

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Шарф Ирина Валерьевна	к.э.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ5Д	Ермак Олег Николаевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ5Д	Ермаку Олегу Николаевичу

Институт	природных ресурсов	Кафедра	Бурение скважин
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	Нефтегазовое дело

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p><i>Объектом исследования является применение технологии резки боковых стволов в необсаженных интервала скважины;</i></p> <p><i>Область применения: нефтедобывающая промышленность</i></p>
---	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения). 	<p>1.1. Вредные факторы</p> <p>Средства защиты: спецодежда, укрытия рабочих мест; перерывы в работе; выплата за вредность.</p> <ul style="list-style-type: none"> - недостаточная освещённость; - повышенная вибрация; <p>Средства защиты: балансировка, виброфундамент.</p> <ul style="list-style-type: none"> - шум (более 80 дБА); <p>Коллективные средства защиты: пневмоударники, звукоизоляция, кожухи.</p> <ul style="list-style-type: none"> - загазованность; <p>Средства защиты: используют газоанализаторы; респираторы;</p> <p>1.2. Опасные факторы</p> <ul style="list-style-type: none"> - механические травмы: падение с высоты предметов, отсутствие ограждений, опасные приёмы труда; - поражение током: доступность токоведущих частей, отсутствие заземления и защитных средств; - взрывы горючих веществ;
---	--

<p>2. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> - защита селитебной зоны - анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); - анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); - анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); - разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<p>2. Вредные воздействия:</p> <ul style="list-style-type: none"> - загрязнение почвы нефтепродуктами; - повреждение почвенного слоя; - порубка древесины; - производственные отходы; - загрязнение водоёмов; - распугивание животных; <p>Меры безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> сооружение водоотводов, накопителей, отстойников; - очистные сооружения;
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> - перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; - выбор наиболее типичной ЧС; - разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; - разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	<ul style="list-style-type: none"> - газонефтеводопроявление; - открытое фонтанирование (пожар, взрыв); <p>Меры противодействия:</p> <ul style="list-style-type: none"> - противовыбросовое оборудование (ПВО); - индивидуальная защита (одежда, противогазы);
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> - специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; - организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> - Конституция РФ, ФЗ о недрах и недропользованию; правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности; - инструктирование персонала; оперативные меры по предотвращению и локализации; эвакуация людей не занятых ликвидацией аварии;

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	1 марта 2017
--	--------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Немцова Ольга Александровна	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ5Д	Ермак Олег Николаевич		

Раздел №4

Раздел «Выполненный на иностранном языке»

Выполнил студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ5Д	Ермак Олег Николаевич		

Консультант кафедры БС:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Епихин Антон Владимирович	–		

Консультант – лингвист кафедры ИЯПР:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Ульянова Оксана Сергеевна	к.и.н.		

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования



**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт природных ресурсов

Направление подготовки (специальность): «Нефтегазовое дело» («Строительство глубоких нефтяных и газовых скважин в сложных горно-геологических условиях»)

Уровень образования: магистратура

Кафедра бурения скважин

Период выполнения: осенний / весенний семестр 2016/2017 учебного года

Форма представления работы: магистерская диссертация

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения магистерской диссертации**

Срок сдачи студентом выполненной работы:		1 июня 2017 года
Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
1 марта 2017 года	1. Проведение литературного обзора.	25
1 апреля 2016 года	2. Разработка технологических решений для повышения эффективности зарезки боковых стволов в необсаженных интервалах скважин.	20
4–8 апреля 2016 года	3. Промежуточная аттестация выполнения диссертации в виде доклада на XXI Международном научном симпозиуме студентов и молодых ученых им. академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр».	5
15 мая 2016 года	4. Проведение экспериментальных исследований в лабораторных условиях и анализа полученных результатов.	40
20 мая 2016 года	5. Формулирование выводов и рекомендаций.	5
25 мая 2016 года	6. Предварительная защита диссертации.	5

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
зав. кафедры	Ковалев Артем Владимирович	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
бурения скважин	Ковалев Артем Владимирович	к.т.н.		

Томск 2017 г.

Определения

Цементный мост – инженерное сооружение в скважине, которое устанавливают с целью получения в скважине устойчивого водогазонефте непроницаемого цементного стакана определенной прочности для перехода на вышележащий объект, забуривания нового ствола, ликвидации проявлений и поглощений, укрепления неустойчивой кавернозной части ствола, консервации или ликвидации скважины.

Зарезка ствола - точка, где ствол скважины начинает отклоняться от вертикали при наклонно-направленном и горизонтальном бурении; это технология бурения из материнского основного ствола скважины нового ствола, для геологоразведочных и ремонтных работ, а также с целью возврата в разработку нефтяных скважин, которые по ряду геолого-технических условий не могли быть задействованы при выполнении других операций.

Срезка – момент выхода породоразрушающего инструмента из цементного моста при ЗБС.

Интервал срезки – это интервал от начала расхождения показаний инклинометрии до достижения расстояния равного двум диаметрам долота.

Обозначения и сокращения

КНБК – компоновка низа буровой колонны

ЗБС – зарезка боковых стволов

ВЗДО – винтовой забойный двигатель-отклонитель

БС – боковой ствол

ЦСБ – центр сопровождения бурения

ОЗЦ – ожидание затвердевания цемента

Аннотация

Цель научно-исследовательской работы:

Разработать технологические решения для повышения эффективности резки боковых стволов бесклиновым способом в необсаженных интервалах скважины.

Проблема: большие затраты времени при резке боковых стволов в необсаженных интервалах;

Предмет исследования: технология резания бокового ствола в необсаженной скважине;

Объект исследования: процесс строительства скважины;

Задачи:

1. Поиск и совершенствование технологии или технологических приёмов по повышению эффективности и сокращения времени на резку бокового ствола скважины бесклиновым способом из необсаженного интервала скважины;

2. Классификация технических и технологических решений для резки боковых стволов бесклиновым способом в необсаженных интервалах скважин;

3. Разработка рекомендаций по повышению надежности и прочностных характеристик цементного камня.

В научно-исследовательской работе произведен сбор, анализ, систематизация данных по методам совершенствования технологии резки боковых стволов бесклиновым способом в необсаженных интервалах скважины. Все проведенные теоретические исследования представлены в виде таблиц и классификаций. Составлены практические рекомендации по дальнейшему направлению исследования по приоритетным направлениям. Уникальностью выполненной работы является выработка собственных критериев оценки и составления рейтинга перспективных направлений исследования. Полученные данные будут востребованы в дальнейшем исследовании данной темы диссертации.

Оглавление

Введение.....	15
1. Обзор литературы по техническим и технологическим решениям для резки боковых стволов бесклиновым способом в необсаженных интервалах скважин различного назначения	18
1.1. Повышение эффективности ЗБС с помощью улучшения свойств цементного камня при резке с цементных мостов и совершенствование их установки	20
1.1.1. Совершенствование способа установки цементного моста в необсаженной части скважины для забуривания нового ствола	20
1.1.2. Увеличение времени структурообразования и применение новых компонентов.....	25
1.2. Анализ разработок КНБК и отдельных элементов компоновки для бурения боковых стволов	31
1.2.1. Первая отечественная разработка в области совершенствования бесклинового способа бурения	31
1.2.2. Выбор определенного типа породоразрушающего инструмента	34
1.2.3. Забуривания бокового ствола скважины с цементного моста забойным двигателем-отклонителем.....	35
1.2.4. Технология совершенствования отклоняющего устройства для резки боковых стволов	40
1.2.5. Направленное бурение с применением вращающегося корпуса и селективно отклоняющегося приводного вала	49
1.2.6. Выбор типоразмеров отклоняющей КНБК для резки новых стволов на больших глубинах.....	62
1.2.7. Критерий выбора параметров отклоняющих КНБК для резки новых стволов на больших глубинах.....	64
1.3. Технология бурения дополнительного ствола с уступа расширенного участка	68
2. Обзор бесклиновых технологий, применяемых производственными организациями, занимающихся бурением нефтяных и газовых скважин, по резке боковых стволов в необсаженных интервалах	72
2.1. Наиболее распространенная на сегодняшний день технология резания дополнительного ствола на производстве.....	72
2.2. Технология резки бокового ствола скважин в режиме «наработка желоба сверху вниз и снизу вверх»	74
2.3. Технология бурения в режиме ограничения скорости и времени	81
2.4. Мероприятия по недопущению попадания в материнский ствол	83
3. Классификация технических и технологических решений для резки боковых стволов бесклиновым способом в необсаженных интервалах скважин	84
3.1. Оценка наиболее перспективных направлений исследования и применения существующих разработок.....	84
3.2. Анализ положительных и отрицательных факторов существующих методик повышения эффективности ЗБС	85
4. Раздел «Выполненный на иностранном языке».....	87
5. Раздел «Финансовый менеджмент ресурсоэффективность и ресурсообеспеченность»	96
6. Раздел «Социальная ответственность при наклонно-направленном бурение скважины»	103
6.1. Профессиональная социальная безопасность	104

1.1.1. Анализ вредных факторов.....	104
6.1.2. Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе	104
6.1.3. Повышенный уровень шума	104
6.1.4. Повышенный уровень вибрации	105
6.1.5. Недостаточная освещенность рабочей зоны.....	105
6.1.6. Запыленность и загазованность рабочей зоны.....	106
6.2.1. Анализ опасных факторов.....	106
6.2.2. Механические травмы	107
6.2.3. Электробезопасность	109
6.2.3. Расчет молниезащиты буровой установки	110
6.2.4. Взрывы	111
6.2.5. Пожарная безопасность.....	111
6.3.1. Экологическая безопасность	114
6.3.2. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды.....	116
6.4.1. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	119
6.4.2. Мероприятия по предупреждению ГНВП при строительстве скважин	120
6.5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	121
Заключение	125
Выявленные факторы, ухудшающие качество и успешность срезки:.....	125
Рекомендации по увеличению успешности зарезки:	126
Выводы и рекомендации по разделу цементного моста:	127
Список литературы	130
Приложение №1 – таблица оценки перспектив исследования различных направлений по повышению эффективности зарезки боковых стволов.....	133
Приложение №2 – Сводная таблица анализа положительных и отрицательных факторов существующих методик повышения эффективности ЗБС	134

Введение

В настоящее время, вопросы выбора параметров режима ЗБС и типоразмеров КНБК на практике решаются на базе имеющегося опыта. Такой подход позволяет успешно осуществлять зарезку нового ствола на малых глубинах. Но увеличением глубин скважин происходит изменение условий, влияющих на процесс формирования нового ствола при ЗБС. Растет твердость горных пород, снижается прочность цементного камня и уменьшаются геометрические характеристики (следовательно, отклоняющая сила на долоте) и жесткость забойных двигателей. Такое положение зачастую приводит к тому, что новый ствол, в процессе бурения отклоняющей компоновкой, не формируется. Долото, разбуривая цементный камень, движется по старому стволу. В результате возникает необходимость повторения всей операции зарезки, включая установку цементного моста, что приводит к дополнительным временным и материальным затратам. В этой связи проблема разработки технологии зарезки в открытых стволах скважины представляется актуальной и имеет большое практическое значение. В данной работе проведен наиболее полный обзор существующих методов совершенствования ЗБС, составлена классификация данных методов по степени наиболее перспективных направлений исследования, предложены практические рекомендации.

Научно-исследовательская работа выпускника магистратуры, предполагает обоснованную оценку о степени выполнения поставленной цели исследования. На этапе завершения данной диссертации, мне удалось систематизировать полученные данные и выработать свой подход к решению поставленной цели в рамках выпускной квалификационной работы. После завершения литературного обзора, были скорректированы основные задачи поставленные в начале работы. Сегодня в описании этих задач, раскрываются более подробно существующие на актуальные

проблемы, связанные с забуриванием дополнительных стволов в открытом (необсаженном) стволе скважины бесклиновым способом. Описание проблематики каждой из сформулированных задач, помогло приблизить процесс исследования к более точному выбору метода реализации решений.

Перейдем непосредственно к обоснованию и раскрытию задач. Бурение скважин сопровождается различного рода сопутствующими характерными для наклонных скважин осложнениями, например, таким как прихват бурильного инструмента, ликвидация которых заканчивается перебуриванием стволов. Перебуривание часто проводится путем зарезки нового ствола с цементного моста. Забуривание новых стволов во многом зависит от трех основных факторов:

- прочности цементного камня моста;
- величины отклоняющей силы на долоте в течение всего процесса формирования нового ствола;
- фрезерующей способности долота.

Успех забуривания вторых стволов, прежде всего, решает качество установленного моста, которое находит выражение в прочности цементного камня, так как при забуривании нового ствола с цементного моста нет прямого контроля за процессом выработки уступа в породе за стенкой ствола скважины. Ликвидация аварий и осложнений, возникающих при бурении скважин, часто связана с зарезкой и бурением новых направлений стволов скважин. Данная задача является одной из наиболее сложных при бурении разведочных, ремонтных, а также многоствольных (МСС) и многозайбойных (МЗС) скважин.

Основная проблема формирования нового направления ствола скважины возникает при проведении работ в твердых породах, так как условия забуривания в этом случае усложняются. Далее в ходе всей работы, будут приняты негласные параметры проекта на скважину, такие как бурение в твердых породах и на большой глубине по вертикали. Это необходимо для более точного описания и приведения

всех рассматриваемых технологий к одному критерию оценки.

Как уже было сказано, в твёрдых породах процесс искривления скважин затруднен, а при забурировании нового направления ствола скважины задача усложняется возникновением отклоняющих сил со стороны стенок скважины. Решение задачи надежного забурирования дополнительных стволов с искусственных забоев с использованием отклоняющих компоновок позволяет существенно сократить время на забурирование дополнительных стволов.

Таким образом, приведенный обзор актуальных проблем, решаемых при бурении боковых стволов из необсаженных скважин, даёт нам основания для выработки собственного подхода к их решению. Главной же целью является сокращение времени и предупреждение рисков связанных с аварийными ситуациями. Варианты разработки технических решений по повышению эффективности зарезки бокового ствола из необсаженного интервала скважины бесклиновым способом, представлены как в отечественной, так и в иностранной литературе, но мы рассмотрим это чуть позже. Давайте попробуем описать актуальный на производстве сегодня метод зарезки бокового ствола из необсаженной скважины.

1. Обзор литературы по техническим и технологическим решениям для зарезки боковых стволов бесклиновым способом в необсаженных интервалах скважин различного назначения

Для объективной оценки изученности данной темы в других исследованиях, был произведен обзор литературы по техническим и технологическим решениям для зарезки боковых стволов бесклиновым способом в необсаженных интервалах скважин различного назначения, включая патентный поиск.

В первую очередь стоит отметить существующие решения, предложенные в советское время. Базовыми работами на эту тему можно назвать «Разработка

технологии с целью повышения эффективности резки новых стволов на больших глубинах» Фихрет Сеид-Рза Оглы, г. Баку 1984 г.. Один из разделов данного обширного исследования, описывает возможность совершенствования технологии, путем разработки методики расчёта снижения осевой нагрузки на долото при расбурировании цементного камня (резка бокового ствола с цементного моста).[10]

Осевая нагрузка на долото является основным режимным параметром процесса резки нового ствола с цементного моста. В настоящее время, значения этого параметра на практике выбираются по результатам бурения основного ствола скважины. Такой подход не учитывает влияние на интенсивность искривления нового ствола таких факторов, как тип долота, геометрические параметры отклоняющей КНБК, механические свойства пород, слагающих интервал резки и прочностные характеристики цементного камня.[10] Вследствие этого, положительный исход операции зачастую носит случайный характер (особенно на больших глубинах), а неудачи являются причиной больших материальных затрат.

Анализ механики процесса показывает, что при постоянстве всех остальных факторов, варьированием осевой нагрузки на долото можно получать различные значения интенсивности искривления нового ствола данной КНБК.

Таким образом, решение задачи разработки методики расчета осевой нагрузки на долото сводится к созданию модели, отражающей количественное влияние перечисленных выше факторов на процесс искривления нового ствола и на основе полученной модели определение изменения осевой нагрузки на интервале резки. Для решения поставленной задачи в настоящей работе использован следующий метод: задается профиль нового ствола в виде функции $y=f(x)$ после чего рассчитываются значения осевой нагрузки на долото, необходимые для искривления нового ствола по заданной кривой.

Решение в таком аспекте предполагает исследование и задание граничных условий, исследование изменения отклоняющей силы и угла между осью долота и осью ствола скважины на интервале зарезки, исследование влияния соотношения прочностных свойств цементного камня и породы на процесс искривления и разработка метода его количественной оценки.[10]

1.1. Повышение эффективности ЗБС с помощью улучшения свойств цементного камня при зарезке с цементных мостов и совершенствование их установки

1.1.1. Совершенствование способа установки цементного моста в необсаженной части скважины для забуривания нового ствола

На первом этапе осуществляют спуск в скважину труб на расчетную глубину, закачку расчетного объема цементного раствора и удаление его излишков. После чего трубы извлекают, выдерживают цементный раствор до его схватывания, спускают трубы до упора в цементный мост для определения его фактического местонахождения. Причем в скважине с зоной осложнения, перед установкой цементного моста, в нижний интервал его установки спускают на колонне бурильных труб продольно-гофрированные расширяемые трубы, оснащенные снизу башмаком, а сверху соединенные с бурильной колонной переводником с левой резьбой. Производят расширение продольно-гофрированных труб гидравлическим давлением, для их прижатия по всей длине к стенкам скважины и изоляции зоны осложнения. Производят отсоединение бурильной колонны от расширенных труб. После определения фактического местонахождения цементного моста производят забуривание нового ствола. Способ позволяет сократить временные и материальные затраты на установку цементного моста в зонах осложнений, а также исключить аварийные ситуации при забуривании нового ствола за счет повышения надежности

и качества установки цементного моста в зоне осложнения с одновременным отсечением этой зоны расширяемыми трубами (рисунок №1).[10]

Известен способ забуривания нового ствола, осуществляемый стационарным отклонителем (патент РФ №1435743, МПК E21B 7/08, опубл. бюл. №41 от 07.11.1988 г.), включающий спуск устройства в скважину до головы аварийного инструмента с промывкой, при этом метчик устройства устанавливается в канал аварийного инструмента, вращением устройство закрепляют в скважине, в полость бурильных труб подают цементный раствор, который через транспортировочный патрубок и промывочные отверстия поступает в скважину, после выравнивания цементного раствора в бурильных трубах и скважине разрушают срезные элементы и бурильные трубы вместе с переводником и транспортировочным патрубком извлекают из скважины, далее после затвердевания цемента в скважину спускается компоновка низа бурильной колонны для резки нового ствола скважины.

Недостатками этого способа являются:

- невозможность крепления отклонителя из-за несоосного расположения метчика отклонителя и аварийного инструмента;

- ненадежное крепление при установке отклонителя в зоне, близкой к зоне поглощения из-за поглощения залитого цемента, как следствие, возможное смещение или проворот отклонителя, которое может создать аварийную ситуацию из-за заклинивания бурильных труб как в процессе забуривания, так и дальнейшего углубления нового ствола.

Наиболее близким по технической сущности к заявляемому является способ установки цементного моста в скважине (патент РФ №2146756, МПК E21B 33/13, опубл. бюл. №8 от 20.03.2000 г.), включающий спуск в скважину насосно-компрессорных труб на расчетную глубину, закачку расчетного объема цементного раствора и удаление его излишков, после закачки цементного раствора насосно-

компрессорные трубы извлекают из него, выдерживают цементный раствор до его схватывания в пределах 0,2-0,8 МПа, а насосно-компрессорные трубы спускают с устройством для удаления излишков цементного моста и до упора в цементный мост, при этом удаление излишков цементного моста производят разрушением цементного камня путем прокачки промывочной жидкости с расходом 6-8 л/с и давлением 45-50 атм.

Основными недостатками этого способа являются:

- низкая прочность цементного моста в интервалах, близких к зонам поглощения, из-за размыва моста, как следствие, необходимость повторных неоднократных операций по установке и наращиванию цементного моста;
- невозможность забуривания нового ствола, так как из-за низкой прочности цементного моста породоразрушающий инструмент движется в пределах старого ствола без забуривания.

Технической задачей изобретения является исключение многократных операций по получению прочного цементного моста и аварийных ситуаций при забуривании нового ствола за счет повышения надежности и качества установки цементного моста в зоне осложнения с одновременной изоляцией этой зоны расширяемыми трубами. Техническая задача решается способом, включающим спуск в скважину труб на расчетную глубину, закачку расчетного объема цементного раствора и удаление его излишков, после чего трубы извлекают, выдерживают цементный раствор до его схватывания, после чего трубы спускают до упора в цементный мост для определения его фактического местонахождения.

Новым является то, что в скважине с зоной осложнения перед установкой цементного моста в нижний интервал его установки спускают на колонне бурильных труб продольно-гофрированные расширяемые трубы, оснащенные снизу башмаком, а сверху - соединенные с бурильной колонной переводником с

левой резьбой, после чего производят расширение продольно-гофрированных труб гидравлическим давлением, подаваемым по колонне бурильных труб, для надежного их прижатия по всей длине к стенкам скважины и изоляции зоны осложнения, далее вращением вправо производят отсоединение бурильной колонны от расширенных гидравлическим давлением труб, а после определения фактического местонахождения цементного моста производят забурирование нового ствола.

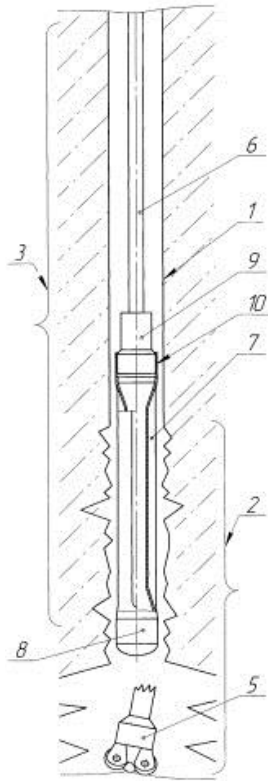


рисунок №1 – спуск продольно-гофрированных труб.

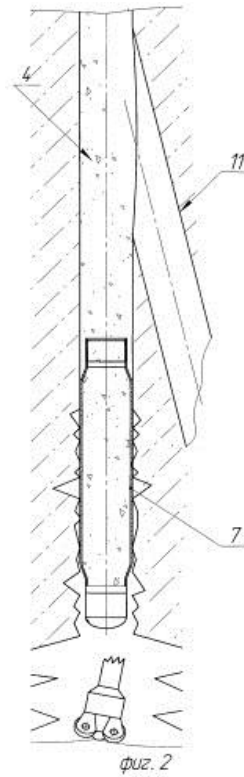


рисунок №2 – забурирование нового ствола.

Способ осуществляют в следующей последовательности.

По данным геофизических исследований в скважине 1 (рис. №1) с зоной осложнения 2 намечают интервал 3 и высоту установки цементного моста 4. При этом верхняя часть цементного моста 4 должна находиться выше верхней части

оставленного в скважине предмета 5 (трубы, долота), примерно 30 м. Далее в нижнюю часть намеченного интервала 3 установки цементного моста 4 на колонне бурильных труб 6 спускают продольно-гофрированные расширяемые трубы 7, оснащенные снизу глухим башмаком 8, а сверху соединенные с бурильной колонной 6 переводником 9 с левой резьбой 10. Гидравлическим давлением, подаваемым через бурильные трубы 6, расширяют продольно-гофрированные трубы 7 для плотного их прижатия к стенкам скважины 1. При этом зона осложнения 2, например, поглощения, отсекается от интервала 3 установки цементного моста 4. Вращением бурильной колонны 6 вправо производят отворот бурильной колонны 6 с переводником 9 с левой резьбой 10 от расширенных труб 7. Далее производят закачку расчетного объема цементного раствора. При этом расширенные трубы 7 (рис. №2) надежно отсекают цементный раствор от зоны поглощения, предотвращая его поглощение. После затвердевания цементного раствора и образования цементного моста 4 спускают инструмент (на фиг. не показан) для удаления излишков и определения его фактического местонахождения.

Забурирование нового ствола 11 осуществляют ориентированно или без ориентированно, в зависимости от конкретных условий с помощью забойного двигателя, включаемого в специальную отклоняющую компоновку (на рис. не показана).

Таким образом, использование изобретения позволяет сократить временные и материальные затраты на установку цементного моста в зонах осложнений, а также исключить аварийные ситуации при забурировании нового ствола за счет повышения надежности и качества установки цементного моста в зоне осложнения с одновременным отсечением этой зоны расширяемыми трубами.

Способ установки цементного моста в необсаженной части скважины для забуривания нового ствола, включающий спуск в скважину труб на расчетную глубину, закачку расчетного объема цементного раствора и удаление его излишков, после чего трубы извлекают, выдерживают цементный раствор до его схватывания, затем трубы спускают до упора в цементный мост для определения его фактического местонахождения, отличающийся тем, что в скважине с зоной осложнения перед установкой цементного моста в нижний интервал его установки спускают на колонне бурильных труб продольно гофрированные расширяемые трубы, оснащенные снизу башмаком, а сверху соединенные с бурильной колонной переводником с левой резьбой, после чего производят расширение продольно гофрированных труб гидравлическим давлением, подаваемым по колонне бурильных труб, для надежного их прижатия по всей длине к стенкам скважины и изоляции зоны осложнения, далее вращением вправо производят отсоединение бурильной колонны от расширенных гидравлическим давлением труб, а после определения фактического местонахождения цементного моста производят забуривание нового ствола.

1.1.2. Увеличение времени структурообразования и применение новых компонентов

Современным эффективным способом разработки месторождений является кустовой способ бурения скважин. Бурение скважин сопровождается различного рода сопутствующими характерными для наклонных скважин осложнениями, такими, как прихват бурильного инструмента, ликвидация которых заканчивается перебуриванием стволов и т. д..

Пребуривание часто проводится путем зарезки нового ствола с цементного моста.

Забуривание новых стволов во многом зависит от трех основных факторов:

- прочности цементного камня моста;

— величины отклоняющей силы на долоте в течение всего процесса формирования нового ствола;

— фрезерующей способности долота.

Успех забуривания вторых стволов, прежде всего, решает качество установленного моста, которое находит выражение в прочности цементного камня, так как при забуривании нового ствола с цементного моста нет прямого контроля за процессом выработки уступа в породе за стенкой ствола скважины.

При этом следует учитывать, что при использовании укороченных или неукороченных отклонителей их отклоняющая сила через некоторое время углубления снижается до нуля, а, следовательно, скорость фрезерования боковой стенки ствола скважины будучи в прямой зависимости от отклоняющей силы, также изменяется от максимума до нуля и разрушение породы переходит от объемного до усталостно-поверхностного.

Согласно установившейся практике, в начале процесс забуривания ведется при минимальной нагрузке на забой. Переход на нормальный режим бурения всегда планируется при полном забуривании долота в породу, что определяют по прекращению выноса цементного камня буровым раствором.

Однако с самого начала операции по забуриванию нового ствола ее контроль осуществляется по затрате времени, определяемого на основе анализа фактических материалов бурения в других скважинах в этих же интервалах, с учетом опыта зарезки новых стволов на этом месторождении.

При предварительном расчете времени на эту операцию учитываются изменчивость прочности пород и интенсивность искривления в интервале, в котором планируется забуривание нового ствола.

При этом исходят из того, что прочность пород в разных горизонтах довольно резко меняется. Например, на Ромашкинском месторождении прочность породы в мячковском и каширском горизонтах составляет 175 кг/мм^2 , в

серпуховско-окском надгоризонте, породы которого представлены пропластками, прочность меняется от 180 до 400 кг/мм².

Время, необходимое на забуривание дополнительного ствола из основного, например, в многоствольной скважине, определяется с использованием данных по ней, а также по другим скважинам, в которых велись подобные работы в этом же горизонте, т. е. с использованием данных по другим близкорасположенным скважинам.

Формула для расчета:

$$T = K \frac{T_1 d}{L \times \sin \beta} \times \frac{\Delta a_2}{\Delta a_1} \quad (1)$$

где T — планируемое время бурения с отклонителем в интервале забуривания;

T_1 — время бурения с отклонителем в течение одного рейса в том же горизонте и интервале, в которых планируются работы в скважине по созданию нового ствола.

Время выбирается по одной из близкорасположенных скважин:

L — длина интервала бурения по соседней скважине, данные по которой приняты для расчета;

d — диаметр долота;

β — средний угол набора кривизны на 10 м в интервале L ;

K — коэффициент буримости породы в интервале забуривания. Рекомендуемые значения K : при прочности породы до 200 кг/мм² $K=1$, более 300 кг/мм² $K=2$;

D_1 — планируемый средний темп набора кривизны при забуривании второго ствола, отнесенный к 10 м;

D_2 — средний темп искривления ствола на 10 м в скважине, данные по

которой выбраны для расчетов.

Формула должна корректироваться в каждом районе с учетом местных условий.

Успех забуривания второго ствола зависит во многом от прочности цементного камня, установленного в стволе моста.

Влияние прочности цементного камня моста надо оценивать с учетом податливости основания, на которое опирается компоновка низа инструмента для забуривания нового ствола, в том числе прочности, а также сопротивления возникновению трещин. Это важно, потому что при низкой прочности снижаются его прочность и отклоняющее усилие на долото, так как деформируется цементное основание.[10]

К одному из способов повышения прочностных свойств камня в настоящее время относится дисперсное армирование раствора.

Армированный цементный камень отличается высокой ударостойкостью по сравнению с неармированным в первые же сутки периода ОЗЦ. Например, добавка до 1 % измельченного дисперсного базальтового порошка, также как добавка 5 %-го хризотил-асбеста способствует увеличению прочности, ударостойкости, снижает хрупкость в 2.. .3 раза.

В скважинных условиях волокна, произвольно ориентированные в цементном камне, принимают часть нагрузки на себя, препятствуют образованию трещин.

В практике установки мостов наибольшее распространение получило применение хризотил-асбеста.

В ОАО «НПО «Буровая техника» (ВНИИБТ) для работы в осложненных условиях разработаны несколько цементных составов с повышенными тиксотропными свойствами и прочностью цементного камня [6].

Наиболее широкое распространение из них получили составы с добавками

водонабухающего полимера (ВНП), сульфатосодовой смеси (ССС), наполнителя Сломель [6].

ВНП — порошок на основе акриловой смолы, изготавливаемый ООО «АКРИПОЛ». Расход ВНП — 0..3 % к массе цемента.

ССС продукт ОАО «Уральского алюминиевого завода» (г. Каменск-Уральский) изготавливается в соответствии с ТУ—48—5—212—91. При вводе (2... 4 %) в цементный раствор, прочность цементного камня повышается с 34 до 54 кг/см². При этом растекаемость у раствора практически не меняется.

Сломель — однородный порошок — отход при изготовлении слоистого пластика. Размер частиц 0... 25 мм. Изготавливается в г. Санкт-Петербурге (завод Слоистых Пластиков). Частицы пропитаны формальдегидными смолами. Добавка к цементу 3 % обеспечивает повышение прочности цементного камня на 30...40%. Составы получили общее название тиксотропики.

Основные особенности составов Тиксотропию.

- имеют короткие сроки начала структурообразования при остановке прокачивания. При возобновлении нагнетания цементный раствор снова приобретает первоначальную подвижность. Эта способность сохраняется у них при неоднократных остановках;
- имеют при отверждении прочность на 30 % больше, чем эти же растворы без добавок;
- за счет короткого времени начала структурообразования цементный мост этих составов менее подвержен размыву перетоками пластовых вод.

В отдельных сложных и аварийных условиях цементные мосты вынужденно устанавливаются в кавернозных интервалах. Почти в каждом втором или третьем случаях забуривание вторых стволов с этих мостов происходило неудачно.

Причины неудач при забуривании в этих интервалах, как оказывается, в

том, что не учитывались особенности отверждения цементного раствора в стволе номинального диаметра и в кавернах большого диаметра.

Как показали исследования [5], процессы отверждения цементного раствора в кавернах и стволе номинального диаметра, имеют различный характер.

В расширенном стволе этот процесс замедляется. Изменение диаметра по отдельным пропласткам исключает возможность качественной очистки каверны от шлама, что отрицательно влияет в целом на качество камня цементного моста. Особо следует иметь в виду, что в наклонных скважинах каверны имеют арочное строение и это необходимо также учитывать при выборе направления нового ствола [5, 6].

Исследования характера процесса отверждения цементного камня показали, что нарастание его прочности в кавернах отстает от темпа ее нарастания в стволе номинального диаметра.

В стволе номинального диаметра прочность цементного камня наибольшая по сравнению с прочностью его в каверне, причем в центре прочность ниже, чем на периферии.

Эти и другие особенности забуривания вторых стволов в кавернозных интервалах, как и наличие в них водо- или нефтенасыщенных пропластков, должны учитываться при подготовке технологического плана работ.

Отдельно следует отметить сложность получения качественного моста, если в интервале его установки отмечаются сероводородные водопроявления, так как цементный раствор, несмотря на содержание в нем ускорителей схватывания, резко снижает скорость процесса структурообразования. Цементный раствор не успевает приобрести достаточную прочность и частично или полностью под воздействием сероводорода разрушается.

Для этого в цементный раствор вводят, кроме хлористого кальция, кальцинированную соду и двуокись марганца [7], которые обеспечивают устойчи-

вые связи в тиксотропном составе. При таком сочетании состав приобретает сравнительно короткие сроки структурообразования при остановке прокачки цементного раствора и способность противодействовать сероводородной агрессии благодаря нейтрализующему действию двуокиси марганца, все это, вместе взятое, способствует обеспечению сохранения высоких прочностных свойств цементного камня, а следовательно, и устойчивости созданных цементных мостов в скважинах.

1.2. Анализ разработок КНБК и отдельных элементов компоновки для бурения боковых стволов

1.2.1. Первая отечественная разработка в области совершенствования бесклинового способа бурения

Отдельно нужно отметить, что в обзоре существующих патентов по теме совершенствования метода зарезки бокового ствола из необсаженного интервала скважины, многие из разработчиков и изобретателей ссылаются на изобретение 1981 года, сделанное профессором кафедры бурения скважин Томского политехнического университета Степаном Степановичем Сулакшиным – «Бесклиновый способ бурения многоствольной скважины».

Изобретение относится к технологии бурения скважин, а именно к бесклиновым способам бурения многоствольных скважин.

Известен бесклиновый способ бурения многоствольных скважин, включающий углубление ее основного ствола большого диаметра и бурение дополнительных стволов меньшего диаметра.

Однако в известном способе сначала углубляют основной ствол скважины большого диаметра до проектной глубины, а затем из этого ствола бурят дополнительные стволы меньшего диаметра, при этом для зарезки каждого дополнительного ствола необходимо установить в основном стволе цементный мост, что замедляет проведение буровых работ и снижает их эффективность.

Цель изобретения - повышение эффективности буровых работ.

Указанная цель достигается тем, что основной ствол скважины углубляют после окончания бурения ее очередного дополнительного ствола. На рисунке (фиг.1) изображена многоствольная скважина, пробуренная по предлагаемому способу; на рис. №2 и №3 - варианты скважин. Бесклиновый способ бурения многоствольной скважины осуществляют следующим образом. Бурят основной ствол 1 скважины большого диаметра до глубины зарезки первого дополнительного ствола 2. В точке зарезки дополнительного ствола 2 в нужном направлении отбуривается с резким отклонением пилот - скважина, которая расширяется до необходимого диаметра. После окончания бурения дополнительного ствола в основную скважину опускают жесткий колонковый снаряд и продолжают углубление основного ствола 1 на участок 3 до глубины зарезки второго дополнительного ствола. Для сохранения, заданного направления основного ствола скважины для его углубления применяется жесткий колонковый снаряд. Основной ствол 1 участка 3 углубляется без осложнений, так как применяемый при этом породоразрушающий инструмент имеет больший наружный диаметр, чем диаметр дополнительного ствола 2 и поэтому в него он не попадает. Затем бурят второй дополнительный ствол 4, диаметр которого также меньше диаметра основного ствола 1 участка 3. После этого углубляют основной ствол 1 участка 3 на участок 5 до глубины зарезки третьего дополнительного ствола 6. Заканчивают скважину участком 7 основного ствола скважины.

Дополнительная скважина может быть отбурена с подсечением пласта на нижележащем горизонте пласта (рис. №3) или на вышележащем (рис. №4). Кроме того, возможно подсечение пласта основным и дополнительным стволом и на одном горизонте в различных точках. Техничко-экономическая эффективность изобретения заключается в уменьшении затрат времени и средств на изготовление, установку и ориентацию на изготовление клиньев.

Формула изобретения: бесклиновый способ бурения много ствольной скважины, включающей углубление ее основного ствола большего диаметра и бурение дополнительных стволов меньшего диаметра, отличающийся тем, что с целью повышения эффективности буровых работ, основной ствол скважины углубляют после окончания бурения ее очередного дополнительного ствола.

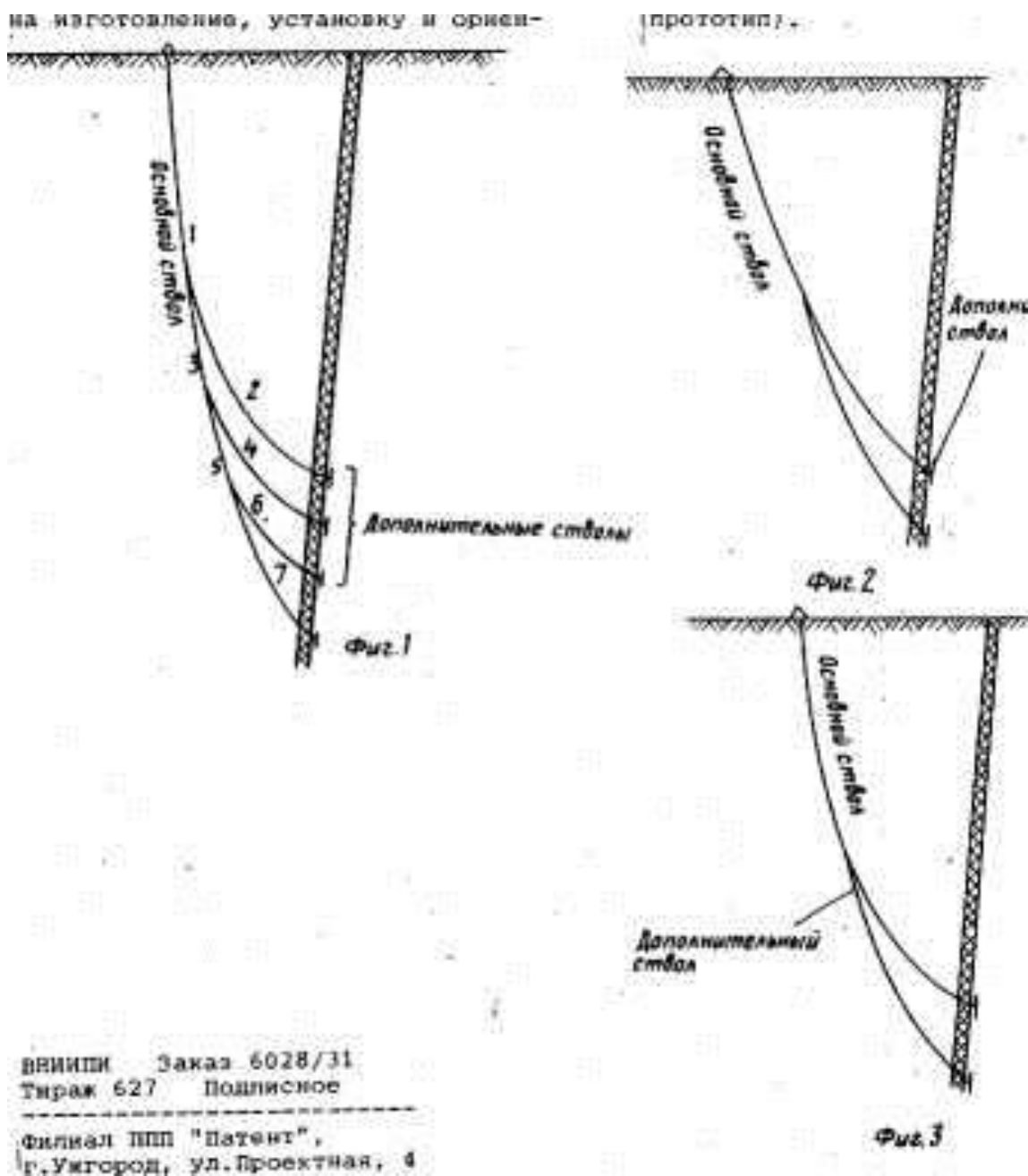


Рисунок № 3 фиг.2 – подсечение пласта на нижележащем горизонте; фиг. 3 – подсечение пласта на вышележащем;

1.2.2. Выбор определенного типа породоразрушающего инструмента

Осуществляется подбор такого типа долота (вооружения долота), которое при формировании нового направления ствола скважины, особенно в крепких горных породах, давало бы минимально возможную скорость разрушения искусственного забоя, но одновременно с этим показывало бы высокую фрезерующую способность стенки скважины.

Специальные долота для забуривания дополнительных стволов могут иметь особую схему установки породоразрушающих элементов на торце. Например, известно долото с установкой резцов на торце по спирали Архимеда, направление



которой противоположно направлению вращения долота, что позволяет при вращении долота в момент забуривания обеспечить появление активной поперечной силы, действующей в направлении забуривания. При работе таких долот возникает эффект «винтовой нарезки», за счет которого долото подтягивается в направлении формирования нового ствола.

Рисунок № 4 – конфигурации специальных резных долот PDC

Еще одним направлением в данной области - покрытие торца породоразрушающего инструмента - шарошечного долота напайванием латунного или оловянного припоев. Породоразрушающие вставки на торце долота

покрываются припоем частично и по высоте, и по площади торцевой части, что снижает эффект дробления - скалывания материала искусственного забоя и снижает скорость его разрушения.

Процесс искривления отклонителями фрезерующего типа зависит от соотношения скоростей фрезерования стенки скважины и углубления забоя. Таким образом, для интенсификации процесса забуривания на первом этапе следует понижать скорость бурения забоя и повышать скорость фрезерования породы стенки скважины. Именно это удается достигать, «прикрывая» часть породоразрушающих вставок на торце шарошек.

1) выбор и подготовка породоразрушающего инструмента для зарезания нового ствола. Выбирается долото, обладающее максимальной фрезерующей способностью, а также исходя из несоответствия типа вооружения и материала искусственного забоя. Если данный способ неосуществим, то выполняется специальная подготовка долота путем покрытия вооружения специальными сплавами (латунь, олово).

1.2.3. Забуривания бокового ствола скважины с цементного моста забойным двигателем-отклонителем

Документами, регламентирующими проектирование и бурение бокового ствола (БС), в качестве основной задачи первого этапа забуривания ставится выработка уступа в стенке ствола старой скважины, достаточного для восприятия осевой нагрузки на долото [1][2]. При этом не приводится расчет длины интервала бурения, при котором завершается формирование уступа, необходимого для дальнейшего бурения БС. Считается, что после образования уступа в стенке скважины при дальнейшем бурении БС искривляется по дуге окружности, радиус которой определяется только размерами ВЗДО.

Основные положения известных решений основываются на выводах и рекомендациях, полученных при исследовании процесса забуривания второго

ствола турбобуром, при котором разрушение горной породы в поперечном направлении осуществляется только за счет отклоняющей силы на долоте [3].

Конструкция современных ВЗДО позволяет осуществлять начальный этап забуривания за счет одновременного действия отклоняющей силы и асимметричного разрушения забоя скважины. Таким образом, траектория бурения начального интервала забуривания БС определяется величиной отклоняющей силы на долоте и размерами направляющей части (от долота до точки изгиба корпуса) ВЗДО, которые могут быть рассчитаны или измерены.

На рисунке представлена расчетная схема забуривания БС (рисунок №5).

Без углубления долото внедряется в цементный мост в поперечном направлении на величину, равную зависанию вооружения долота. Стенка ствола скважины ограничивает поперечное смещение долота в направлении его искривления, являясь копиром для корпуса долота. При углублении скважины центр долота будет описывать кривую, которая определяется геометрическими размерами направляющей секции ВЗДО и соотношением диаметров долота, его корпуса или калибратора, если он установлен.

Координаты траектории движения центра долота при условии, если центр координат расположен на оси ствола скважины в точке забуривания БС, рассчитываются с помощью математических выражений:

$$X = \frac{L \times (Q - h)}{\sqrt{(Q - h)^2 + b^2}} - Q + h; \quad (2)$$

$$Y = \frac{L \times b}{\sqrt{(Q - h)^2 + b^2}} - b; \quad (3)$$

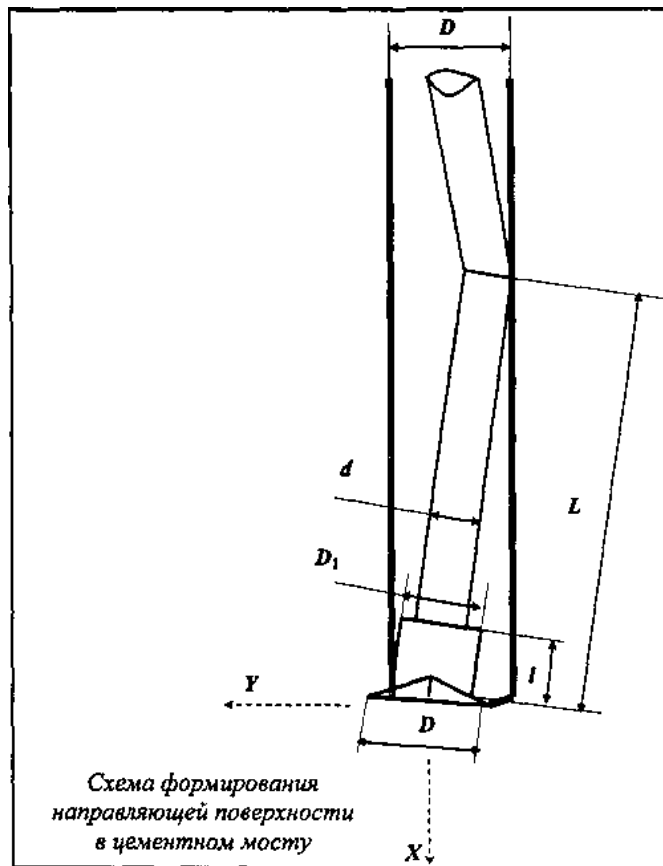


рисунок № 5 – расчетная схема формирования направляющей забуривания БС

- h — проходка (величина перемещения ВЗДО по обсадной колонне), м;
- L — длина направляющей секции ВЗДО, м;
- A — диаметр корпуса долота (калибратора), м;
- d — диаметр шпинделя ВЗДО, м;
- D — диаметр долота, м.

Кривая, описываемая центром долота, является дугой параболы, касательной к оси долота в точке начала забуривания. С достаточной для практики точностью можно считать, что в интервале бурения, равном длине ограничивающего поперечное смещение долота элемента КНБК (корпус самого долота, калибратор), траектория перемещения центра долота является прямой линией, совпадающей с осью долота в начале углубления.

Таким образом, через равные интервалы бурения долото будет фрезеровать цементный мост в сторону увеличения зенитного угла. При этом за точкой фрезерования ствол скважины будет углубляться по траектории, близкой к прямой

линии, причем угол ее наклона будет с каждым шагом увеличиваться. Координаты профиля БС на интервале, равном длине шпинделя ВЗДО, могут быть определены из математических выражений:

$$X_n = X_{n-1} + l \sqrt{1 - \frac{[L-(n-1) \times l]^2}{b^2}}, \quad (4)$$

$$Y_n = Y_{n-1} + l \frac{L-(n-1) \times l}{b} + \Delta \times (n - 1), \quad (5)$$

где A — величина зависания долота, м;

l — высота долота или длина калибратора, м.

После углубления БС на величину, превышающую длину шпинделя, кривизна ствола будет определяться жесткостью и геометрическими параметрами ВЗДО.

Технические характеристики забойного двигателя-отклонителя и долота должны обеспечить получение отклоняющей силы и контактного давления долота на стенку скважины, достаточные для разрушения цементного камня и горной породы в интервале забуривания.

Минимально необходимая для забуривания БС отклоняющая сила ($F_{от}$, Н) определяется из выражения [2,3]

где P_k — контактное давление, соответствующее пределу прочности цементного камня (горной породы), Н/м²;

S_k — площадь контактной боковой поверхности долота, м².

Величина отклоняющей силы на долоте является основным параметром для расчета ВЗДО, а также выбора режима забуривания БС и может быть рассчитана с использованием известного методико-математического и программного обеспечения [4, 5].

Забуривание БС считается законченным, если долото в интервале «окна» вышло за стенку скважины. В некоторых случаях, например при некачественном цементном камне, таким условием считается смещение долота за пределы старого ствола скважины.

Величина минимального (H_{min}) и максимального (H_{max}) смещения долота в поперечном направлении для реализации указанных условий забуривания БС определяется выражениями:

$$H_{min} = \frac{D_k + D}{2}; \quad (5)$$

$$H_{max} = \frac{K \times D_d + D}{2} \quad (6)$$

где H_{min} — минимальная величина смещения долота, м;

H_{max} — максимальная величина смещения долота, м; D — диаметр долота, м;

D_k — диаметр обсадной колонны, м;

D_d —диаметр долота, которым был пробурен старый ствол, м;

K —коэффициент кавернозности старого ствола.

Максимальное и минимальное значения радиуса кривизны интервала забуривания БС для обеспечения необходимого смещения долота в поперечном направлении определяются из выражений:

$$R_{max} = \frac{L^2}{D_K + D}; \quad (8) \quad R_{min} = \frac{L^2}{K \times D_d + D}; \quad (7)$$

где L — длина интервала забуривания БС, м.

Радиус кривизны БС при бурении ВЗДО может быть рассчитан с использованием программы для ЭВМ «Отклонитель» [4, 5].

В таблице приведены расчетные значения радиуса кривизны ствола скважины при бурении отклоняющей КНБК, которая включает ВЗДО диаметром 95 мм с долотом диаметром 120,6 мм. Длина направляющей секции ВЗДО равна 0,8 м. Над ВЗДО расположены бурильные трубы диаметром 73 мм или утолщенные бурильные трубы диаметром 95 мм.

Таблица № 1 - Расчетный радиус искривления ствола скважины;

Длина а верхней секции, м	Угол перекоса секций ВЗДО, град		
	2.0	2.5	3.0
ВЗДО + БТ-73			
2.0	97	71	55
2.5	100	75	55
3.0	106	78	54
3.5	111	82	53
4.0	116	85	52
ВЗДО + УБТ-95			
2,5	87	65	43

Как следует из таблицы, радиус кривизны ствола скважины определяется преимущественно углом перекоса секций ВЗДО и жесткостью бурильных труб, расположенных над ним. При увеличении длины направляющей секции ВЗДО, с углом перекоса секций $2,5^\circ$ и длиной верхней секции 2,5 м, в 2 раза (до 1,6 м) расчетный радиус искривления БС увеличивается не более чем на 3.. 4 м. Причем радиус кривизны, обеспечиваемый ВЗДО с углом перекоса секций $2,5^\circ$, не

превышает минимально необходимый (90 м) радиус забуривания БС, при котором долото смещается за пределы старого ствола в вырезанном интервале обсадной колонны диаметром 146 мм.

1.2.4. Технология совершенствования отклоняющего устройства для зарезки боковых стволов

Изобретение относится к области строительства скважин при разведке и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений, а именно к регулирующим отклоняющим устройствам. Устройство для искривления скважины содержит породоразрушающий инструмент, забойный двигатель с валом и корпусом, отклоняющий элемент, установленный на нижнем конце корпуса забойного двигателя. При этом отклоняющий элемент выполнен в виде верхней и нижней втулок, сопряженных с зазором своими нижней и верхней торцевыми шлицевыми наклонными поверхностями с возможностью регулирования угла отклонения с помощью установленных в зазор ограничителей. Верхняя втулка снабжена упором и сменными раскрепляющими опорами переменной высоты, расположенными с противоположной стороны от упора для предотвращения компоновки от воздействующего влияния вращательного момента долота. Внутри отклоняющего элемента установлен вал узла шлицевого шарнира, имеющий полусферическую торцевую поверхность и соединенный с валом двигателя посредством корпуса узла шлицевого шарнира и шлицевого узла с возможностью его возвратного перемещения в осевом направлении, а с породоразрушающим инструментом посредством полушарнира и переводника. А установленные в зазор ограничители могут быть выполнены в виде опорных шайб. Обеспечивает увеличенный плавный и регулируемый набор кривизны в проектном диапазоне, большую и стабильную интенсивность искривления i , а также точность проведения ствола согласно рассчитанному оптимальному профилю скважины набора кривизны на заданном

интервале ствола при сохранении преимущества прямолинейности компоновки при ее спуске и подъеме.[16]

Известно устройство «Кривой переводник», установленный над винтовым забойным двигателем, на расстоянии 3-4 метров над долотом, что не обеспечивает интенсивного набора кривизны на начальном интервале бурения дополнительного ствола (Калинин А.Г., Григорян Н.А., Султанов Б.З. Бурение наклонных скважин. Справочник. М.: Недра, 1990, 348 с.). Устройство представляет собой патрубок полностью той же длины, что и обычный переводник, с пересекающимися осями присоединительных резьб.

Недостатком устройства является то, что оно устанавливается над забойным двигателем, что уменьшает эффективность набора угла. Происходит трение о стенки скважины породоразрушающего инструмента при спуско-подъемных операциях.

Известен «Регулятор угла перекоса» с устройством для управления положением плоскостей искривления гефоторного двигателя (патент RU №2358084, опубл. 10.06.2009). Регулятор содержит кривой вал с наружными шлицами, муфту с торцевыми зубьями, верхний и кривой переводники, нососно расположенные между собой, при этом муфта установлена на шлицах кривого вала, а верхний и кривой переводники соединены с кривым валом резьбами на обращенных друг к другу краях. Регулятор содержит промежуточный вал с присоединительными резьбами и наружными шлицами, обойму с зубчатой насечкой на торце, установленную на наружных шлицах промежуточного вала, и соединительный переводник с зубчатой насечкой на верхнем торце, взаимодействующей с зубчатой насечкой обоймы. Промежуточный вал скреплен резьбами с нижним краем кривого переводника и верхним краем соединительного переводника. Соединительный переводник установлен на промежуточном валу с возможностью окружного смещения

относительно обоймы и скреплен резьбой с верхним краем статора героторного двигателя.

Недостатком устройства является то, что оно устанавливается над забойным двигателем, увеличивая длину и жесткую базу отклоняющей КНБК, тем самым уменьшает интенсивность набора угла.

Известно «Регулируемое отклоняющее устройство» (патент RU №2235181, опубл. 27.08.2004). Включает в себя кривой вал с наружными шлицами, кривой переводник, устанавливаемый между шпинделем и статором многозаходного героторного механизма, что обеспечивает одноплоскостной изгиб забойного двигателя.

Недостатком устройства является то, что оно требует определенного изменения в конструкции двигателя с целью обеспечения перекоса его корпуса на дневной поверхности, что затрудняет его спуск в ствол скважины и приводит к износу породоразрушающего инструмента в процессе спуска.

Известно «Устройство для перекоса частей забойного двигателя» (патент RU №2108437, опубл. 10.04.1988), содержащее исполнительный механизм, включенный в телеметрическую систему, имеющий датчик положения, последний контактирует с золотником, расположенным в штоке гидрокамеры (сервоцилиндра) и соединенного с траверсой трубы, которая оканчивается клином. Последний взаимодействует с отклоняющей опорой на той же трубе, которая частично охватывает верхнюю секцию винтового забойного двигателя, соединенного переводником и центратором с долотом.

Недостатком устройства является то, что оно не обеспечивает стабильного искривления (набора кривизны), так как величина угла перекоса отклоняющей части винтового забойного двигателя изменяется в зависимости от разработки - уширения ствола скважины.

Известен «Отклонитель для направленного бурения забойным двигателем» (авт.св. SU №821678, опубл. 15.04.1981). Отклонитель содержит переводник, соединенный с бурильными трубами, втулку, установленную в переводнике при помощи шлицов. Переводник и втулка имеют осевое перемещение относительно друг друга. Нижний торец втулки выполнен в виде наклонной плоскости. Ниппель состоит из стакана и вала, связанных между собой шарнирно при помощи сферической поверхности, обеспечивающей угловое перемещение сопрягаемых деталей. На валу выполнены шлицы, взаимодействующие со шлицами втулки. На конце вала имеется самотормозящая резьба, взаимодействующая с запорной гайкой, связанной с переводником при помощи самотормозящей резьбы. При постановке компоновки с двигателем на забой скважины и передаче осевой нагрузки переводник перемещается относительно втулки до упора. При этом запорная гайка закручивается на валу и стягивает торцы стакана и втулки. Это создает перекосящий отклонитель с двигателем и на долоте возникает отклоняющее усилие, обеспечивающее искривление скважины.

Недостатком устройства является то, что оно располагается над забойным двигателем, что уменьшает интенсивность набора угла.

Известно «Устройство для искривления скважины» (патент SU №1159998 А, опубл. 7/10, 1973), взятое за прототип. Устройство содержит породоразрушающий инструмент, забойный двигатель с валом и корпусом, выдвигной в радиальном направлении подпружиненный отклоняющий элемент, установленный на верхнем конце его корпуса, направленный в диаметрально противоположную сторону отклоняющий элемент, установленный на нижнем конце корпуса забойного двигателя. С целью повышения точности направленного бурения, отклоняющий элемент выполнен выдвигным в радиальном направлении и подпружинен относительно корпуса, причем отклоняющие элементы снабжены узлами их фиксации в рабочем положении. Каждый из узлов фиксации

отклоняющих элементов выполнен в виде установленной с возможностью вращения на валу забойного двигателя подпружиненной втулки с кулачком для взаимодействия с отклоняющим элементом и жестко связанной с ней турбиной. Причем на втулке и на внутренней поверхности корпуса забойного двигателя имеются выступы, взаимодействующие между собой при максимальном взаимодействии рабочего элемента.

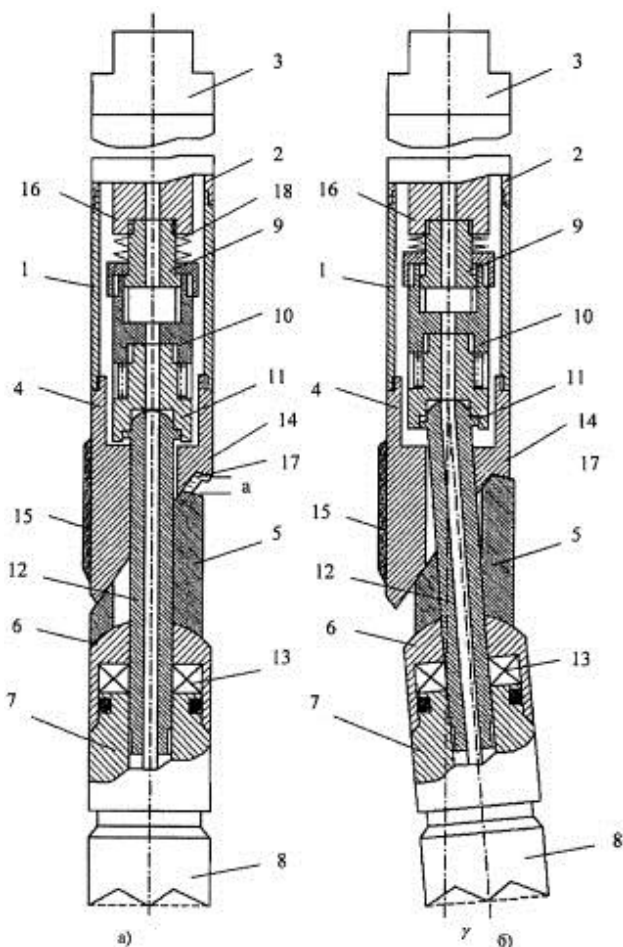
Недостатками устройства являются: оно конструктивно сложное и не обеспечивает возможность регулирования угла отклонения.

В основу изобретения положена задача разработать регулируемое отклоняющее устройство, конструкция которого обеспечивала бы плавный и регулируемый набор кривизны при сохранении преимущества прямолинейности компоновки при спуско-подъемных операциях.

Техническим результатом является обеспечение увеличенного плавного и регулируемого набора кривизны в проектном диапазоне, большой и стабильной интенсивности искривления i , а также точности проведения ствола согласно рассчитанному оптимальному профилю скважины набора кривизны на заданном интервале ствола при сохранении преимущества прямолинейности компоновки при ее спуске и подъеме.

Технический результат достигается тем, что в устройстве для искривления скважины, содержащем породоразрушающий инструмент, забойный двигатель с валом и корпусом, отклоняющий элемент, установленный на нижнем конце корпуса забойного двигателя, отклоняющий элемент выполнен в виде верхней и нижней втулок, сопряженных с зазором своими нижней и верхней торцевыми шлицевыми наклонными поверхностями с возможностью регулирования угла отклонения с помощью установленных в зазор ограничителей, верхняя втулка снабжена упором и сменными раскрепляющими опорами переменной высоты, расположенными с противоположной стороны от упора для предотвращения компоновки от

воздействующего влияния вращательного момента долота, внутри отклоняющего элемента установлен вал узла шлицевого шарнира, имеющий полусферическую торцевую поверхность, размещенную в корпусе узла шлицевого шарнира, и соединенный с валом двигателя посредством шлицевого узла с возможностью его возвратного перемещения в осевом направлении, а с породоразрушающим инструментом посредством полушарнира и переводника.



Установленные в зазор ограничители могут быть выполнены в виде опорных шайб. На рис. №ба показано устройство для искривления скважины в транспортном положении, на рис. №бб - то же, но в рабочем смещенном положении.

Устройство для искривления скважины содержит корпус 1, соединенный с наружным корпусом 2 забойного двигателя, последний переводником 3 через шпindel забойного двигателя 16 соединяется с бурильной колонной. Отклоняющий элемент, установленный на нижнем

Рисунок ба, бб – устройство искривления скважины

конце корпуса 2 забойного двигателя, выполнен в виде верхней 4 и нижней 5 втулок, сопряженных с зазором «а» своими нижней и верхней торцевыми шлицевыми наклонными поверхностями соответственно. Имеющийся зазор «а» между верхней 4 и нижней 5 втулками в транспортном положении (рис.1а) обеспечивает прямолинейность устройства для искривления скважины при спуске и

подъеме. Возможность регулирования угла отклонения обеспечивается с помощью установленных в зазор «а» ограничителей 17, выполненных в виде опорных шайб (показано схематично). Верхняя втулка 4 выполнена с упором 14 и сменными раскрепляющими опорами 15 переменной высоты, расположенными с противоположной стороны от упора 14. Упор 14 позволяет ограничивать движение нижней втулки 5, обеспечивает фиксирующее положение отклоняющего элемента. Сменные раскрепляющие опоры 15 переменной высоты обеспечивают стабилизацию плоскости проектного направления искривления скважины. Сменные раскрепляющие опоры 15 переменной высоты расположены с противоположной стороны от направления отклоняющего усилия (от упора 14) и удерживают низ компоновки от возможного кругового перемещения. Опоры 15 выполнены в виде твердосплавных остроугольных штырей. Высота сменных раскрепляющих опор 15 переменной высоты варьируется в зависимости от требуемого угла отклонения. Такая конструкция отклоняющего элемента обеспечивает плавный и регулируемый набор кривизны на заданном интервале ствола.

Внутренний составной вал устройства для искривления скважины состоит из вала 9 шлицевого узла 9-10, корпуса 10 шлицевого узла 9-10, корпуса 11 узла шлицевого шарнира 11-12 и вала 12 узла шлицевого шарнира 11-12. Вал 9 соединен со шпинделем 16 забойного двигателя, между ними установлена пружина 18. Возможность возвратного перемещения в осевом направлении внутреннего составного вала обеспечивается в данном случае пружиной 18 и конструкцией шлицевого узла. Корпус 10 шлицевого узла 9-10 соединяется с корпусом 11 узла шлицевого шарнира 11-12. Такая конструкция обеспечивает возвратное перемещение составного внутреннего вала в осевом направлении при отклонении.

Вал 12 узла шлицевого шарнира 11-12 установлен внутри отклоняющего элемента (внутри верхней 4 и нижней 5 втулки) и выполнен в верхней торцевой части с полусферической поверхностью в форме округлой шлицевой опорной

головки, размещенной в корпусе 11 узла шлицевого шарнира 11-12. Вал 12 соединен с валом двигателя посредством узла шлицевого шарнира 11-12, шлицевого узла 9-10 и пружины 18, а с породоразрушающим инструментом 8 посредством полушарнира 6-13 и переводника 7. Нижняя часть вала 12 узла шлицевого шарнира 11-12 проходит через отверстие крышки 6, упорный подшипник 13 (через полушарнир 6-13) и ввернута в переводник 7 на породоразрушающий инструмент 8. Полушарнир 6-13 обеспечивает соединение внутреннего составного вала с породоразрушающим инструментом 8 и смещение породоразрушающего инструмента 8. Данная конструкция составного внутреннего вала обеспечивает смещение вала 12 в проектом направлении и передачу вращающего момента от забойного двигателя на породоразрушающий инструмент 8.

Верхняя втулка 4 отклоняющего элемента закреплена на корпусе 1. Нижняя втулка 5 отклоняющего элемента 4-5 закреплена на полушарнире 6-13.

Устройство для искривления скважины работает следующим образом. Устройство для искривления скважины соединяют через переводник 3 с бурильной колонной и опускают в скважину в прямолинейном положении (с зазором «а», рис. №1а на заданную глубину и ориентируют в проектом направлении. Регулирование проектного набора кривизны обеспечивается изменением величины зазора «а» в результате постановки регулировочных опорных шайб 17 в зазор «а», а плоскость искривления отмечается рисккой на упоре 14. Шайбы 17 устанавливаются на упоре 14. Затем устройство для искривления скважины устанавливают на забой и на него передается осевая нагрузка. Вал 12 смещается вниз посредством шлицевого узла 9-10 до смыкания верхней втулки 4 отклоняющего элемента с его нижней втулкой 5 до упора 14 на величину зазора «а» между ними, образуя между осью двигателя и осью вала узла шлицевого шарнира 12 угол γ , положение б). Породоразрушающий инструмент 8 получает возможность бокового ориентированного перемещения и создания отклоняющего усилия на стенку ствола в проектом направлении для

обеспечения искривления скважины. При этом верхняя втулка 4 отклоняющего элемента двумя сменными раскрепляющими опорами 15 переменной высоты врезается в стенку скважины, удерживая корпус 1 и корпус 2 забойного двигателя от проворота в стволе скважины вращающим моментом на породоразрушающем инструменте 8. Перемещение породоразрушающего инструмента 8 происходит совместно с переводником 7, упорным подшипником 13, крышки 6 и валом 12 узла шлицевого шарнира в полусферической торцевой поверхности (округлой шлицевой опорной головки). Вращение на породоразрушающий инструмент 8 передается через шпиндель 16 забойного двигателя, корпус 10 шлицевого узла 9-10 и корпус 11 узла шлицевого шарнира 11-12 на вал 12. После завершения цикла искривления при подъеме бурильной колонны вал 12 перемещаются вверх в шлицевом узле 9-10 и принимает прямолинейное положение, раскрепление отклоняющего элемента 4-5 прекращается, и прямолинейная компоновка извлекается из скважины.

Таким образом, устройство для искривления скважины обеспечивает бурение скважин при разведке и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений с плавным и регулируемым набором кривизны в проектном диапазоне, большую и стабильную интенсивность искривления, а также точность проведения ствола согласно рассчитанному оптимальному профилю скважины набора кривизны на заданном интервале ствола при сохранении преимущества прямолинейности компоновки при ее спуске и подъеме.

Устройство для искривления скважины, содержащее породоразрушающий инструмент, забойный двигатель с валом и корпусом, отклоняющий элемент, установленный на нижнем конце корпуса забойного двигателя, отличающееся тем, что отклоняющий элемент выполнен в виде верхней и нижней втулок, сопряженных с зазором своими нижней и верхней торцевыми шлицевыми наклонными поверхностями с возможностью регулирования угла отклонения с помощью установленных в зазор ограничителей, верхняя втулка снабжена упором и

сменными раскрепляющими опорами переменной высоты, расположенными с противоположной стороны от упора для предотвращения компоновки от воздействующего влияния вращательного момента долота, внутри отклоняющего элемента установлен вал узла шлицевого шарнира, имеющий полусферическую торцевую поверхность, размещенную в корпусе узла шлицевого шарнира, и соединенный с валом двигателя посредством шлицевого узла с возможностью его возвратного перемещения в осевом направлении, а с породоразрушающим инструментом посредством полушарнира и переводника.

1.2.5. Направленное бурение с применением вращающегося корпуса и селективно отклоняющегося приводного вала

Группа изобретений относится к области наклонно-направленного бурения. Система управления направлением бурильной компоновки в стволе скважины, содержащая утяжеленную бурильную трубу инструмента, корпус, установленный вблизи конца и по меньшей мере частично за пределами утяжеленной бурильной трубы инструмента, отклоняющийся приводной вал, соединенный с буровым долотом и по меньшей мере частично установленный в корпусе; и двигатель, соединенный с корпусом, при этом двигатель, когда активирован, независимо вращает корпус. Обеспечивается создание управляемой по направлению движения бурильной компоновки с диаметром, по существу одинаковым с диаметром бурильной колонны, с возможностью прохода через скважинное оборудование.

С усложнением операций бурения и соответствующим повышением трудности достижения углеводородных коллекторов увеличивается потребность точного определения местоположения бурильной компоновки как по вертикали, так и по горизонтали. Часть данной операции требует управления направлением движения бурильной компоновки, либо для предотвращения проходки конкретных

пластов или для пересечения продуктивных пластов. Управление направлением движения бурильной компоновки включает в себя изменение направления, в котором нацелена бурильная компоновка/буровое долото. Обычно указанное выполняется с применением механизмов, входящих в контакт со стволом скважины для отклонения бурильной компоновки от центральной осевой линии в стволе скважины или для удержания участка бурильной компоновки в стационарном положении. К сожалению, данные механизмы, входящие в контакт, могут создавать проблемы, в частности, когда должны проходить через важные механические устройства, например, противовыбросовые превенторы, которые могут являться важными для обеспечения безопасности во время операций бурения.

Варианты осуществления настоящего изобретения можно применять в горизонтальных, вертикальных, наклонно-направленных, с боковыми стволами, с п-образными компенсаторами, пересечениями, байпасами (бурится в обход прихваченного на промежуточной глубине инструмента с входом обратно в ствол) или иных нелинейных стволах скважин в подземных пластах любого типа. Варианты осуществления можно применять в нагнетательных скважинах, и эксплуатационных скважинах, в том числе эксплуатационных скважинах добычи минерального сырья, например сероводорода, углеводородных или геотермальных скважинах, а также при строительстве стволов скважин для туннелей при переходе рек и других скважин для строительства туннелей вблизи поверхности или скважинных п-образных трубопроводов, используемых для транспортировки текучих сред, например, углеводородов. Варианты осуществления, описанные ниже, не являются ограничительными в отношении реализации.

Согласно аспектам настоящего изобретения, в данном документе описаны системы и способы управления направлением движения бурильной компоновки в стволе скважины. Один пример системы содержит корпус и отклоняющийся приводной вал, соединенный с буровым долотом и по меньшей мере частично

установленный в корпусе. Как описано в данном документе, приводной вал можно выполнить отклоняющимся, если продольная ось приводного вала выполнена с возможностью отклонения от продольной оси компоновки управления направлением движения. Угол отклонения отклоняющегося приводного вала может соответствовать углу бурения бурильной компоновки. Система может также включать в себя двигатель, соединенный с корпусом, который, когда приведен в действие, независимо вращает корпус относительно бурильной колонны. Как описано ниже, с помощью независимого встречного вращения корпуса относительно бурильной колонны во время операций бурения угловое положение отклоняющегося приводного вала и бурового долота можно сохранять геостационарным, при этом не требуется входа в контакт корпуса со стенкой ствола скважины.

На рис. №7 показана схема примера буровой системы 100 согласно аспектам настоящего изобретения. Буровая система 100 включает в себя буровую установку 102, смонтированную на поверхности 101 над стволом 104 скважины в подземном пласте 103. В показанном варианте осуществления бурильная компоновка 105 устанавливается в стволе 104 скважины и может соединяться с буровой установкой 102. Бурильная компоновка 105 может содержать бурильную колонну 106 и компоновку 107 низа бурильной колонны (КНБК). Бурильная колонна 106 может содержать множество деталей, свинченных между собой. КНБК 107 может содержать буровое долото 109, устройство 108 измерений во время бурения (MWD) и компоновку 114 управления направлением движения. Компоновка 114 управления направлением движения может управлять направлением бурения ствола 104 скважины. Как понятно специалисту в данной области техники в отношении данного изобретения, ствол 104 скважины должен буриться в направлении, перпендикулярном торцу 110 инструмента, которым является буровое долото 109, такое направление соответствует продольной оси 116 бурового долота.

Соответственно, управление направлением движения, в котором бурится ствол 104 скважины, может включать в себя регулирование угла между продольной осью 116 бурового долота 109 и продольной осью 115 компоновки 107 управления направлением движения, и регулирование угловой ориентации бурового долота 109 по отношению к компоновке 107 управления направлением движения.

Согласно аспектам настоящего изобретения, описанным ниже, компоновка 114 управления направлением движения может включать в себя отклоняющийся приводной вал (не показан), который обеспечивает отклонение продольной оси 116 бурового долота 109 от продольной оси 115 компоновки 114 управления направлением движения. Аналогично, компоновка 114 управления направлением движения может включать в себя корпус встречного вращения (см., например, рис. №6, элемент 201), который удерживает угловую ориентацию бурового долота 109 по отношению к компоновке 114 управления направлением движения. Компоновка 114 управления направлением движения может принимать управляющие сигналы с блока 113 управления на поверхности для определения направления бурения. Блок 113 управления может содержать систему обработки информации с обрабатывающим и запоминающим устройством и может поддерживать связь с компоновкой 114 управления направлением движения с помощью системы телеметрии. В некоторых вариантах осуществления, как описано ниже, блок 113 управления может передавать управляющие сигналы на компоновку управления направлением движения для изменения положения продольной оси 115 бурового долота 109, а также для управления встречным вращением участков компоновки 114 управления направлением движения для удержания торца инструмента в геостационарном положении. Кроме того, другие компоненты КНБК 107, в том числе устройство 108 измерений во время бурения, могут поддерживать связь с блоком 113 управления и принимать команды с него.

В некоторых вариантах осуществления бурильная колонна 106 может вращаться для бурения ствола 104 скважины. При вращении бурильная колонна 106 может в свою очередь вращать КНБК 107 и буровое долото 109 в одном направлении вращения с бурильной колонной 106 и со скоростью вращения, равной скорости вращения бурильной колонны 106. Такое вращение может обеспечивать вращение компоновки 114 управления направлением движения вокруг ее продольной оси 115 и вращение бурового долота 109 вокруг его продольной оси 116, а также продольной оси 115 компоновки 114 управления направлением движения. Вращение бурового долота 109 вокруг его продольной оси 116 требуется для проходки пласта буровым долотом 109, но вращение бурового долота 109 вокруг продольной оси 115 компоновки 114 управления направлением движения может являться нежелательным в некоторых случаях, поскольку изменяет угловую ориентацию бурового долота 109 по отношению к компоновке 114 управления направлением движения. Например, когда продольная ось 116 бурового долота 109 смещена от продольной оси 115 компоновки 114 управления направлением движения, как показано на фиг. 1, буровое долото 109 может вращаться вокруг продольной оси 115 компоновки 114 управления направлением движения, исключая точное бурение бурильной компоновкой под нужным углом и в нужном направлении.

На рис. №8 показана схема примера компоновки 200 управления направлением движения согласно аспектам настоящего изобретения, которую можно применять, отчасти, для удержания угловой ориентации оси бурового долота относительно продольной оси компоновки 200 управления направлением движения в операциях бурения. Как описано ниже, компоновка 200 управления направлением движения может включать в себя корпус 201, которому можно сообщать встречное вращение для удержания оси бурового долота с точной (геостационарной) угловой ориентацией по отношению к продольной оси компоновки 200 управления

направлением движения. Компоновка 200 управления направлением движения может содержать отклоняющийся приводной вал 202, по меньшей мере частично установленный в корпусе 201 и соединенный с буровым долотом 203. Приводной вал может являться отклоняющимся, если продольная ось приводного вала выполнена с возможностью отклонения от продольной оси компоновки управления направлением движения. Дополнительно, приводной вал может являться отклоняющимся, даже если в заданное время может выставляться соосно с продольной осью компоновки управления направлением движения и при этом не смещаться. Двигатель 204 может соединяться с корпусом 201 и при активировании независимо вращать корпус 201 относительно утяжеленной бурильной трубы 205 инструмента. Утяжеленная бурильная труба 205 инструмента может соединяться, напрямую или не напрямую, с бурильной колонной так, что, когда бурильная колонна вращается в первом направлении с первой скоростью, утяжеленная бурильная труба 205 инструмента вращается с бурильной колонной, т.е. в первом направлении с первой скоростью.

Отклоняющийся приводной вал 202 может напрямую или не напрямую соединяться с утяжеленной бурильной трубой 205 инструмента. Корпус 201 может устанавливаться вблизи конца утяжеленной бурильной трубы 205 инструмента и может вращаться независимо от утяжеленной бурильной трубы 205 инструмента. В некоторых вариантах осуществления двигатель 204 может представлять собой электрический или гидравлический двигатель, который может по меньшей мере частично располагаться в утяжеленной бурильной трубе 205 инструмента. Гидравлические двигатели могут включать в себя гидравлические забойные двигатели, генерирующие крутящий момент с использованием потока текучей среды, например, бурового раствора, проходящего вниз через компоновку управления направлением движения. Как показано на фиг. 2, двигатель 204 может иметь выходной вал 206, соединенный с корпусом 201 и вращающий его. В

некоторых вариантах осуществления, двигатель 204 может принимать электроэнергию источника питания, например, батарей или забойного гидравлического генератора (не показано), установленных в утяжеленной бурильной трубе 205 инструмента, или от элемента КНБК, соединенного с утяжеленной бурильной трубой 205 инструмента. В некоторых других вариантах осуществления двигатель 204 может приводиться в действие напрямую буровым раствором. Как описано ниже, двигатель 204 может располагаться в утяжеленной бурильной трубе 205 инструмента или за пределами утяжеленной бурильной трубы инструмента, например, в корпусе 201.

Как можно видеть, отклоняющийся приводной вал 202 может по меньшей мере частично устанавливаться в корпусе 201. Отклоняющийся приводной вал 202 может крепиться в корпусе 201 в точках 207 центрирования, которые могут содержать подшипники уплотнения и могут удерживать участок отклоняющегося приводного вала 202 по центру в корпусе 201 вдоль продольной оси 208 компоновки 200 управления направлением движения. Между точками 207 центрирования может располагаться отклоняющийся механизм 209, установленный вокруг отклоняющегося приводного вала 202 в корпусе 201. Отклоняющийся механизм 209 может создавать отклонение участка отклоняющегося приводного вала 202 от продольной оси 208 компоновки 200 управления направлением движения, что в комбинации с центрованными участками отклоняющегося приводного вала 202 в точках 207 центрирования, может создавать угол 210 отклонения в отклоняющемся приводном вале 202.

В некоторых вариантах осуществления отклоняющийся механизм 209 может вращательно крепиться в корпусе 201 и поддерживать угол 210 отклонения отклоняющегося приводного вала 202 и заданный угол. В таких вариантах осуществления отклоняющийся механизм 209 может содержать диск, вращательно закрепленный в корпусе 201, с эксцентричным отверстием, смещенным на заданное

расстояние от продольной оси 208 компоновки 200 управления направлением движения. Расстояние отклонения можно определить, как величину радиального отклонения участка отклоняющегося приводного вала 202 в отклоняющем механизме 209 от продольной оси 208 компоновки 200 управления направлением движения. Расстояние отклонения в комбинация с расстоянием между отклоняющим механизмом 209 и по меньшей мере одной из точек 207 центрирования может определять угол 210 отклонения. В других вариантах осуществления отклоняющий механизм 209 может представлять собой регулируемый отклоняющий механизм, обеспечивающий изменение угла 210 отклонения в корпусе 201. Например, в некоторых вариантах осуществления расстояние отклонения может меняться на забое скважины для изменения угла 210 отклонения отклоняющегося приводного вала 202. Расстояние отклонения может меняться на забое с применением, например, дополнительного забойного двигателя или исполнительных механизмов (не показано), которые могут менять расстояние отклонения в ответ на управляющий сигнал с поверхности. Как понятно специалисту в данной области техники, рассматривающему данное изобретение, создание угла 210 отклонения отклоняющегося приводного вала 202 может создавать отклонение продольной оси 212 бурового долота 203 относительно продольной оси 208 компоновки 200 управления направлением движения. Соответственно, при изменении угла 210 отклонения меняется положение продольной оси 212 бурового долота 203, а также угол отклонения ствола скважины, который бурится с компоновкой 200 управления направлением движения.

Во время операций бурения бурильная колонна, соединенная напрямую или не напрямую с утяжеленной бурильной трубой 205 инструмента, может вращаться в первом направлении 211 на первой скорости, при этом обеспечивая вращение отклоняющегося приводного вала 202 и бурового долота 203 также в первом

направлении 211 с первой скоростью. Конкретно, буровое долото 203 может вращаться вокруг своей продольной оси 212 и продольной оси 208 компоновки 200 управления направлением движения. Для поддержания угловой ориентации оси бурового долота 203 относительно продольной оси 208 компоновки 200 управления направлением движения корпус 201 может вращаться во втором направлении 213 относительно утяжеленной бурильной трубы 205 инструмента, противоположном первому направлению 211 со второй скоростью одинаковой с первой скоростью. Благодаря встречному вращению корпуса 201 относительно утяжеленной бурильной трубы 205 инструмента корпус 201, регулируемый отклоняющий механизм 209 и буровое долото 203 могут оставаться геостационарными, т.е. по существу стационарными по отношению к стволу скважины с угловой ориентацией относительно продольной оси 208 компоновки 200 управления направлением движения. Соответственно, угловая ориентация продольной оси 212 бурового долота 203 относительно продольной оси 208 компоновки 200 управления направлением движения может поддерживаться, обеспечивая бурение бурильной компоновкой в направлении продольной оси 212 бурового долота 203, а не в направлении продольной оси 208 компоновки управления направлением движения.

На рис. №9 показана схема другого примера компоновки 300. Аналогично компоновке 200 управления направлением движения рис.9 компоновка 300 управления направлением движения может содержать корпус 301 независимого вращения и отклоняющийся приводной вал 302, который соединен с буровым долотом 303 и по меньшей мере частично установлен в корпусе 301. Дополнительно, двигатель 304 может соединяться с корпусом 301, в том числе через выходной вал 306 от двигателя 304. Компоновка 300 управления направлением движения может дополнительно содержать утяжеленную бурильную трубу 305 инструмента, соединенную с отклоняющимся приводным валом 302 и установленную вблизи конца корпуса 301. В отличие от компоновки 200 управления

направлением движения, где отклоняющийся приводной вал 202 соединен напрямую с утяжеленной бурильной трубой 205 инструмента, отклоняющийся приводной вал 302 может соединяться не напрямую с утяжеленной бурильной трубой 305 инструмента через карданный вал 310. Как понятно специалисту в данной области техники для данного изобретения, утяжеленная бурильная труба 305 инструмента может соединяться с отклоняющимся приводным валом 302 так, что когда утяжеленная бурильная труба 305 инструмента вращается в первом направлении с первой скоростью, отклоняющийся приводной вал 302 вращается в первом направлении с первой скоростью.

Как можно также видеть, компоновка 300 управления направлением движения может иметь отклоняющийся механизм 309 и точку 307 центрирования, установленные вокруг отклоняющегося приводного вала 302 в корпусе 301. Как понятно специалисту в данной области техники, для данного изобретения угол отклонения отклоняющегося приводного вала 302 можно также определять по отношению расстояния отклонения отклоняющегося приводного вала 302 от продольной оси 308 компоновки 300 управления направлением движения к расстоянию между механизмом 309 и точкой 307 центрирования.

Согласно аспектам настоящего изобретения в данном документе описан способ управления направлением движения бурильной компоновки в стволе скважины, в котором можно применять компоновки управления направлением движения, аналогичные описанным выше и показанным на фиг. 2 и 3. На рис.10 показана блок-схема последовательности операций одного являющегося примером способа. Этап 401 может включать в себя позиционирование отклоняющегося приводного вала в стволе скважины. Отклоняющийся приводной вал может соединяться с буровым долотом и по меньшей мере частично устанавливаться в корпусе. В некоторых вариантах осуществления отклоняющийся приводной вал может соединяться с утяжеленной бурильной трубой инструмента, и корпус может

устанавливаться вблизи конца утяжеленной бурильной трубы инструмента. Этап 402 может включать в себя вращение отклоняющегося приводного вала и бурового долота в первом направлении с первой скоростью. Отклоняющийся приводной вал и буровое долото могут вращаться бурильной колонной. Этап 403 может включать в себя вращение корпуса во втором направлении противоположном первому направлению со второй скоростью. В некоторых вариантах осуществления вторая скорость может быть одинаковой с первой скоростью для поддержания угловой ориентации бурового долота относительно продольной оси корпуса. В некоторых вариантах осуществления корпус может вращаться с помощью двигателя, соединенного с корпусом. Двигатель может устанавливаться в утяжеленной бурильной трубе инструмента и включать в себя выходной вал, который вращает корпус относительно утяжеленной бурильной трубы инструмента. Двигатель может представлять собой электрический двигатель или гидравлический двигатель.

В некоторых вариантах осуществления способ может дополнительно содержать изменение угловой ориентации бурового долота с помощью вращения корпуса в первом направлении с первой скоростью. Вместо вращения корпуса во втором направлении со второй скоростью, вместе с тем, корпус может вращаться в первом направлении с первой скоростью до достижения буровым долотом заданной угловой ориентации относительно продольной оси компоновки управления направлением движения. Корпус может также вращаться во втором направлении или первом направлении с любой скоростью, отличающейся от первой скорости, для изменения угловой ориентации. Когда заданная угловая ориентация достигнута, корпус может вращаться во втором направлении со второй скоростью для поддержания заданной угловой ориентации бурового долота.

В некоторых вариантах осуществления угол отклонения отклоняющегося приводного вала может фиксироваться в корпусе. Данное можно выполнять, применяя отклоняющий механизм, описанный выше, или другой механизм, что

понятно специалисту в данной области техники в отношении данного изобретения. В некоторых других вариантах осуществления способ может включать в себя изменение угла отклонения отклоняющегося приводного вала в корпусе. Данное можно также выполнять с помощью регулируемого отклоняющего механизма, аналогичного описанному выше.

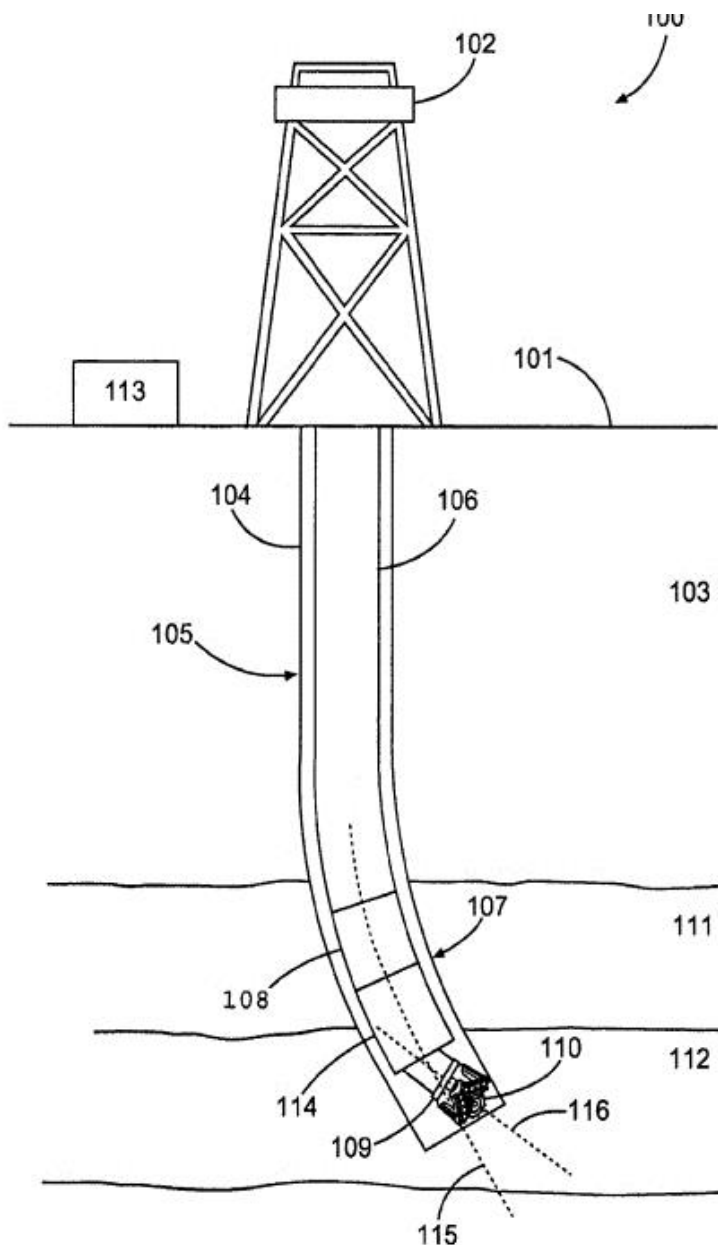


Рисунок № 7 - схема примера компоновки 100 управления направлением движения

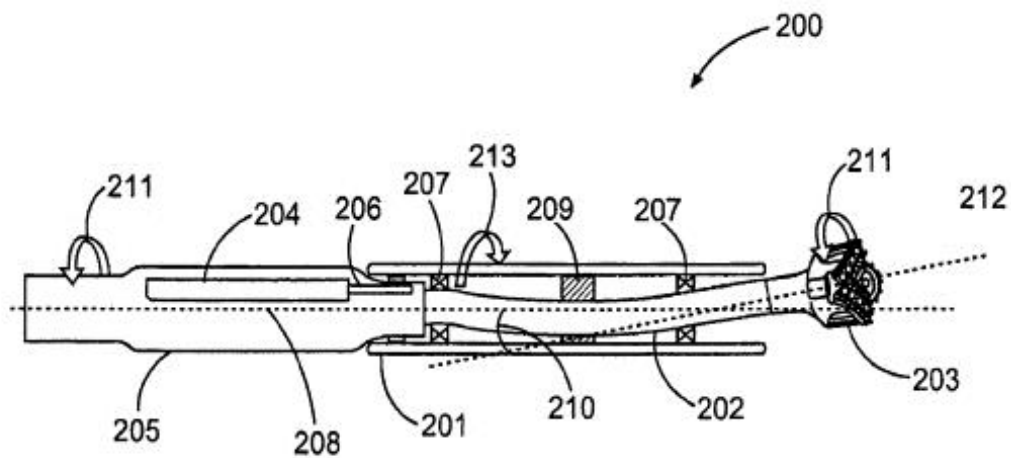


Рисунок №8 – схема примера компоновки 200 управления направлением движения

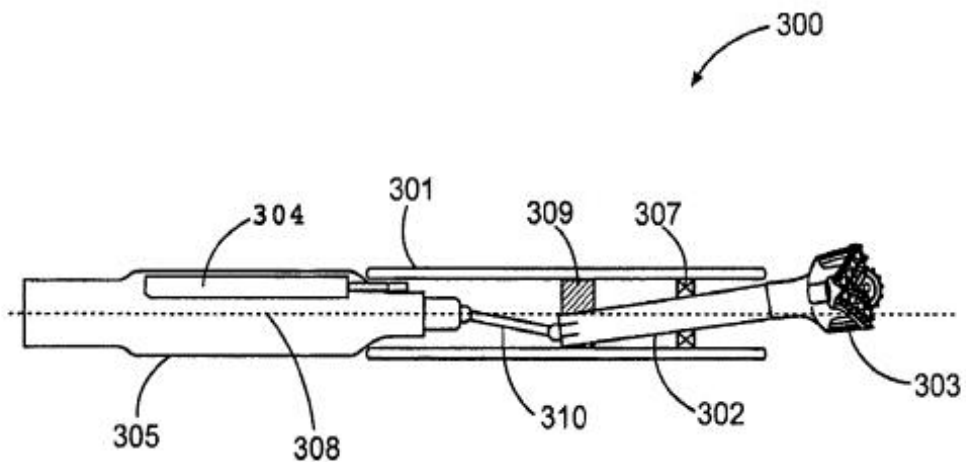


Рисунок №9 – схема примера компоновки 300 управления направлением движения

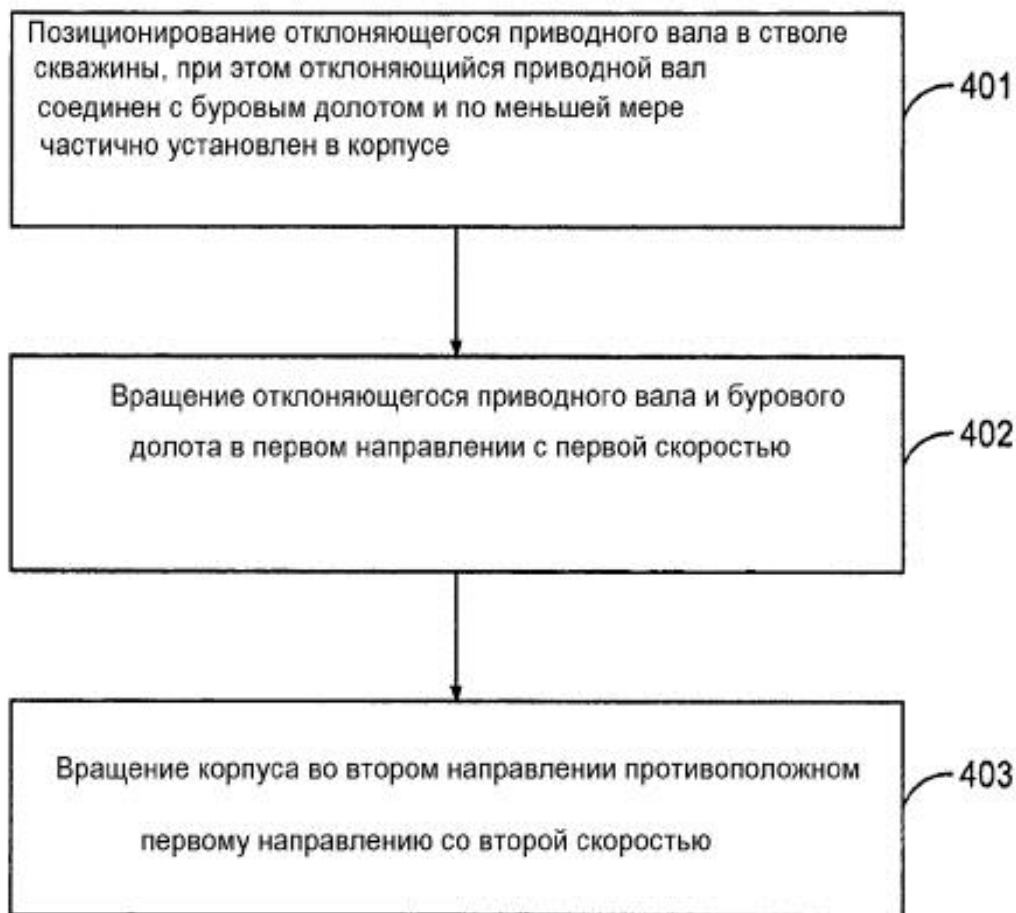


рисунок № 10 – блок-схема последовательности операций одного являющегося примером способа

1.2.6. Выбор типоразмеров отклоняющей КНБК для резки новых стволов на больших глубинах

Рассмотрим, теперь, какие забойные факторы и как определяют типоразмер КНБК для резки с цементного моста. На основе исследования промысловых и литературных данных были выделены основные из них: диаметр скважин, глубина интервала резки, характер пород на интервале резки, кавернозность ствола (отношение фактического диаметра ствола скважины к диаметру долота), прочность цементного камня.

Рассмотрим каждый фактор в отдельности. Диаметр скважины является фактором, определяющим диаметр забойного двигателя. Разница диаметров

скважины (долота) и двигателя определяет угол несоосности направляющего участка. Чем больше значения угла несоосности, тем больше интенсивность искривления нового ствола данной КНБК. Это положение подтверждается опытом зарезки новых стволов в скважинах диаметра 190,5 мм, где наибольший эффект получен от применения двигателей диаметра 164 мм. Использование же двигателей диаметра 172 мм в ряде случаев привело к неудачному исходу операции.

Увеличение диаметра скважины, а вместе с ним и диаметра долота, приводит к увеличению требуемого вращающего момента на валу двигателя. В этом случае возникает необходимость в увеличении мощности двигателя за счет установки дополнительной секции, увеличения расхода бурового раствора или применения двигателей большего диаметра.

Глубина интервала зарезки определяет тип отклоняющей КНБК и количество секций турбобура.

Характер пород на интервале зарезки определяет тип долота и необходимо для эффективного фрезерования стенки скважины отклоняющую силу на долоте. С увеличением прочностных показателей горных пород отклоняющая сила на долоте должна увеличиваться. Это достигается путем увеличения углов изгиба кривого переводника или МИ, толщины и жесткости упругой накладке, длины и жесткости УБТ и т.д. Однако, вместе с этим, двигатель должен обладать достаточно высоким вращающим моментом на валу, способным обеспечить нормальную работу при больших отклоняющих усилиях. Увеличение вращающего момента на валу двигателя достигается установкой дополнительных секций и увеличением расхода бурового раствора.

Кавернозность ствола в интервале зарезки (отношение фактического диаметра ствола скважины к диаметру долота) влияет как на отклоняющую силу на долоте, так и угол несоосности направляющего участка КНБК. С увеличением

фактического диаметра ствола отклоняющая сила на долоте падает, а угол несоосности несколько увеличивается. Такое перераспределение отрицательно влияет на процесс фрезерования стенки скважины боковой поверхностью долота, а следовательно, на формирование нового ствола в начальной стадии резки. В практических условиях увеличение фактического диаметра ствола скважины компенсируется увеличением углов изгибов КП, МИ и толщины упругой накладки,

Прочность цементного камня на сжатие определяет величину внедрения в него опор контактирующих с ним элементов компоновки, а следовательно, влияет на величину отклоняющей силы на долоте. Очевидно, с уменьшением прочности камня отклоняющая сила падает. Увеличение углов изгибов КП, МИ и толщины упругой накладки в этом случае нецелесообразно, так как при этом увеличиваются нагрузки на цементный камень.

Кроме рассмотренных факторов большое значение при работе отклоняющих КНБК имеют энергетические характеристики самого двигателя (моментная характеристика, срок службы и т.д.), накладывающие ограничения на отклоняющую силу (параметры искривления КНБК) и интервал резки. Последнее ограничение заключается в том, что межремонтный период работы двигателя должен соответствовать продолжительности бурения интервала резки нового ствола во избежание повторного спуска отклонителя.

1.2.7. Критерий выбора параметров отклоняющих КНБК для резки новых стволов на больших глубинах

В настоящее время при выборе параметров, отклоняющих КНБК для резки новых стволов на больших глубинах на практике, руководствуются принципом получения максимальной отклоняющей силы на долоте с целью эффективного фрезерования стенки скважины и увеличения интенсивности искривления нового ствола (максимум, при котором возможен запуск и

нормальная работа двигателя). Однако, изучение опыта ряда неудачных попыток зарезки новых стволов в глубоких скважинах (скв. 7 и 8, 416 – Песчаный море, 75 - Бахар и др.) показало, что такой подход применим не во всех случаях, так как не учитывает характерных особенностей процесса формирования нового ствола данным типом КНБК.

Рассмотрим общий случай движения отклоняющей КВБК при зарезке с цементного моста. В формировании нового ствола основную роль играет направляющий участок, нижним концом которого является долото, а верхним - первая после долота точка касания компоновкой стенки скважины (чаще всего это - кривой переводник, МИ, ЗПН и др.). В начальный момент зарезки, когда долото начинает фрезеровать стенку скважины, верхний конец направляющего участка упирается в противоположную стенку, сложенную породой. По мере формирования нового ствола и продвижения в него направляющего участка, верхний конец последнего входит в новый ствол, частично сложенный цементным камнем.

Теперь опорой верхнего конца является цементный камень, прочность которого обычно ниже прочности породы, а сцепление его с породой, при наличии глинистой корки очень слабое. Если учесть, что нагрузки на верхнем конце направляющего участка (вторая опора) могут достигать значительных величин (табл. 2,1), а площадь соприкосновения второй опоры с цементной стенкой мала, то, очевидно, в определенных условиях, последняя может разрушиться. В этом случае происходит резкий спад отклоняющей силы на долоте, что отрицательно влияет на дальнейшее формирование нового ствола.

При использовании компоновок первого типа, направляющий участок которых составляет 7-10 м, до входа кривого переводника в новый ствол долото успевает сформировать в стенке скважины "уступ" достаточной величины и разрушение цементной стенки не сказывается большого влияния на дальнейшее бурение нового ствола. Иная картина имеет место при работе компоновок П, Ш и

1У типов с короткими направляющими участками длиной 2,5-3,5 м. На этом интервале долото не успевает сформировать "уступ" и вход верхнего конца направляющего участка в новый ствол, а вместе с этим и разрушение цементной стенки может привести к неудачному исходу операции зарезки.

Резюмируя сказанное, отметим: сохранение в целости цементной стенки составной части нового ствола - является необходимым условием при зарезках компоновками с короткими направляющими участками - основными типами КНБК, которые используются на больших глубинах. Соблюдение этого условия связано с выполнением требования: минимум нагрузки на цементный камень со стороны верхнего конца направляющего участка при достаточной для эффективного фрезерования стенки скважины отклоняющей силе на долоте. В рамках этого требования оценим компоновки с механизмом искривления и упругой накладкой. В табл. 2.1. приведены значения отклоняющей силы и реакций на опорах КНБК: долото диаметром 190,5 мм, Д2-172 с МИ, КП, УБТ диаметром 146 мм. Максимальное значение отклоняющей силы для компоновки с углом перекоса осей МИ - $\alpha_{ми} = 1^\circ$ отмечено при $\alpha_{кп} = 1,5^\circ$. Увеличение угла перекоса МИ до $1,5^\circ$ приводит к росту значений $F_{от}$. Но при этом возрастают нагрузки на цементный камень со стороны второй опоры (МИ) и сумма прижимающих усилий на всех опорах, что отрицательно влияет на движение компоновки и формирование нового ствола. Учитывая это, можно констатировать, что применение компоновки двигатель-МИ с углом перекоса осей МИ $\alpha_{ми} = 1,5^\circ$ в скважине диаметром 190,5 мм может привести к отрицательным результатам.

Рассмотрим, теперь, верхнюю часть табл.2.1. Увеличение угла изгиба кривого переводника до $0,5^\circ$ при некотором уменьшении значения $F_{от}$, приводит к уменьшению реакций на второй опоре и сумме реакций на всех опорах. Следовательно, если отклоняющая сила на долоте порядка 7 кН является достаточной для эффективного фрезерования стенки скважины, то при зарезке

нового ствола в скважине диаметром 190,5 мм необходимо использовать компоновку с углами искривлений $\alpha_{ми} = 1^\circ$, $\alpha_{кп} = 0,5^\circ$.

В табл. 2.2 представлены результаты расчетов компоновок с двойным искривлением с долотом диаметра 215,9 мм. Применяя приведенные выше рассуждения, можно прийти к выводу, что использование компоновки Д2-172 с МИ с углом изгиба МИ $\alpha_{ми} = 2^\circ$ при зарезках новых стволов в скважинах диаметром 215,9 мм нецелесообразно. Сравнение компоновок с $\alpha_{ми} = 1^\circ$ и $\alpha_{ми} = 1,5^\circ$ показывают, что по значениям отклоняющей силы на долоте и реакции на второй опоре они примерно равноценны (например: $\alpha_{ми} = 1^\circ$, $\alpha_{кп} = 1^\circ$ и $\alpha_{ми} = 1,5^\circ$, $\alpha_{кп} = 0^\circ$; $\alpha_{ми} = 1^\circ$, $\alpha_{кп} = 1,5^\circ$ и $\alpha_{ми} = 1,5^\circ$, $\alpha_{кп} = 0,5^\circ$, хотя максимум для $\alpha_{ми} = 1,5^\circ$ (13,8 кН) на 6 кН выше максимума $F_{от} = 1^\circ$ (табл.2.2).

В табл.2.3 представлены значения отклоняющей силы на долоте и реакции на упругой накладке, компоновки: долото диаметром 215,9 мм, Д2-1781с упругой накладкой, КН, УБТ диаметром 146 мм. Из табл. 2.3 видно, что с увеличением $\alpha_{кп}$ от $1,5^\circ$ до 2° для значений $L_1 = 1,5$; 2 и 2,5 м (расстояние от долота до УН) наблюдается рост значений $F_{от}$ при уменьшении R_2 на упругой накладке. Следовательно, по минимуму критерия удельной нагрузки на цементный камень, компоновка с накладкой ($L_1 = 1,5$; 2,0; 2,5 м) с углом изгиба $\alpha_{кп} = 2,0^\circ$ при зарезке нового ствола является более предпочтительной.

Сопоставление данных табл. 2.3 и 2.2 показывает преимущества компоновок четвертого типа перед компоновками третьего типа. При равных, или даже больших отклоняющих усилиях на долоте, нагрузка на цементный камень со стороны упругой накладки может быть меньше, чем со стороны механизма искривления.

Обратимся к табл.2.2. Для компоновки: долото диаметром 215,9 мм, Д2-172 с МИ ($\alpha_{ми} = 1,5^\circ$), КП ($\alpha_{ми} = 2^\circ$) УБТ диаметром 146 мм значение отклоняющей силы на долоте составляет 13,8 кН, а нагрузка на цементный камень со стороны

второй опоры (МИ) $R_2 = 19,7$ кН. Эти величины для компоновки: долото диаметром 215,9 мм, Д2-172 с УН ($h_{ун} = 0,03$ м, $L_1 = 1,5$ м), КП ($\alpha_{ми} = 2^\circ$), УБТ диаметром 146 мм равны $F_{от} = 14,6$ кН, $R_2 = 15,15$ кН (табл. 2.3.). Аналогично, для КНБК – $\alpha_{ми} = 1,5^\circ$, $\alpha_{кп} = 1,0^\circ$ - $F_{от} = 9,6$ кН, $R_2 = 13,9$ кН, а для КНБК с упругой накладкой – $L_1 = 2,0$ м; $\alpha_{кп} = 2,0^\circ$ - $F_{от} = 10,54$ кН, $R_2 = 10,86$ кН.

Добавим, что упругие свойства накладки и меньшие удельные нагрузки (ввиду большей площади контакта), способствуют лучшему сохранению цементной стенки при формировании нового ствола в процессе резки.

Обобщая вышеизложенное, нужно отметить, что удельная нагрузка на цементный камень со стороны второй опоры (МИ, УН) при достаточной отклоняющей силе на долоте может служить критерием, по минимуму которого осуществляется выбор параметров, отклоняющих КНБК с короткими направляющими участками при резках новых стволов на больших глубинах.

1.3. Технология бурения дополнительного ствола с уступа расширенного участка

Следующая разработка имеет технологическую новизну, которая заключается в совершенствовании непосредственно технологии резания ствола. А именно, бурение осуществляется непосредственно с уступа расширенного участка и существенно сокращает время на спуско-подъёмные операции, патент: «Бесклиновый способ бурения многозабойной скважины» авторы Порошин Д.В., Бутов Ю.А., Пологеев В.В., Асадчев А.С., Демяненко Н.А., Игнатюк И.С..

Изобретение относится к технологии бурения нефтяных и газовых скважин, а именно к бесклиновым способам бурения многозабойных скважин. Способ включает в себя бурение основного ствола и дополнительных стволов компоновкой с кривым переводником, создание расширенного участка в основном стволе, при

этом бурение дополнительных стволов осуществляют с уступа расширенного участка. Позволяет надежно проводить бурение многозабойных скважин по устойчивым горным породам, снизить время на спускоподъемные операции за счет снижения их числа, а также увеличить нефтеотдачу вскрытых продуктивных пластов многоствольной скважины за счет увеличения поверхности фильтрации дополнительными стволами.

Известен бесклиновый способ бурения многозабойной скважины, включающий бурение основного и дополнительных стволов, причем углубление основного ствола осуществляют после окончания бурения очередного дополнительного ствола (SU 431292, МПК E21B 7/04, 1975).

Этот способ имеет существенный недостаток из-за того, что дополнительные стволы бурятся меньшими диаметрами, чем основной, что уменьшает поверхность фильтрации продукции. Это особенно сильно скажется при разработке нефтяных залежей с низкой проницаемостью.

Кроме того, при необходимости проведения каких-либо ремонтно-изоляционных работ придется применять различные компоновки бурильного инструмента, соответствующие уменьшенному диаметру дополнительного ствола, а это влечет за собой большие потери времени на организационные работы по сбору компоновки.

Известен также бесклиновый способ бурения многоствольной скважины (RU 2270908, МПК E21B 7/06, 2006.02.27), включающий бурение основного и дополнительных стволов одним диаметром без расширения ствола скважины, используя компоновку для набора зенитного угла не менее 90° с отклонителем или кривым переводником. Очередной дополнительный ствол бурят с забоя основного ствола и после окончания бурения дополнительного ствола осуществляют поинтервальное углубление забоя основного ствола, которое производят прямой

компоновкой. Возможно разведение дополнительных стволов как по горизонтали, так и по вертикали. Азимуты дополнительных стволов могут разводиться по противоположным направлениям.

Этот способ применим для разветвления горизонтальных скважин, при этом бурение основного горизонтального ствола возможно только при условии проведения боковых стволов с интенсивным набором зенитного угла не менее 90° .

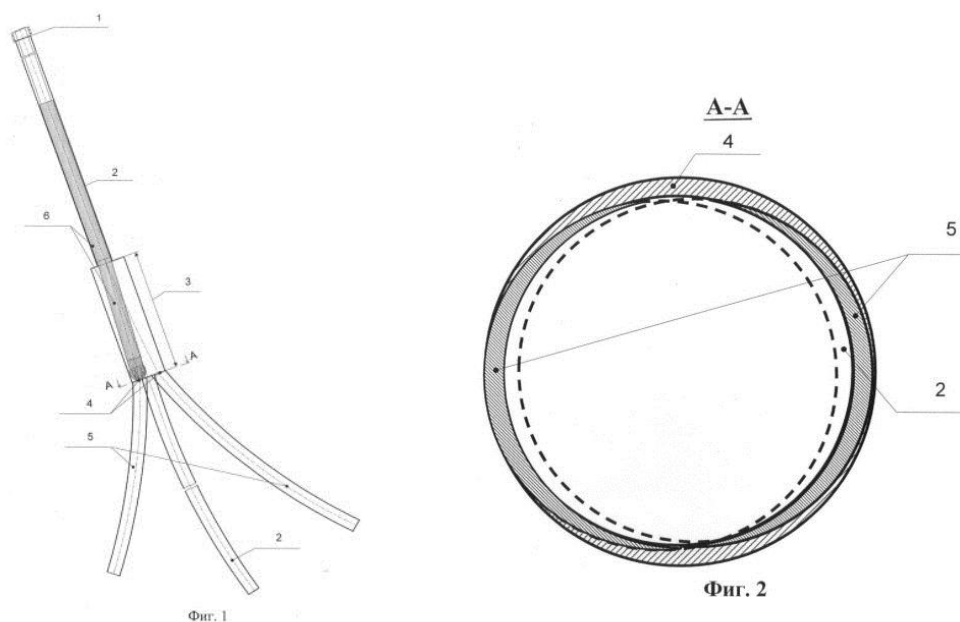
Наиболее близким по технической сущности к заявляемому изобретению является способ бурения многоствольной скважины (RU 2214496, МПК E21B 7/06, 2003.10.20), включающий бурение основного и дополнительных стволов, углубление основного ствола, осуществляемое поинтервально после окончания бурения очередного дополнительного ствола, основной горизонтальный ствол до намечаемого места дополнительного ствола бурят компоновкой с центраторами, стабилизирующими его направление, затем компоновкой с кривым переводником с забоя, образовавшегося при бурении основного горизонтального ствола, осуществляют бурение дополнительного ствола диаметром, равным диаметру основного горизонтального ствола, расширение последнего долотом со смещенным центром в интервале зарезки дополнительного ствола с созданием за ним забоя, с которого бурят следующий участок основного горизонтального ствола прежним диаметром, причем радиус забуривания основного горизонтального ствола равен радиусу забуривания дополнительных стволов.

Однако, для формирования бицентричным долотом расширенного участка со стабильным диаметром в пробуренном стволе скважины, необходимо создать осевую нагрузку на его пилотную часть, поэтому срезка наклонного уступа и создание надежно контролируемого расширенного забоя за интервалом зарезки дополнительного ствола могут вызвать дополнительные трудности или затраты времени на проведение этих работ.

Задача изобретения - надежно проводить бурение многозабойных скважин по устойчивым горным породам, снизить время на спускоподъемные операции за счет снижения их числа, а также увеличить нефтеотдачу вскрытых продуктивных пластов многоствольной скважины за счет увеличения поверхности фильтрации дополнительными стволами.

Поставленная задача решается за счет того, что в бесклиновом способе бурения многозабойной скважины, включающем бурение основного ствола и дополнительных стволов компоновкой с кривым переводником, создание расширенного участка в основном стволе, согласно изобретению, бурение дополнительных стволов осуществляют с уступа расширенного участка.

Изобретение поясняется следующими чертежами:



на фигура №1 изображена схема многозабойной скважины; на фигура №2 - разрез А-А на фиг.1.

Способ осуществляется следующим образом.

Из-под обсадной колонны 1 долотом с диаметром, соответствующим внутреннему диаметру обсадной колонны, на глубину проектного забоя выбуривают необсаживаемый участок основного ствола 2. Затем на участке 3

осуществляют расширение основного ствола с целью формирования в нем расширенного уступа 4.

Расширение можно осуществлять известными способами: раздвижным расширителем или бицентричным долотом, имеющим возможность прохождения в основном стволе.

Затем осуществляют последовательное забуривание с расширенного уступа 4 всех дополнительных стволов 5 многозабойной скважины, поочередно ориентируя одну компоновку с кривым переводником 6, которые бурят до проектной глубины в направлении простирания продуктивного пласта, в определенных пространственных координатах, отличающихся от координат конечного забоя основного ствола.

Предлагаемый бесклиновый способ бурения многозабойной скважины позволяет надежно проводить бурение многозабойных скважин по устойчивым горным породам, снизить время на спускоподъемные операции за счет снижения их числа, а также увеличить нефтеотдачу вскрытых продуктивных пластов многоствольной скважины за счет увеличения поверхности фильтрации дополнительными стволами.

2. Обзор бесклиновых технологий, применяемых производственными организациями, занимающихся бурением нефтяных и газовых скважин, по зарезке боковых стволов в необсаженных интервалах

2.1. Наиболее распространенная на сегодняшний день технология зарезания дополнительного ствола на производстве

По результатам производственных практик, были собраны документы и сделано описание существующей наиболее применяемой технологии зарезки боковых стволов как с обсаженного, так и необсаженного ствола скважины на

нефтепромыслах Ханты-Мансийского АО-Югры. Технология резки бокового ствола выполняется в следующей последовательности.

На выбранном интервале ствола устанавливается цементный мост, верхняя часть которого становится искусственным забоем. После этого в скважину спускается отклоняющая компоновка (как правило, это компоновка на базе винтового забойного двигателя (ВЗД)), которой в специальном режиме производится формирование нового ствола. Забуривание уступа отклонителями на базе ВЗД производится следующими основными способами:

- задержкой долота в одной точке над искусственным забоем. Время задержки может составлять 1 - 3 часа в зависимости от соотношения твердости горных пород и материала забоя. При этом осевая нагрузка в начальный момент равняется нулю и по мере забуривания нарастает. Скорость забуривания дополнительного ствола в момент отклонения от искусственного забоя может составлять не более 0,3-0,4 м/ч;

- возвратно-поступательным перемещением инструмента над забоем на расстояние 0,5-0,6 м. При этом при забуривании уступа в относительно мягких породах рекомендуется формировать уступ без вращения долота, в твердых породах с вращением долота забойным двигателем. В дальнейшем, после образования уступа, бурение ведется при минимальной осевой нагрузке с постепенным её повышением. Контроль процесса забуривания осуществляют по соотношению в выносимом шламе породы и материала искусственного забоя.

При проведении резания в мягких и средних по твердости горных породах после успешного формирования уступа нового направления ствола скважины для дальнейшего бурения может применяться та же самая компоновка низа бурильной колонны (КНБК) и дополнительная спуско-подъемная операция (СПО) не требуется.

При забуривании нового ствола в твердых и крепких горных породах для

успешного забуривания нового направления ввиду малой прочности цементного моста (в сравнении с горной породой) применяются специальные резные долота, обладающие большой фрезерующей способностью. Указанные породоразрушающие инструменты используются исключительно для формирования уступа в стенке ствола скважины, но не подходят для дальнейшего бурения ввиду специфической формы торцевой части и недостаточностью вооружения. В результате после формирования уступа необходима смена долота для последующего бурения, что требует дополнительных временных затрат на СПО.

Проблема повышения качества строительства боковых стволов до сих пор не решена, и актуальность ее будет возрастать из-за увеличения их количества, роста доли горизонтальных стволов с большим продолжением в продуктивной части пласта, несмотря на то, что существует достаточно большой объем исследований, проводимых в этом направлении. Отдельно в вопросе повышения качества строительства бокового ствола, стоит вопрос о совершенствовании технологии резания в необсаженном интервале скважины. По данной тематике, существует несколько наиболее полных научных работ, описывающих поставленные задачи и являющихся наиболее актуальными научными трудами в решении данных вопросов. Разработка комплекса технологических мер, направленные на совершенствование технологии повышения эффективности резки боковых стволов в необсаженных интервалах скважины.

2.2. Технология резки бокового ствола скважин в режиме «наработка желоба сверху вниз и снизу вверх»

Рассмотрим несколько методов, применяемых при ЗБС в открытом стволе с цементного моста. Один из таких технологических приёмов в производственной терминологии имеет название «желоб сверху вниз». Срезка в режиме «Наработки желоба» ведется отрывом от выбранной точки и многократным дохождением до неё сверху - вниз, с постепенным приростом вверх длины желоба. Обязательное условие

срезки методом «наработки желоба» работа на падение зенитного угла, обычно используется при срезке без цементирования материнского ствола, но может выполняться и после цементажки скважины. В этом разделе мы рассмотрим наиболее подробные планы на выполнения работ по ЗБС.

Ход выполнения данного метода достаточно подробно описан в плане работ на забуривание нового ствола на скважине № 960 куста № 18 Первомайского месторождения.

1. Данные по скважине

- 1.1 Пробуренный забой скважины 2578,93 м
- 1.2 Глубина спуска кондуктора 1061,4 м
- 1.3 Плановая глубина срезки 2478 м.
- 1.4 Номинальный диаметр открытого ствола скважины 215,9мм
- 1.5 Зенитный угол в интервале срезки 26,43 (MD 2478 м.)

2. Состояние скважины:

Установлен опорный цементный мост. Голова опорного цементного моста 2478 м по стволу.

3. Порядок работ:

3.1 В время ОЗЦ после схватывания цементных проб произвести сборку компоновки для срезки с цементного моста: Долото 215,9MSR613S-A1C №142542(0,25), ДРУ-172 (7/8) 1°24" №10-B(8,645), Переводник №122(0,25), Переводник Реструкторный №241(0,395), MONEL 170 №7272(8,25), ЗТС Geolink SUB-2170 №6297(1,5), Переводник №220(0,31), ЛБТ-147 (2 св.) №21(48,87), Переводник №4692(0,4), СБТ 127 (20 св.) №4(484,83), ТБТ 127 (2 св.) №НВБН(48,98), Переводник №14003(0,3), ЛБТ-147(50 св.)

3.2. Нарработку желоба произвести по методу наращивания метража снизу вверх:

- в точке срезки 2478 м. направить отклонитель ТФ - (137° «вниз и право») и с механической скоростью 6 м/ч поднять КНБК до глубины 2477 м. с выбранным положением отклонителя ТФ - (137° «вниз и право») произвести спуск КНБК с механической скоростью 4 м/ч до точки срезки 2478 м. с нагрузкой 0.5-1 тонны (1 час)

- От точки срезки 2478 м. поднять до глубины 2476 м. с механической скоростью 6 м/ч в положении отклонителя ТФ - (137° «вниз и право») после произвести спуск КНБК с механической скоростью 4 м/ч до точки срезки 2478 м. с нагрузкой 0.5-1 т. (1,5 часа)

- От точки срезки 2478 м. поднять до глубины 2475 м. с механической скоростью 6 м/ч в положении отклонителя ТФ - (137° «вниз и право») после произвести спуск КНБК с механической скоростью 4 м/ч до точки срезки 2478 м. с нагрузкой 0.5-1 т. (1,5 часа)

- От точки срезки 2478 м. поднять КНБК до глубины 2474 м. с механической скоростью 6 м/ч в положении отклонителя ТФ - (137° «вниз и право») после произвести спуск КНБК с механической скоростью 4 м/ч до точки срезки 2478 м. с нагрузкой 0.5-1 т. (1 часа)

- От точки срезки 2478 м. поднять КНБК до глубины 2473 м. с механической скоростью 6 м/ч в положении отклонителя ТФ - (137° «вниз и право») после произвести спуск КНБК с механической скоростью 4 м/ч до точки срезки 1400 м. с нагрузкой 0.5-1 т. (1 часа)

- От точки срезки 2478 м. поднять КНБК до глубины 2472 м. с механической скоростью 6 м/ч в положении отклонителя ТФ - (137° «вниз и право») после произвести спуск КНБК с механической скоростью 4 м/ч до точки срезки 1400 м. с нагрузкой 0.5-1 т. (1 часа)

- От точки срезки 2478 м. поднять КНБК до глубины 2471 м. с механической скоростью 6 м/ч в положении отклонителя ТФ - (137° «вниз и право») после

произвести спуск КНБК с механической скоростью 4м\ч до точки срезки 2478 м. с нагрузкой 0.5-1 т. (1 часа)

- От точки срезки 2478 м. поднять КНБК до глубины 2470 м. с механической скоростью 6 м\ч в положении отклонителя ТФ - (137° «вниз и право») после произвести спуск КНБК с механической скоростью 4м\ч до точки срезки 2478 м. с нагрузкой 0.5-1 т.(1 часа)

- От точки срезки 2478 м поднять до глубины 2469 м. с механической скоростью 6 м\ч в положении отклонителя ТФ - (137° «вниз и право») после произвести спуск КНБК с механической скоростью 8 м\ч до глубины 2477м. с нагрузкой 0.5-1 т., далее с механической скоростью 4 м\ч опустить КНБК до точки срезки 2478 м. с нагрузкой 0.5-1 т. (1 час)

- От точки срезки 2478 м поднять до глубины 2470 м. с механической скоростью 6 м\ч в положении отклонителя ТФ - (137° «вниз и право») после произвести спуск КНБК с механической скоростью 10 м\ч до глубины 2477 м. с нагрузкой 0.5-1 т., далее с механической скоростью 4 м\ч опустить КНБК до точки срезки 2478 м. с нагрузкой 0.5-1 т. (1 час).

- Общее время наработки желоба должно занять 10 часов.

Из плана работ можно сделать вывод, что создание направления под срезку с цементного моста, это планомерный процесс формирования искусственной горной выработки внутри существующей скважины в течении длительного времени, с целью получения желоба необходимой формы для устойчивого направления при резки бокового ствола с цементного моста. Особенность данного способа формирования желоба является направление его создания – от вершины цементного моста и вверх (рис. № 7)с шагом в 4 метра до разницы в 10 метров от искусственного забоя цементного моста.

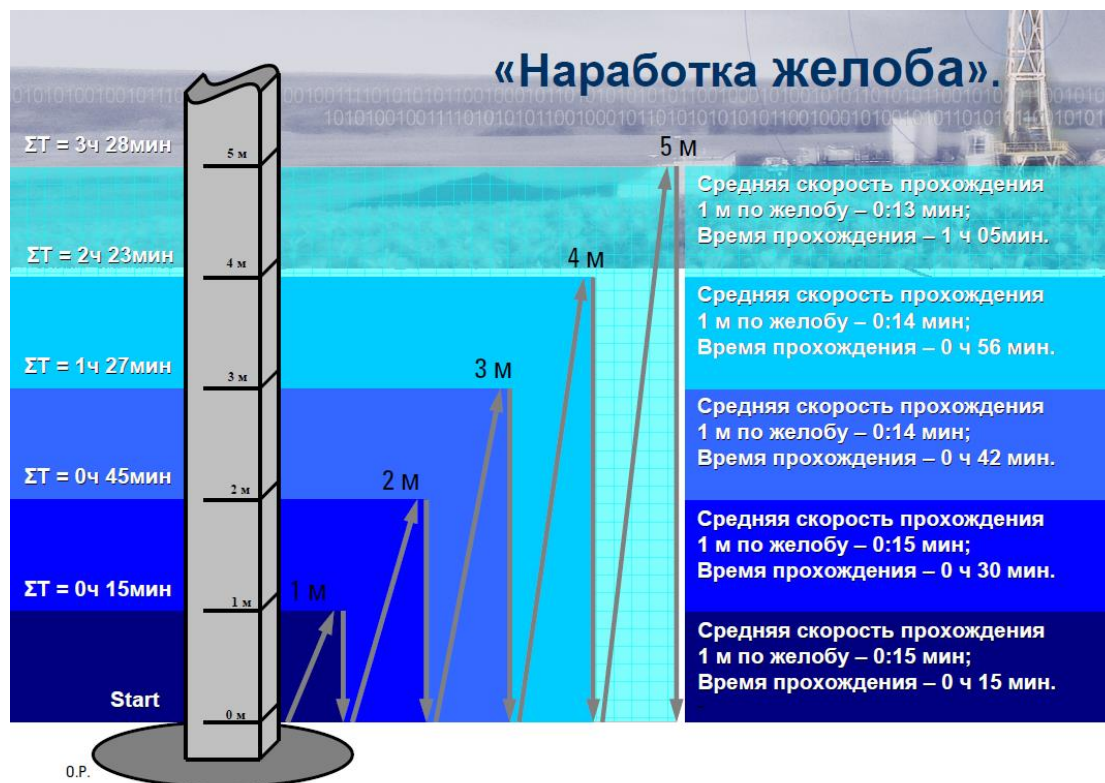


Рисунок № 11 – технология наращивания желоба в режиме «снизу вверх»

Рассмотрим подобную технологию формирования желоба под срезку с цементного моста. Следующий метод отличается направлением создания желоба и имеет другие некоторые технологические особенности. Рассмотрим реализацию данного метода на примере плана работ по скважине №130 куст №3 Средне-Нюрольского месторождения Томской области.

Исходные данные

1. Глубина скважины - 2471 м.
2. Кондуктор \varnothing 245мм- 880 м.
3. Номинальный диаметр открытого ствола скважины 880-2471 м. - 216мм

Состояние скважины: На скважине № 130 произведен окончательный картаж с целью привязки горизонтального ствола скважины.

План работ

1. Произвести спуск бурильного инструмента, нащупать “голову” цементного моста, промыть скважину буровым насосом не менее 2 циклов (смывка цемента) с постоянным расхаживанием бурильной колонны на длину не менее 15 метров.
2. Произвести подъем бурильного инструмента и собрать следующую компоновку: долото Ш 215.9 С-ГВ, ЗТСШ1-195, ТБПК127х9-остальное.
3. Произвести спуск КНБК.
4. Не доходя до “головы” цементного моста на 20 метров провести наработку желоба в течении двух часов и произвести подбуривание “головы” до твердого цемента
5. Довести параметры бурового раствора по всему объему до указанных в ГТН.
6. Произвести подъем бурильного инструмента и собрать следующую компоновку: долото Ш 215.9 С-ГВ, ДРУ-172РС, ЗИС-4, ОК, ЛБТ150х25-25м., ТБПК127х9-остальное.
7. Произвести спуск компоновки, не доходя до “головы” цементного моста на 20 метров.
8. Произвести работы по наработке желоба в стволе скважины по следующей технологии: при работающем турбобуре установить ДРУ-172РС в третьей четверти и плавно осуществлять спуск компоновки по 5-10 см с остановкой на 10 сек, после спуска по данной методике на 2 метра, приподнять на 1 метр компоновку и продолжать углубление таким же образом т.е. "лесенкой". После прохождения полной длины квадрата пройденный участок прошаблонировать с промывкой со скоростью 5 м/мин, не доходя до наработанного "уступа". Произвести

наращивание и продолжить наработку желоба по вышеизложенной методике не пытаясь создавать нагрузку на долото.

9. После наработки желоба и дойдя до головы цементного моста, установить ДРУ-172РС под азимутом 230° – 240° и плавно создать нагрузку на долото и углубиться до глубины 2220 метров. С начальной нагрузкой 5 - 6 тонн, постепенно увеличивая ее на 2 тонны.

10. Поднять компоновку, собрать КНБК: Ш 215.9 СГВ, КЛ-215.9, ДРУ-172РС, ЗИС-4, ОК, ЛБТ150х25-300м., ТБПК127х9-остальное. Произвести коррекцию ствола скважины №130 согласно план-программе.

Согласно данному плану на выполнение работ, в ЗБС применяется технология создания желоба, но с обратным шагом его образования. Нарботка желоба согласно данному плану начинается с выставления инструмента в диапазоне 10 градусов по азимуту, на высоте 20 метров от искусственного забоя опорного моста. Если рассчитать данный метод по количеству затрачиваемого времени, то наработка таким методом 20 метров желоба займет около 1 часа. После наращивания в плане не указано – в каком момент завершается формирование желоба, поэтому на основании данного плана работ нельзя сказать, сколько времени занимает полный цикл выполнения данной операции в режиме «сверху вниз».

Приступать к бурению после наработки желоба следует на заниженном режиме недопуская резкой подачи нагрузки на долото, постепенно, по мере углубления, увеличивая нагрузку на долоте и скорость проходки. Переходить на обычное бурение следует при выполнении следующих условий:

- 1) при увеличении процентного содержания породы в отбираемых пробах шлама до 80-90%;
- 2) при увеличении реактивного момента и перепада давления во время бурения.
- 3) при получении расхождения по зенитному углу между замерами в материнском и

новом стволе, обеспечивающими расстояние между центрами старого и нового ствола не менее 0.5м в точке замера.

2.3. Технология бурения в режиме ограничения скорости и времени

Срезка в режиме бурения ограниченного по времени и скорости, который за рубежом получил название «Time Drilling», выполняется за счёт бурения с минимально-заданной скоростью проходки, с постепенным увеличением скорости по мере зарезки в новый ствол. Бурение в режиме «Time Drilling» применяется при планируемой срезке с набором зенитного угла или срезке в твёрдых породах. Преимущества: Данный вид позволяет производить срезку в любом направлении, включая выполнение срезки с ростом зенитного угла. Недостатки: Метод требует больше времени, чем при срезке с наработкой желоба. Метод требует качественного состояния цементного моста и ствола скважины.

Рассмотрим этапы технологии Time Drilling, представленные в презентации

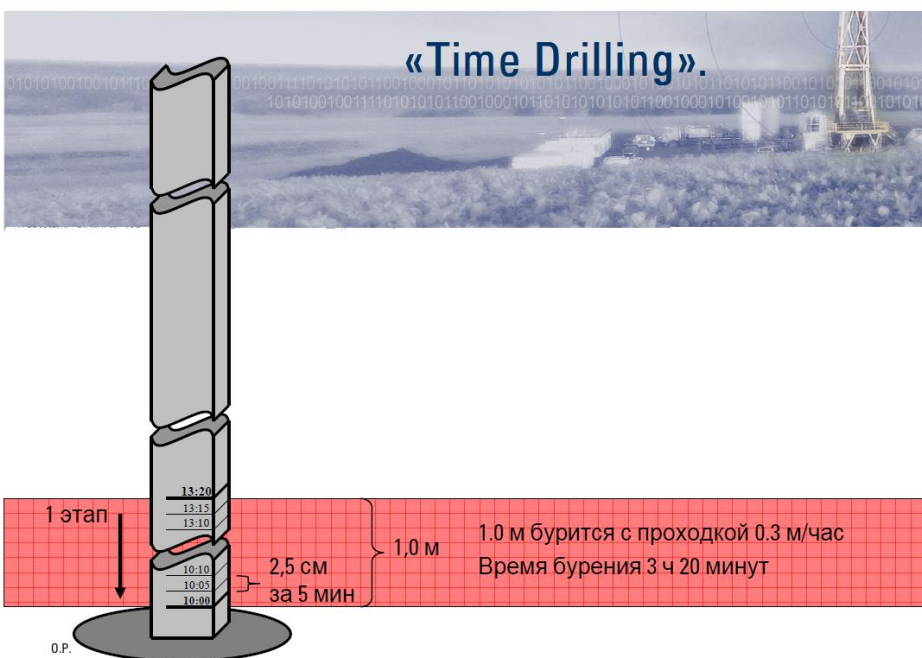
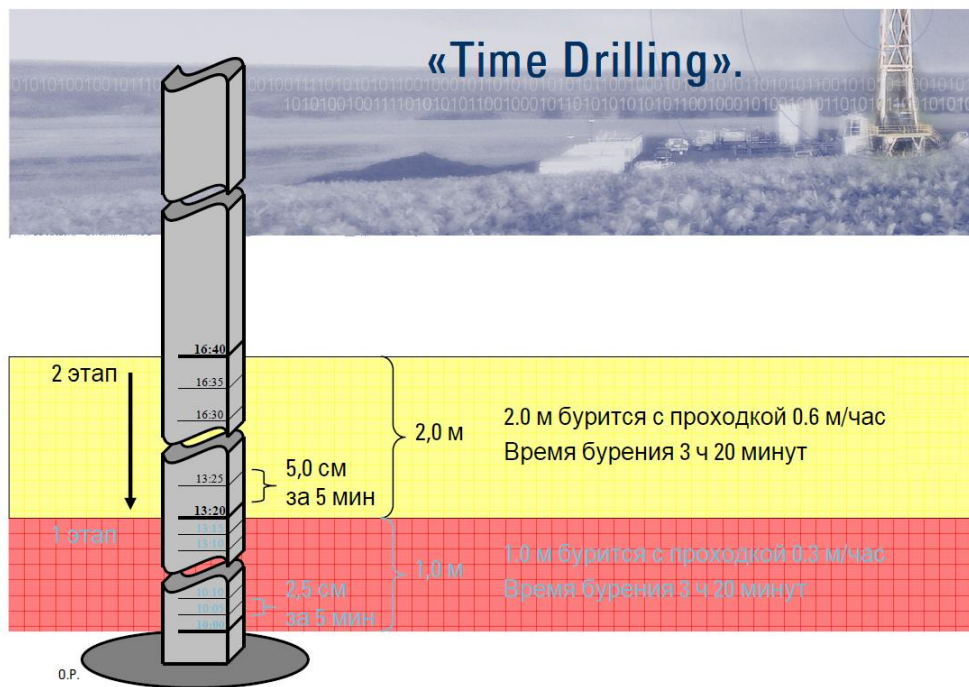


Рисунок № 12 – 1-ый этап в режиме time drilling

«Плановая зарезка нового ствола» подготовленной в компании Schlumberger Private. Внимание, при начале работ необходимо убедиться, что ствол скважины позволяет находиться инструменту без движения, не создавая

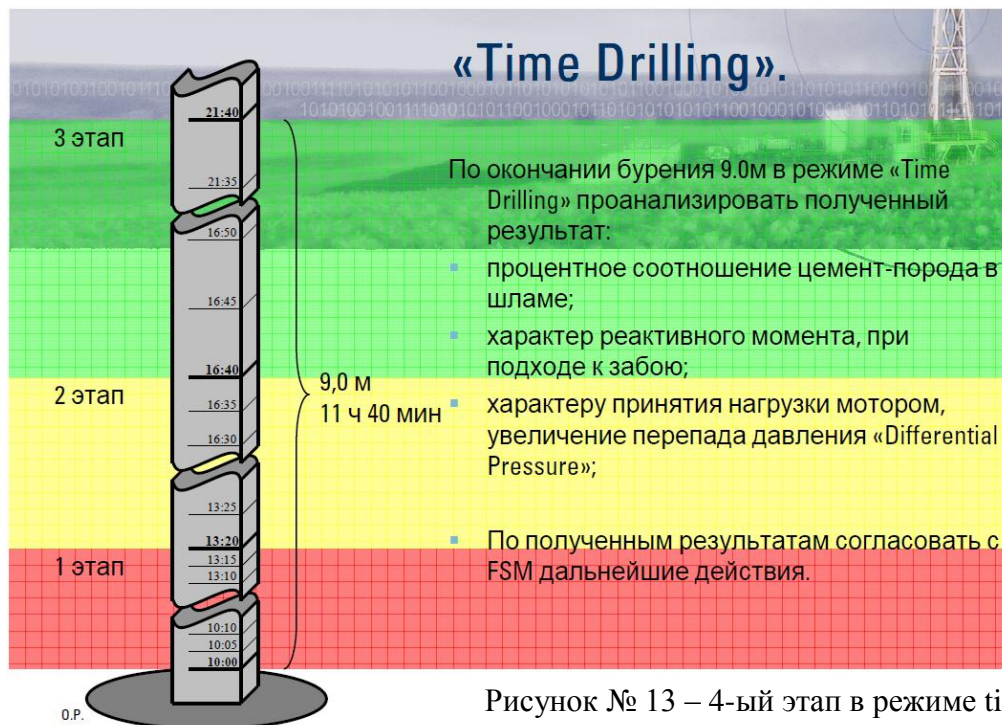
угрозы получения прихвата. Для этого, после нахождения на забое 5 минут без движения, - если признаков затяжек нет, следующие расхаживание выполняется

через 10 минут. При положительном результате, время нахождения инструмента без движения, с шагом в 5 минут, доводится до 30 минут.



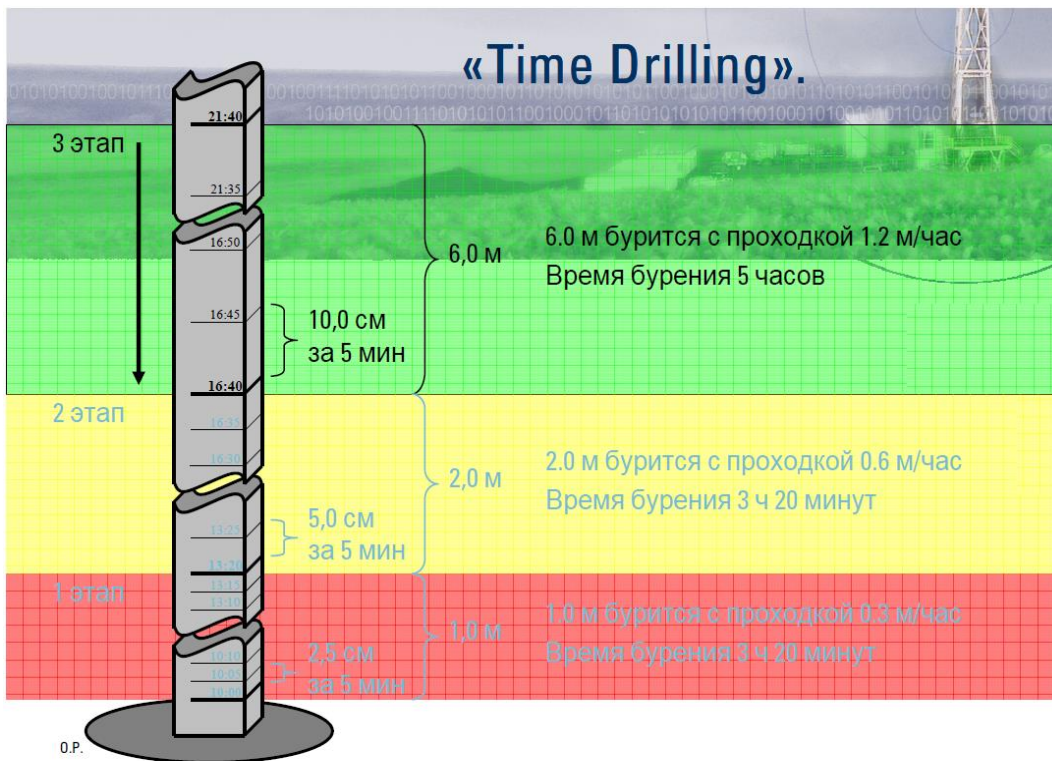
Для второго этапа характерно увеличение скорости бурения в два раза – с 0,3 м/час до 0,6 м/час;

Рисунок № 13 – 2-ый этап в режиме time drilling



На третьем этапе скорость также пропорционально увеличивается в 2 раза с 0,6 м/час до 1,2 м/час. Время бурения на данном этапе равно примерно 5 часам;

Рисунок № 13 – 4-ый этап в режиме time drilling



На рисунке №14 (справа) изображена колонна буровых труб с отметками глубины спуска колонны труб по времени; Во время бурения необходимо постоянно контролировать вес инструмента.

Рисунок №14 – колонна буровых труб с отметками глубины спуска колонны труб;

Дальнейшие действия после согласования полученных результатов с центром сопровождения бурения и представителем заказчика. Для согласования необходимы следующие данные: процентное соотношение цемент-порода в шламе, характер реактивного момента при подходе к забою, характеру принятия нагрузки мотором и увеличение дифференциального давления, отношение непрерывного наклона по отношению к материнскому стволу.



Рисунок № 15 – монометр



2.4. Мероприятия по недопущению попадания в материнский ствол при дальнейшем бурении, рекомендуется:

а) спуске инструмента в скважину необходимо контролировать меру спускаемого инструмента.

б) при прохождении, через интервал срезки, не ориентировано следует ограничить скорость спуска до м/мин, не допуская посадок и разгрузки инструмента.

в) при ориентированном прохождении, через интервал срезки, за 5-10 м до интервала срезки, остановить спуск и взять квадрат, дать циркуляцию, не допуская приближения долота к интервалу срезки ближе, чем на пять метров. Сориентировать угол перекоса в сторону выполненной срезки, отметить грань квадрата либо установить метку на теле бурильной трубы, для контроля положения отклонителя при прохождении через интервал срезки. Остановить циркуляцию. Контролируя положение отклонителя по метке, либо грани «квадрата» произвести спуск КНБК через интервал срезки, не допуская посадок и разгрузки инструмента.

г) Такую же процедуру следует производить если при неориентированном спуске отмечены посадки с разгрузкой инструмента. В случае получения посадок следует остановить спуск подняться на 5-10 м над интервалом срезки и выполнить описанную выше процедуру для ориентированного прохождения.

д) Если планируется перезапись интервала срезки, приборами каротажа, входящими в состав КНБК, в режиме реального времени, рекомендуется производить перезапись, снизу-вверх. Если перезапись невозможно произвести снизу-вверх, то при спуске инструмента в режиме записи каротажных данных, необходимо контролировать положение отклонителя, ориентируя в том же направлении, как и на срезке. При прохождении интервала зарезки нового ствола не

допускать посадок и разгрузки инструмента.

е) После успешного прохождения интервала продолжить спуск в нормальном режиме.

ж) При получении посадок в интервале срезки сообщить буровому мастеру и представителю заказчика о посадках. Дальнейшие работы вести по их указаниям.

3. Классификация технических и технологических решений для резки боковых стволов бесклиновым способом в необсаженных интервалах скважин

3.1. Оценка наиболее перспективных направлений исследования и применения существующих разработок

По результатам изучения темы, был проведен сбор данных о существующих направлениях совершенствования ЗБС. На основе собранных материалов, был составлен рейтинг направлений совершенствования в области повышения эффективности процесса резки бокового ствола необсаженной скважины бесклиновым способом. Критерием при изучении и отбора для составления рейтинга существующих разработок по направлениям, являлось наличие описания следующих факторов:

1. Сокращение времени процесса ЗБС;
2. Низкие экономические затраты на реализацию/окупаемость;
3. Опробированность: качественный и количественный результат на производстве;
4. Сложность исполнения и вероятность осложнения в процессе бурения;
5. Потенциал совершенствования разработки.

По результатам обзора литературы и бесклиновых технологий, применяемые производственными организациями, были выделены подходы к совершенствованию и повышению эффективности процесса ЗБС, с учетом вышеназванных факторов,

дана оценка потенциально перспективным направлениям исследования (приложение №1):

1. Изменение рецептуры тампонажного раствора – 13 баллов;
2. Совершенствование технологического процесса (режимы бурения) – 11 баллов;
3. Применение новых технических средств (отклоняющие устройства) – 9 баллов;
4. Совершенствование методов постановки цементного моста – 9 баллов;
5. Подготовка скважины к зарезке бокового ствола – 8 баллов;

3.2. Анализ положительных и отрицательных факторов существующих методик повышения эффективности ЗБС

Рассмотрим некоторые из подходов с позиции выявления положительных и отрицательных факторов, влияющих на оценку эффективности и целесообразности его применения.

На основе полученных результатов анализа различных методов направления совершенствования ЗБС по рейтингу из пункта 3.1. «Оценка наиболее перспективных направлений исследования и применения существующих разработок», были выбраны 3 первых по списку направления для выделения в них приоритетных разработок. По конкретным методам, устройствам и технологическим приёмам была составлена классификация с анализом положительных, отрицательных факторов а также рекомендации дальнейшего исследования по каждому из позиций таблицы (приложение №2).

5. Раздел «Финансовый менеджмент ресурсоэффективность и ресурсообеспеченность»

В рамках диссертационного исследования анализируется возможность совершенствования технологии зарезания бокового ствола в необсаженном интервале скважины бесклиновым способом. Узкая специализация выбранной темы исследования позволяет проводить экономические расчеты на типовую зарезку бокового ствола (далее ЗБС) скважины.

В данном разделе проводится расчет стоимости зарезки бокового ствола, по данным предоставленными компанией ООО «АЗИМУТ».

В таблице 4.1 представлены необходимые данные для расчета затрат на производство работ, а также представлены источники информации.

Таблица 4.1 – Данные для расчета величины экономического эффекта

Показатели	Ед.измер	Количество	Источник информации
1	2	3	4
Годовой объем добычи нефти	т.т.	45,6	*отчет предприятия
Среднесуточный дебит нефти: – до реализации мероприятия – после реализации мероприятия	т/сут т/сут	125 341	*Отчет предприятия
Продолжительность технологического эффекта	сут	517	
Цена реализации нефти (внутр.рынок)	руб./т	16746	*Отчет предприятия
Нормативное время на проведение ЗБС	час	540	Наряд-здание

Продолжение таблицы 4.1 – Данные для расчета величины экономического эффекта			
1	2	3	4
Часовая тарифная ставка			
– бурильщика VI разряда		97,6	
– машиниста подъемника V разряда	руб.	86,5	*Отчет предприятия
– помощника бурильщика V разряда		83,4	
Аренда спецтехники для ЗБС			
агрегат КВ-210	рубли/час	1780,5	
Трактор	рубли/час	713,8	
ЦА-320	рубли/час	1976,3	
гидроманипулятор	рубли/час	915,8	*Отчет предприятия
кран	рубли/час	1003,2	
трал	рубли/час	850,5	
геофизическая служба	рубли/час	3643	
автоцистерны	рубли/час	343,7	
трубовоз	рубли/час	764,6	
Себестоимость добычи 1т нефти до ЗБС	руб.	7150	*Отчет предприятия
В т.ч условно-переменные расходы	руб.	2125	
Налог на прибыль	%	20,0	Налоговый кодекс
Страховые взносы	%	30,0	-
Простои скважины в течении года	сут	15	*Отчет предприятия
Численность рабочих в бригаде бурения	чел	8	*Отчет предприятия
Премия	%	50	
Районный коэффициент	%	180	Трудовой кодекс
Северная надбавка			
Расстояние «база – скважина(куст скважин)»	км	70	*Отчет предприятия

Окончание Таблица 4.1 – Данные для расчета величины экономического эффекта			
1	2	3	4
Стоимость 1 часа доставки единицы спецтехники на куст скважин	руб	980	-
Время доставки спецтехники на куст скважин	час	2	-
*Примечание: исходные данные представлены по отчету ООО «АЗИМУТ».			

1. Затраты на аренду спецтехники (необходимого оборудования) и доставку оборудования на куст скважин.

Затраты на доставку оборудования на куст скважин рассчитываются в зависимости от количества определенного типа оборудования, времени доставки спецтехники на платформу (из отчета предприятия и расчетного времени пути от базы до куста скважин) и стоимости часа доставки оборудования на куст учитывается используемый вид транспорта.

Подробный расчет затрат на доставку спецтехники на куст скважин представлен в таблице 4.2 – затраты на доставку спецтехники на куст скважин.

Таблица 4.2 – Затраты на доставку спецтехники на куст скважин

Вид техники	Количество, шт	Время доставки на куст, час	Стоимость 1 часа доставки, руб	Сумма, руб.
агрегат КВ-210	1	4	1780,5	7122
трактор	1	4	713,8	2855,2
кран	1	4	1003,2	4012,8
ЦА-320	2	4	1976,3	15810,4
геофизич служба	1	4	3643	14572
гидроманипулятор	1	4	915,8	3663,2
трал	1	4	850,5	3402
автоцистерны	3	4	343,7	4124,4
трубовоз	1	4	764,6	3058,4
ИТОГО				58620,4

Для расчета расходов на аренду спецтехники для реализации мероприятия ЗБС, потребуется нормативное время проведения операции по наряду заданию, а также стоимость одного часа проката оборудования.

Затраты на аренду спецтехники рассчитываются по формуле 4.3 представлен в таблице 4.3.

$$Z_{\text{спец}} = V_p \cdot C, \quad (4.3)$$

где V_p – время пробега, часы;

C – стоимость 1 часа аренды спецтехники, руб.

Таблица 4.3 – Затраты на аренду спецтехники

Вид техники	Количество, шт	Нормативное время по наряду заданию, час	Стоимость 1 часа проката, руб	Сумма, руб.
агрегат КВ-210	1	540	1780,5	961470
трактор	1	96	713,8	68524,8
кран	1	96	1003,2	96307,2
ЦА-320	2	24	1976,3	94862,4
геофизич. служба	1	12	3643	43716
гидроманипулятор	1	24	915,8	21979,2
трал	1	12	850,5	10206
автоцистерны	3	24	343,7	24746,4
трубовоз	1	12	764,6	9175,2
ИТОГО				1330987,2

Все затраты на спецтехнику определяются суммированием затрат на аренду спецтехники и ее доставку на место проведения операции. Таким образом затраты на спецтехнику составят:

$$Z_{\text{спец}} = 58620,4 + 1330987,2 = 1389607,6 \text{ руб}; \quad (4.4)$$

2. Затраты на Материалы и реагенты. Расходы связанные с приобретением реагентов зависят от нормы расхода реагентов, а также же цены используемого реагента. Затраты на приобретение химических реагентов рассчитываются по формуле 4.5 и представлены в таблице 4.2 – химические реагенты и проппант для проведения ЗБС, необходимые данные для расчетов представлены в таблице 3.2 – Количество и расход компонентов на 1 скв. - операцию:

$$Z_{\text{реаг}} = N_p \cdot C_{\text{реаг}}, \quad (4.5)$$

где N_p – норма расхода реагента, т.;

$C_{\text{реаг}}$ – цена реагента с учетом ТЗР, без НДС, руб./т.

Для данного цикла бурения необходимо примерно 172,21 м³ бурового раствора.

Таблица 4.4 – Химические реагенты для ЗБС

Реагент	Концентрация реагента	Норма расхода на 1 скв.-операцию	Цена с учетом ТЗР, без НДС руб/ед	Сумма, руб
Гель	0,51 кг/м ³	3919,73 кг	3456	13546586,88
Полимер	20,02 кг/м ³	87,105 кг	2387	207919,635
Итого				13754506,52

3. Затраты на оплату труда.

Зарезка бокового ствола скважины проводится бригадой из 4 человек в составе бурильщика VI разряда, машиниста подъемника V разряда, помощника бурильщика IV разряда и второго помощника бурильщика IV разряда.

Расчет заработной платы для состава бригады представлен в таблице 4.5 с учетом тарифной ставки по каждому разряду, северного и районного коэффициентов.

Таблица 4.5 – Расчет заработной платы

Профессия	Разряд	Кол – во	Тарифная ставка, руб./час	Время проведения мероприятия, ч.	Тарифный фонд ЗП, руб.	Сев. И рай. Коэф. 180%+80%	Премия 50%	ЗП с учетом надбавок, руб	ЗП на общее кол-во рабочих
Бурильщик	6	2	97,6	270	26352	31622,4	21081,6	79056	158112
Машинист подъемника	44	2	86,5	270	23355	28026	18684	70065	280260
Помощник бурильщика	55	4	83,4	270	22518	27021,6	18014,4	67554	135108
Итого:									573480

Из расчетов следует, что общие затраты на выплату заработной платы рабочим составили 573480 руб.

4. Страховые взносы в государственные внебюджетные фонды: Пенсионный фонд, Фонд социального страхования, Фонд обязательного медицинского страхования и страхования от несчастных случаев на производстве.

Расчет страховых взносов из расчёта на 2 смены бурильщиков представлен в таблице 4.6.

Рассчитывая затраты на страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, выбираем класс III с тарифом 0,4 для предоставления услуг по добыче нефти и газа, а так же предоставления прочих услуг, связанных с добычей нефти и газа (код по ОКВЭД – 11.20.4).

Таблица 4.6 – Расчет страховых взносов при ЗБС

Показатель	Бурильщик	Машинист подъёмника	Помощник бурильщика	Помощник бурильщика
Кол-во работников	2	2	2	2
ЗП, руб	27342,6	24717,6	19665,4	19665,4
ФСС (2,9%)	792,9	716,8	570,3	570,3
ФОМС (5,1%)	1394,5	1260,6	1002,9	1002,9
ПФР (22%)	6015,4	5437,9	4326,4	4326,4
Страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний (0,4%)	109,4	98,9	78,7	78,7
Всего, руб.	8312,2	7514,2	5978,3	5978,3
Общая сумма, руб:	27782,9			

5. Накладные расходы, которые составляют 20% от прямых затрат. Для этого все прямые затраты сведены в таблицу 4.7 для более удобного рассмотрения и расчета.

Затраты на проведение мероприятия рассчитываются по формуле 4.6 и сводятся в таблицу 4.7:

$$Z_{\text{мер}} = Z_{\text{реаг}} + Z_{\text{зп}} + Z_{\text{соц}} + Z_{\text{спец}}, \quad (4.6)$$

где $Z_{\text{реаг}}$ – затраты на закупку химических реагентов, руб.;

$Z_{\text{зп}}$ – затраты на заработную плату промышленно-производственного персонала, руб.;

$Z_{\text{соц}}$ – затраты на страховые взносы, руб.;

$Z_{\text{спец}}$ – затраты на пробег спецтехники от базы до скважины и обратно, руб.;

Таблица 4.7 – Затраты на проведение ЗБС

Статьи затрат	Сумма, руб
Аренда и доставка спецтехники	1'389'607,6
Материалы	13'754'506,52
Заработная плата	182'782,0
Страховые взносы	27782,9
Итого	15'745'377,02
Накладные расходы 20%	3'149'075,403
Общая сумма:	18'894'452,42

Вывод:

В результате расчетов были получены данные о стоимости проведения основных мероприятий по зарезки бокового ствола скважины.

Затраты на спецтехнику составили: 1'389'607,6 рублей; общие затраты на выплату заработной платы рабочим составили: 573480 рублей; страховые взносы в государственные внебюджетные фонды: 27782,9 рублей; расходы связанные с приобретением реагентов: 13754506,52 рублей. При условии аренды спецтехники и другого оборудования, основная часть затрат приходится на расходные материалы.

Среднесуточный дебит увеличился на 42% - с 125 т/сут до 294 т/сут.

Заключение

По результатам данного исследования, были сформулированы рекомендации по комплексным поэтапным мерам повышения эффективности процесса ЗБС, а также согласно поставленной в начале исследования задачи разработки рекомендаций по повышению надежности и прочностных характеристик цементного камня.

1. Планировать срезку на снижение зенитного угла;
2. При бурении пилотного ствола в точке планируемой срезки бурить в противоположном направлении от планируемого на срезку;
3. Интервал срезки должен находиться в наиболее легко бурящихся либо переслаивающихся породах;
4. При сборке мотора обратить внимание на осевой и радиальный люфт, проверить угол перекоса на ВЗД;
5. Перед началом работ обговорить с представителями клиента процесс отбора шлама;
6. Долото для срезки должно иметь агрессивную режущую структуру по периферии и короткое калибрующее плечо, иметь предполагаемый ресурс на чистое бурение не менее 24ч;
7. Угол перекоса для срезки выбирается не менее чем 1.5 градуса;
8. Ресурс спускаемого на срезку оборудования такого как: ВЗД, телеметрия, батареи; должен обеспечить возможность работы не менее чем 72 часа.

Выявленные факторы, ухудшающие качество и успешность срезки:

1. Ствол скважины осложнён и не позволяет нахождение инструмента без движения.
2. Использование в компоновке полноразмерных наддолотных калибраторов.

3. Использование долот, PDC и бицентрические, не предназначенных для срезки.

4. Использование в компоновке арка (без модуля замера инклинометрии), а также дополнительных элементов КНБК, применение которых увеличивает расстояние от долота.

5. Планировать срезку на увеличение зенитного угла необходимо только в случае жесткой необходимости.

6. Срезка в плотных породах.

7. Плохое состояние цементного моста.

8. Отсутствие станции «газокаратожа» и невозможность точного определения процентного содержания породы в шламе.

Рекомендации по увеличению успешности зарезки:

1. По возможности минимизировать расстояние от точки замера до долота;

2. Использовать для срезки высокооборотные ВЗД, с максимально возможным углом перекоса;

3. Тщательно подходить к этапу планирования срезки, основываясь на геологической информации, а также исходя из планируемого профиля скважины.

4. В случае отсутствия свободного хождения бурового инструмента в процессе ЗБС, необходимо настоять на увеличении процентного содержания смазки бурового раствора. Составить акт контрольного замера бурового раствора. Оповестить регионального руководителя.

5. Привод бурового станка должен позволять производить плавную без рывков подачу долота на забой, в случае с буровыми станками с

автоматически задаваемой скоростью проходки необходимо, заранее, проверить соответствие задаваемой и фактической скоростью проходки;

6. Состояние ствола скважины должно позволять находиться инструменту без движения минимум 5-10 мин, для исключения возможности прихвата в процессе срезки.

7. При бурении снимать замеры каждые 2 метра. В процессе срезки производить отбор выбуренного шлама на виброситах с интервалом в 1 метр, чтобы точно определить момент полного выхода долота в породу.

Выводы и рекомендации по разделу цементного моста:

При установке цементных мостов для забуривания новых стволов или при перебуривании их рекомендуется применять составы, имеющие укороченные сроки начала структурообразования.

1) При планировании работ целесообразно заранее определять временной коридор ведения процесса забуривания нового ствола. С учетом возможных осложнений, из-за наличия в интервале забуривания кавернозных интервалов или водоносных пластов, насыщенных сероводородом, при установке моста необходимы введение специальных добавок в цементный раствор и увеличение периода ОЗЦ.

2) Перед началом работ по зарезке необходимо убедиться в качестве цементного моста – разгрузкой инструмента на забой без циркуляции. Инструмент должен разгружаться на забой без провалов, с получением разгрузки на повторных попытках в одной точке. Необходимо опробовать цементный мост с циркуляцией, попробовать подбурить голову цементного моста, бурение должно вестись с постоянной нагрузкой без резких провалов. При плохом состоянии цементного моста, когда достигнута запланированная точка срезки, но нет разгрузки, «инструмент плывёт» при нащупывании без циркуляции, либо идут провалы компоновки при подбуривании, свидетельствующие о неоднородности цементного камня. Возможность и

целесообразность дальнейших работ по срезке согласовывается совместно с центром сопровождения бурения и представителями заказчика.

3) При встрече цементного моста выше запланированной точки срезки:

4.1. Все работы согласуются с центром сопровождения бурения

4.2. Определяется глубина выше которой срезка нежелательна – и данный интервал проходится в роторном режиме.

4.3. В интервале, где становится возможным срезка, компоновка выставляется установки ToolFace (направление инструмента) в сторону запланированной срезки и производится подбуривание цементного моста на заниженном режиме, со скоростью меньшей чем при бурении данного интервала в материнском стволе.

4.4. Во время подбуривания цементного моста необходимо контролировать процентное содержание цемент-порода в выбуренном шламе.

4.5. При выборе любого метода подбуривания цементного ствола необходимо контролировать положение нового ствола скважины относительно материнского по показаниям инклинометрии с последующим взятием замеров, для принятия своевременных мер в случае срезки.

5. Встреча головы цементного моста ниже точки срезки.

5.1. При встрече цементного моста на глубине ниже чем, запланированная, необходимо в первую очередь просчитать возможность дальнейшего бурения в случае срезки, оценить возможную и требуемую интенсивности, а также достижимость попадания в планируемые цели бурения.

5.2. С ЦСБ обговорить дальнейшие действия для продолжения работ.

5.3. случае если срезка с данной глубины не возможна, предоставить материалы заказчику с предложением об установке дополнительного цементного моста.

Список литературы

1. РД 39—0148052—550—88. Инструкция по забуриванию дополнительного ствола из обсаженной эксплуатационной скважины. —М.: ВНИИБТ, 1986.

2. Инструкция по безопасности производства работ при восстановлении бездействующих нефтегазовых скважин методом строительства дополнительного наклонно направленного или горизонтального ствола скважины. — М.: ФГУП Изд-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им.

ИМ. Губкина, 2003.

3. Безумов В. В. Совершенствование технологии забуривания вторых стволов турбинным способом: Дис... канд. техн. наук. —М.: ВНИИБТ, 1986.

4. Оганов А.С., Повалихин А.С. Программное обеспечение технологического процесса строительства горизонтальных и наклонных скважин //НТЖ. Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. — М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 1994. —Ns 3.

5. Чернышов С.Е. Особенности технологии бурения наклонно-направленных скважин с условно горизонтальным участком на территории Верхнекамского месторождения калийных солей /С.Е. Чернышов //Проблемы геологии и освоения недр: труды XI международного симпозиума им. академика М.А. Усова студентов и молодых ученых. - Томск, 2007. - С. 451-452.

6. Чернышов С.Е. Обоснование профиля дополнительного ствола скважины при строительстве в осложнённых условиях /С.Е. Чернышов, Т.Н. Крапивина, Н.И. Крысин //Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений - М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2008., - Л« 8. - С. 45-48.

7. Чернышов С.Е. Совершенствование технологии вскрытия

продуктивных пластов на депрессии /Т.Н. Крапивина, Н.И. Крысин, Т.И. Соболева, С.Е. Чернышов, А.П. Предеин //Научные исследования и инновации: научный журнал 2008. Т.2, № 4. - С. 89-92.

8. Чернышов С.Е. Разработка и совершенствование технологии строительства дополнительных стволов из ранее пробуренных скважин /С.Е. Чернышов, Т.Н. Крапивина //Проблемы геологии и освоения недр: труды XII международного симпозиума им. академика М.А. Усова студентов и молодых ученых. - Томск, 2008. - С. 524-525.

9. Профили направленных скважин и компоновки низа бурильных колонн /Калинин А.Г., Солодкий К.М., Никитин Б.А., Повалихин А.С. — М.: Недра, 19.

10. Курочкин Б.М. Особенности забуривания вторых стволов с цементного моста // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море, 2009. – № 12. – С. 27–29.

11. Нескоромных В.В., Елисеев А.Д., Гринчук А.В., Надеяев А.А. Совершенствования технологии забуривания дополнительных стволов скважин в твердых и очень твердых горных породах отклонителями непрерывного действия // Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле РАЕН. – Иркутск: Изд-во ИГТУ, 2009. - № 1 (34). С. 154 – 159.

12. Повалихин А.С. Вопросы забуривания бокового ствола скважины с цементного моста забойным двигателем-отклонителем // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море, 2007. – № 10. – С. 8 – 10.

13. Тряпичкин М.А. Технологические приемы забуривания дополнительных направлений с искусственных забоев в необсаженных стволах скважин // Проблемы геологии и освоения недр: Труды XIX Международного симпозиума студ., аспирантов и молодых ученых. – Томск, 2015. – Т.2. – С. 372 – 374.

14. Фикрет, Сеид-Рза оглы. Разработка технологии с целью повышения эффективности зарезки новых стволов на больших глубинах:

дис.канд. техн. наук. Баку: Азербайджанский институт нефти и химии, 1984.
– 157 с.

15. Нескоромных, В.В. Методы и технические средства бесклинового забуривания дополнительных стволов скважин с искусственных забоев/ В.В. Нескоромных - М.: МГП «Геоинформмарк», 1993. – 55 с.

16. Морозов Ю.Т., Зарипов Р.Р. «Устройство для искривления скважины» [электронный ресурс] режим доступа - <http://www.findpatent.ru/patent/244/2444604.html> . - от 21.05.2017 г.

17. Зейналоб Ф.Ю. Особенности резки второго ствола. - Газовая промышленность, 1981, Ш 2, с.48-49.

18. Изучение механических свойств тампонажного калша и горных пород при установке мостов / М.Н.Махмудов, А.И.Булатов, А.А.Абрамов и др. - Изв.вузов. Нефть и газ, 1970, 6, с.29-32.

19. Инструкция по бурению наклонно-направленных скважин: РД 39-2-810-83 / М-во нефт.пром.: БНИЙБТ. - М.: 1983. 152 с.

20. Интенсивность искривления скважин при использовании турбинных отклонителей / Т.Н.Бикчурин, Ф.А.Козлов, М.Т.Гусман и др. - Нефтяное хозяйство, 1977, № 8, с. 15-16.

21. Исследование влияния неравномерности искривления ствола на величину отклоняющей силы в процессе резки наклонной скважины / Л.Я. Сушон, Т.Г. Аргентовская, А.А. Арутюнов и др. - Сб. науч.тр. Сибир.науч.-исследовательский институт нефти промышленности, 1976, вып.4, с.12-18.

22. Забуривание второго ствола скважины в крепких породах до глубины 4700 м / Е.-М.Левин, Б.В.Петров, А.Я.Кучеренко и др. - Бурение. РНТС, 1971, № 7, с.14-17.

Приложение №1 – таблица оценки перспектив исследования различных направлений по повышению эффективности зарезки боковых стволов

Название направлений совершенствования процесса ЗБС	Сокращение времени процесса ЗБС			Низкие экономические затраты на реализацию/окупаемость			Доступность испытаний: качественный и количественный результат на производстве			Низкая вероятность осложнения и аварии при реализации и в процессе бурения			Потенциал совершенствования разработки			Итоговый результат
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Совершенствование технологического процесса (режимы бурения)		+				+			+	+				+		11
Подготовка скважины к зарезке бокового ствола	+				+		+					+	+			8
Изменение рецептуры тампонажного раствора		+			+				+			+			+	13
Совершенствование методов постановки цементного моста		+		+				+			+			+		9
Применение новых технических разработок (отклоняющие устройства)			+	+			+			+					+	9

Приложение №2 – Сводная таблица анализа положительных и отрицательных факторов существующих методик повышения эффективности ЗБС

Название направлений совершенствования процесса ЗБС	Изученные в рамках исследования методы, технологические приёмы, компоненты и устройства по повышению эффективности ЗБС бесклиновым способом в необсаженном интервале скважины	Положительные и отрицательные факторы предлагаемых методик усовершенствования и рекомендации к ним
<p>Изменение рецептуры тампонажного раствора</p>	<p>1. Название: эпоксидные композиции из смол с различными отвердителями для водной среды. Суть усовершенствования: На сегодняшний день при забурировании дополнительных стволов скважин с искусственных забоев применяются портландцементы, а также их аналоги. Однако прочность получаемого искусственного забоя будет соответствовать II—III категории пород по буримости, что будет вызывать дополнительные затраты на формирование уступа в стенке скважины при зарезке в довольно прочных горных породах.</p> <p>2. Название: добавление тиксотропиков: 3% компоненты «ВНП» и «сломель»; Суть усовершенствования: При вводе (2... 4 %) в цементный раствор, прочность цементного камня повышается с 34 до 54 кг/см². При этом растекаемость у раствора практически не меняется. Сломель — однородный порошок — отход при изготовлении слоистого пластика. Размер частиц 0...25 мм. Частицы пропитаны формальдегидными смолами. Добавка к цементу 3 % обеспечивает повышение прочности цементного камня на 30...40%. Составы получили общее название «тиксотропики».</p> <p>3. Название: кальцинированную соду и двуокись марганца Суть усовершенствования: сложность получения качественного моста, если в интервале его установки отмечаются сероводородные водопроявления, так как цементный раствор, несмотря на содержание в нем ускорителей схватывания, резко снижает скорость процесса структурообразования.</p>	<p>1. Преимущества: повышение твердости цементного камня Недостатки: процесс приготовления и доставки в скважину, особенно на значительную глубину является сложным, трудоемким, требующим высокой квалификации исполнителей, и поэтому сопровождающийся нестабильными результатами. Рекомендации: по результатам лабораторных исследований, применение указанных материалов позволяет повысить прочностные характеристики искусственных забоев более чем в 10 раз в сравнении с высокопрочными цементами.</p> <p>2. Преимущества: имеют короткие сроки начала структурообразования при остановке прокачивания. При возобновлении нагнетания цементный раствор снова приобретает первоначальную подвижность. Эта способность сохраняется у них при неоднократных остановках; имеют при отверждении прочность на 30 % больше, чем эти же растворы без добавок; за счет короткого времени начала структурообразования цементный мост этих составов менее подвержен размыву перетоками пластовых вод. Недостатки: в ходе исследования данных не выявлено; Рекомендации: применение компонентов в случае, если отмечается высокое содержание сероводорода и водопроявления;</p> <p>3. Преимущества: обеспечивают устойчивые связи в тиксотропном составе; состав приобретает сравнительно короткие сроки структурообразования при остановке прокачки цементного раствора и способность противодействовать сероводородной агрессии благодаря нейтрализующему действию двуокиси марганца. Недостатки: в ходе исследования данных не выявлено; Рекомендации: применение компонентов в случае, если отмечается высокое содержание сероводорода и водопроявления;</p>

Приложение №2 – Сводная таблица анализа положительных и отрицательных факторов существующих методик повышения эффективности ЗБС

<p>Совершенствование технологического процесса (режимы бурения)</p>	<p>1. Название: достижение равенства энергоемкостей разрушения искусственного забоя и горной породы. Суть усовершенствования: Учитывая тот факт, что скорость разрушения горных пород обратно пропорциональна энергоемкости их разрушения, то можно утверждать, что для успешного забуривания бокового ствола необходимо стремиться к равенству энергоемкостей разрушения искусственного забоя и горных пород, слагающих стенки скважины. В данном случае процесс зарезания будет происходить в изотропной среде, и он будет мало чем отличаться от бурения с естественного забоя.</p> <p>2. Название: Нарботка желоба «снизу-вверх» Суть усовершенствования: создание направления под срезку с цементного моста, это планомерный процесс формирования искусственной горной выработки внутри существующей скважины в течении длительного времени, с целью получения желоба необходимой формы для устойчивого направления при зарезки бокового ствола с цементного моста. Особенность данного способа формирования желоба является направление его создания – от вершины цементного моста и вверх с шагом около 4 метра до разницы примерно в 10 метров от искусственного забоя цементного моста.</p> <p>3. Название: бурения дополнительного ствола с уступа расширенного участка Суть усовершенствования: непосредственно технологии зарезания ствола. А именно, бурение осуществляется непосредственно с уступа расширенного участка и существенно сокращает время на спускоподъёмные операции.</p>	<p>1. Преимущества: Одним из вариантов таких забоев может служить деревянная пробка-забой; Наличие в интервале забуривания прочной пробки из искусственного материала, надежно закрепленного и при необходимости легко разбуриваемого позволит существенно повысить успешность зарезания нового направления ствола скважины. Недостатки: отсутствие данных об успешных испытаниях данного метода. Рекомендации: Изучить опыт производственных организаций и в случаи подобного применения внести данную методику и в направление дальнейшего исследования по данной теме.</p> <p>2. Преимущества: Высокая эффективность попадания в заданный азимутальный угол; значительное снижение вероятности осложнений и аварий; повышение качества формирования бокового ствола; Недостатки: высокие временные затраты по сравнению с технологией без наработки полноразмерного желоба; Рекомендации: изменение временных интервалов, периодов остановок и шага для оптимизации процесса по времени;</p> <p>3. Преимущества: снижение времени на спускоподъёмные операции за счет уменьшения количества самих СПО; отсутствие цементного моста; Недостатки: для формирования бицентричным долотом расширенного участка со стабильным диаметром в пробуренном стволе скважины, необходимо создать осевую нагрузку на его пилотную часть, поэтому срезка наклонного уступа и создание надежно контролируемого расширенного забоя за интервалом зарезки дополнительного ствола могут вызвать дополнительные трудности или затраты времени на проведение этих работ. Высокая вероятность сваливания в материнский ствол скважины. Рекомендации: совмещение данной технологии с режимом бурение «наработка желоба снизу-вверх» для формирования надёжного направления будущего БС.</p>
---	--	---

Приложение №2 – Сводная таблица анализа положительных и отрицательных факторов существующих методик повышения эффективности ЗБС

	<p>4. Название: Time drilling Суть усовершенствования: Срезка в режиме бурения ограниченного по времени и скорости выполняется за счёт бурения с минимально-заданной скоростью проходки, с постепенным увеличением скорости по мере зарезки в новый ствол; применяется при планируемой срезке с набором зенитного угла или срезке в твёрдых породах.</p>	<p>4. Преимущества: Данный вид позволяет производить срезку в любом направлении, включая выполнение срезки с ростом зенитного угла. Недостатки: Метод требует больше времени, чем при срезке с наработкой желоба. Метод требует качественного состояния цементного моста и ствола скважины. Рекомендации: эксперименты с изменением параметров режима бурения с целью оптимизации времени на проведение работ.</p>
<p>Применение новых технических разработок (отклоняющие устройства)</p>	<p>1. Название: Устройство повышения эффективности отклонителя Суть усовершенствования: В основу изобретения положена задача разработать регулируемое отклоняющее устройство, конструкция которого обеспечивала бы плавный и регулируемый набор кривизны при сохранении преимущества прямолинейности компоновки при спуско-подъёмных операциях; с целью повышения точности направленного бурения, отклоняющий элемент выполнен выдвижным в радиальном направлении и подпружинен относительно корпуса, причем отклоняющие элементы снабжены узлами их фиксации в рабочем положении. Каждый из узлов фиксации отклоняющих элементов выполнен в виде установленной с возможностью вращения на валу забойного двигателя подпружиненной втулки с кулачком для взаимодействия с отклоняющим элементом и жестко связанной с ней турбиной.</p> <p>2. Название: бурение с применением вращающегося корпуса и селективно отклоняющегося приводного вала Суть усовершенствования: Согласно документам настоящего изобретения, описаны системы и способы управления направлением движения бурильной компоновки в стволе скважины. Один пример системы содержит корпус и отклоняющийся приводной вал, соединенный с буровым долотом и по меньшей мере частично установленный в корпусе. Приводной вал можно выполнить отклоняющимся, если продольная ось приводного вала выполнена с возможностью отклонения от продольной оси компоновки управления направлением движения. Угол отклонения отклоняющегося приводного вала может соответствовать углу бурения бурильной компоновки. Система может также включать в себя двигатель, соединенный с корпусом, который, когда приведен в действие, независимо вращает корпус относительно бурильной колонны.</p>	<p>1. Преимущества: обеспечение увеличенного плавного и регулируемого набора кривизны в проектном диапазоне, большой и стабильной интенсивности искривления i, а также точности проведения ствола согласно рассчитанному оптимальному профилю скважины набора кривизны на заданном интервале ствола при сохранении преимущества прямолинейности компоновки при ее спуске и подъеме. Недостатки: устройство конструктивно сложное и не обеспечивает возможность регулирования угла отклонения. Рекомендации: изменение конструкции по средствам перерасчета отдельных элементов и создание более упрощенной конфигурации прибора; снижение рисков связанных с разрушением техники эксплуатации устройства;</p> <p>2. Преимущества: Угол отклонения отклоняющегося приводного вала может соответствовать углу бурения бурильной компоновки. Система может также включать в себя двигатель, соединенный с корпусом, который, когда приведен в действие, независимо вращает корпус относительно бурильной колонны; многовариантность исполнения устройства; широкий диапазон применения в скважинах различной конфигурации; Недостатки: данные механизмы, входящие в контакт, могут создавать проблемы, в частности, когда должны проходить через важные механические устройства, например, противовыбросовые превенторы, которые могут являться важными для обеспечения безопасности во время операций бурения; сложность конструкции; высокая вероятность преждевременного износа деталей;</p>

