

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 технологических процессов шароструйного бурения наклонно-направленных скважин»

УДК 622.243.23:622.243.43

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ5Д	Федоров-Тянь Евдоким Николаевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Ковалев Артем Владимирович	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
бурение скважин	Ковалев Артем Владимирович	к.т.н.		

Томск – 2017 г.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность. В практике бурения скважин прослеживаются возрастания объема бурения водозаборных, геотермальных, геологоразведочных и др. скважин в твердых горных породах. В таких породах бурение характеризуется низкой механической скоростью бурения и проходимостью на долото. Повышать эффективность бурения в очень твердых горных породах можно реализовать за счет разработки новых материалов и новых конструктивных решений для породоразрушающего инструмента, разрушающего горную породу механическим способом. Хотя и проводятся постоянные модернизации породоразрушающего инструмента, бурение механическими способами в очень твердых породах остается недостаточно эффективным.

Шароструйный способ бурения скважин, показал высокую эффективность при бурении твердых горных пород по сравнению с механическим вращательным бурением. Однако, бурение наклонно-направленных скважин данным способом не было исследовано в должной мере.

Шароструйное бурение скважин позволяет разрушать горные породы с помощью ударов шаров на высокой скорости, безостановочно циркулируя в призабойной зоне скважины, позволяет решить ряд технических и технологических проблем.

Цель работы.

Целью работы является проведение исследования влияния зенитного угла скважины на эффективность шароструйного бурения.

Предметом данного исследования являются технологические процессы шароструйного бурения.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 58 с., 14 рис., 8 табл., 28 литературных источников.

Ключевые слова: шароструйное бурение, шароструйно-эжекторный буровой снаряд, наклонно-направленное бурение.

Объектом исследования является (ются) шароструйное бурение скважин.

Цель работы – провести исследование влияния зенитного угла скважины на эффективность шароструйного бурения.

В процессе исследования проводились исследования литературного обзора по плану: история развития шароструйного бурения скважин, технические средства для наклонно-направленного бурения скважин традиционными способами, опыт бурения наклонных скважин шароструйным способом. Разработка методики проведения экспериментальных исследований и статистической обработки данных. Экспериментальные исследования влияния зенитного угла скважины на эффективность шароструйного бурения скважин. Качественная и количественная оценка влияния данного фактора на эффективность шароструйного бурения скважин.

В результате исследования была разработана методика проведения экспериментальных исследований влияния зенитного угла скважины на эффективность шароструйного бурения скважин.

В будущем планируется продолжение исследовательских и опытно-конструкторских работ.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. Литературный обзор.....	4
1.1.Процесс отклонения скважины с помощью шароструйного аппарата...4	
1.2.Компоновки низа бурильной колонны при бурении интервалов увеличения зенитного угла скважины	5
1.3.Средства ориентации отклоняющих устройств.....	7
2. Методика проведения экспериментальных исследований.....	11
2.1.Методика статистической обработки результатов исследований.....	12
2.2.Методика определения параметров струйных аппаратов.....	13
2.3.Методика проведения экспериментов при бурении с расхаживанием бурового снаряда.....	15
2.4.Методика экспериментальных исследований при забурке скважины с образованием криволинейного забоя.....	16
3. Исследования влияния зенитного угла скважины на эффективность шароструйного бурения скважин.....	17
4. Качественная и количественная оценка влияния данного фактора на эффективность шароструйного бурения.....	21
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
5.1.Проведение анализа безубыточности инженерного проекта.....	21
5.2.Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	22
5.3.Оценка эффективности инженерных решений.....	24
5.4.Составление бюджета разработки и внедрения инженерных решений.....	26
6. Социальная ответственность.....	31
6.1.Производственная безопасность	31
6.1.1. Анализ вредных производственных факторов и обоснованиемероприятий по их устранению.....	31
6.2.Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению.....	36
6.3.Экологическая безопасность.....	38
6.4.Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	41
6.5.Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	43
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	46
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	47

Приложение А.....	51
-------------------	----

ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

Способ разрушения горных пород ударами шаров был предложен в 1955 г. группой ученых американской нефтяной компании «Картер Ойл К°». С помощью струйного насоса они проводили разрушение горных пород ударами быстродвижущихся шаров.

В результате проведенных лабораторных исследований при бурении известняка ими была достигнута скорость проходки 6,8 м/ч. И на основе этих исследований были сконструированы два шариковых бура диаметром 228,7 мм для бурения скважин.

В ходе промышленных испытаний было пробурено 16,2 м в мраморе, известняке и розовом кварците с применением в качестве промывочной жидкости воды. При бурении оклахомского мрамора (мягкая порода) средний диаметр скважины равнялся 270 мм, а средняя скорость проходки составила 2,29 м/ч. По вирджинскому известняку (порода средней крепости) была получена средняя механическая скорость 1,22 м/ч при диаметре скважины 251 мм. Средняя механическая скорость бурения розового кварцита (твердая порода) составила 0,15 м/ч, а диаметр скважины - 246 мм. При бурении мрамора и известняка стальные шары практически не изнашивались, при бурении же кварцита за 3,5 часа вес порции в 63,5 кг уменьшился на 1,13 кг. Износ поверхностей камеры смешения и других деталей аппарата был несущественен.

В результате проведенных теоретических и экспериментальных работ было сделано заключение о возможности «производить разрушение горных пород с заметной скоростью, что показывает реальность принципов бурения ударами шаров. Дальнейшие работы могут быть сделаны для полного определения их перспективности в условиях производства».

Однако через пять лет (в 1961 г.) один из участников этих исследований Л.У. Леджервуд отметил, что импульсное шариковое бурение с экономической точки зрения менее выгодно, чем вращательное, и что такой способ не имеет практического применения.

Несмотря на приведенные заключения, с 1963 г. руководитель А.Б. Уваков, анализируя результаты американских ученых, указал на их не совсем объективные выводы и в Южно-Казахстанском геологическом управлении начались дальнейшие исследования данного способа бурения, называемого шароструйным.

В результате проведенных исследований, подробно описанных в работах, были выявлены основные аналитические зависимости, характеризующие процесс разрушения горных пород ударами шаров,

разработана методика расчета процессов шароструйного бурения, проведены лабораторные и полевые испытания, рассчитана экономическая эффективность данного способа. Экспериментально установлено, что в оптимальном режиме работы шароструйных аппаратов механическая скорость бурения возрастает с увеличением крепости горных пород и может быть равной 20 м/ч в крепких и очень крепких породах. Причем большой износ снаряда можно исключить за счет создания оптимальной скорости вылета шаров, при которой отсутствуют отскоки шаров от забоя.

В диссертации казахского ученого Заурбекова С.А. 1995 г. [8] были определены рациональные параметры процессов разрушения при шароструйном бурении, на основании чего разработана новая конструкция шароструйного снаряда ШСМ-216. Промышленные испытания показали превышение механической скорости на 20% и проходки на долото на 43% по сравнению с серийными долотами.

Полученные результаты вызвали активный интерес исследователей и производителей. Разработанный Уваковым А.Б. и Штрассером В.В. шароструйный снаряд для бурения скважин [9] подвергался дальнейшему совершенствованию. Дербенев Л.С. и др. разработали снаряд для эрозионного бурения [10], снабженный средством для определения расстояния от его среза до забоя скважины, связанным с механизмом подачи насадки. А.В. Дугарцыреновым и др. заявлена конструкция шароструйного снаряда [11], в котором сопловая насадка и разгонная камера соединены шарнирно-поворотной, что обеспечивает требуемый диаметр скважины по всей глубине. Зубкова Т.Н. разработала две конструкции шароструйного снаряда.

В XXI веке интерес специалистов к шароструйному бурению заметно снизился. В публикуемых работах чаще рассматриваются проблемы конструирования при исследовании комбинированных способов разрушения горных пород. Так шароструйное бурение заинтересовало украинских исследователей [19–21], которые разработали гидродинамический снаряд, в основе которого лежит комбинация шароструйного и дробового бурения. Однако информации о проведении дальнейших исследований в работах не было представлено.

Бурение наклонно-направленных скважин шароструйным способом уже осуществлялось ранее в Саякской геологоразведочной партии.

Из ствола ранее пробуренной скважине 270 в интервале 150 м необходимо было пробурить второй ствол для подсечения рудного тела на глубине 240 м. Проектная интенсивность искривления в сторону увеличения зенитного угла составляла 1 градус на каждые 2 м проходки.

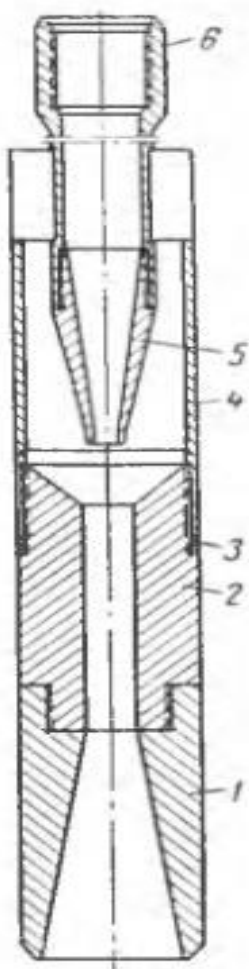


Рисунок 1.1.
Шароструйный аппарат
ША –1 состоит из:
1 – диффузор; 2 – камера
смешения; 3 – кольцо
регулировки; 4 – корпус
камеры разрежения; 5 –
рабочее сопло; 6 –
патрубок

На глубине 150 м ствол скважины 270 был перекрыт распорной металлической пробкой – клином – по общеизвестному методу, разработанному в Восточно - Казахстанском геологическом управлении. Отбуривание и дальнейшее бурение второго ствола были произведены шароструйным способом.

Для бурения второго ствола использовали шароструйные аппараты ША-1 наружным диаметром 90 мм и стальные шары диаметром 9 - 12 мм. В качестве промывочной жидкости применяли воду.

Шароструйный аппарат ША-1 (рис. 1.1.) состоит из камеры смешения 2, диффузора 1, корпуса камеры разрежения 4, рабочего сопла 5, патрубка 6. К камере смешения 2 снизу на резьбе крепится диффузор, а сверху - корпус камеры разрежения 4. Патрубок 6 устанавливается внутри корпуса камеры разрежения с помощью трех пластин на сварке. Сопло 5 ввинчивается в нижний конец патрубка. Расстояние между выходным сечением сопла и входным сечением камеры смешения регулируется кольцами 3.

Шароструйный аппарат соединяется с колонных бурильных труб патрубком 6. Необходимая интенсивность искривления достигалась подбором кривой трубы с определенным углом изгиба.

1.1. Процесс отклонения скважины с помощью шароструйного аппарата

Процесс отклонения скважины с помощью шароструйного аппарата проводилось следующим образом:

1. Чистка скважины от дробы и шлама, разрушение остатков керна;
2. Сборка снаряда для направленного бурения, установление отклоняющего инструмента на требуемый угол и проверка работы клинометра;
3. Доставка на забой порции стальных шаров;

4. Спуск шароструйного аппарата в скважину;
5. Ориентирование снаряда;
6. Бурение;
7. Подъем снаряда;
8. Извлечение шаров (по необходимости);
9. Замер искривления.

Чистка скважины от шлама, остатков дробы и керна необходима во избежание возможного заклинивания стальных шаров в камере смешения шароструйного аппарата.

Снаряд направленного бурения собирается на поверхности. Шароструйный аппарат с кривой трубой ориентируется в заданном направлении прибором ЭК-1, затем проверяется надежность работы последнего.

Шары на забой доставляют следующим образом. Если скважина ранее бурилась без каких-либо осложнений и имеет ствол более или менее выдержанного сечения, т.е. нет каверн и стационарных клиньев, то стальные шары на забой можно доставить в специальном бумажном пакете. Бумажный пакет желательно делать без углов, круглой формы, размером не более $2/3$ диаметра скважины. При большом количестве шаров их необходимо разделить и упаковать в отдельные бумажные пакеты. Пакеты с шарами бросают в скважину с небольшим интервалом 1- 2 мин.

При включении шароструйного аппарата струей жидкости, выходящей из диффузора, бумажный пакет размывается и частями выносится на поверхность. Если по каким-либо причинам доставка шаров в пакетах, бросаемых в скважину, затруднена, то пользуются специальным контейнером. Контейнер для доставки шаров на забой скважины представляет собой колонковую трубу, нижняя часть которой имеет сужение по всему периметру. Нижняя часть контейнера забивается плотной размягченной глиной. Затем в контейнер загружают необходимое

количество (по весу) стальных шаров и с помощью бурильных труб спускают на забой. Не доходя до забоя 0,4—0,5 м, спуск колонны прекращают, включают насос и под давлением жидкости шары выдавливаются из контейнера.

1.2. Компоновки низа бурильной колонны при бурении интервалов увеличения зенитного угла скважины угла

Для увеличения зенитного угла скважин применялся шароструйный отклонитель состоящий из аппарата 1, кривой трубы 2, центратора 3, клинометра 4. В качестве центраторов использовались колонковая труба диаметром 108 мм, длиной 1 - 1,5 м и корпус клинометра 4 того же размера, соединенные между собой короткой бурильной трубой диаметром 50 мм. Угол изгиба кривой трубы подбирался, исходя из необходимой интенсивности искривления скважины.

Увеличение зенитного угла шароструйным отклонителем производилось за два цикла в определенных интервалах. В цикл искривления скважин с использованием шароструйного отклонителя включается процесс собственно шароструйного искривления с последующим отбуриванием 8 – 10 м обычным снарядом.

Шароструйными аппаратами бурили со скоростью 0,3 - 0,45 м/ч, которая находится в пределах скоростей бурения дробью пород Чатыркульского месторождения. Для бурения использовались шароструйные аппараты ША-6 диаметром 80 мм, стальные шары диаметром 15 мм. Производительность насоса составила 250 - 300 л/мин.

Шароструйный аппарат 1 с помощью кривой трубы 2 перекашивался относительно оси скважины в сторону уменьшения зенитного угла на угол γ . С помощью ребер на муфтах 3 создавалась такая установка отклонителя, что между лежащей стенкой скважины и краем аппарата оставался зазор, равный

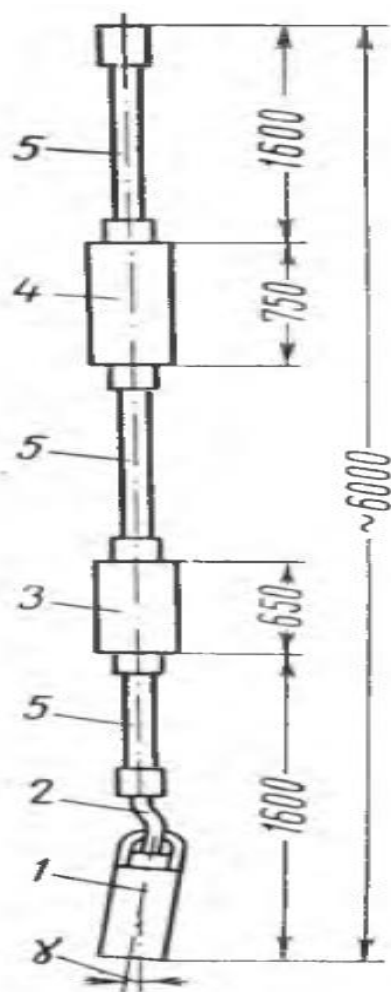


Рисунок 1.2. компоновка низа
бурильной колонны с
применением кривой трубы:
1-Шароструйный аппарат; 2-
Кривая труба; 3-Труба
диаметром 108 мм; 4-
Клинометр; 5-Патрубки.

20 мм, обеспечивающий свободный проход шаров. Отклонитель в скважине ориентировался клинометром 4.

Всего было произведено девять отклонений для уменьшения зенитного угла. Шароструйным аппаратом бурили с заданной скоростью подачи снаряда 1 см через 2 мин по породам X - X I категорий. В некоторых случаях с целью получения большей разработки ствола скважины по диаметру скорость подачи снаряда снижалась до 1 см за 3 мин.

Кривой переводник с центратором применяется в основном для уменьшения (выкручивания) зенитного угла и изменения азимутального направления скважины.

Основным рабочим размером кривого переводника является угол α , называемый углом изгиба кривого переводника и измеряемый в градусах. Длина кривого переводника обычно принимается от 0,2 до 0,4 м. У точеного кривого переводника угол изгиба достигается нарезкой нижней части

его, т.е. конусной резьбы для соединения с патрубком аппарата под соответствующим углом к оси самого переводника.

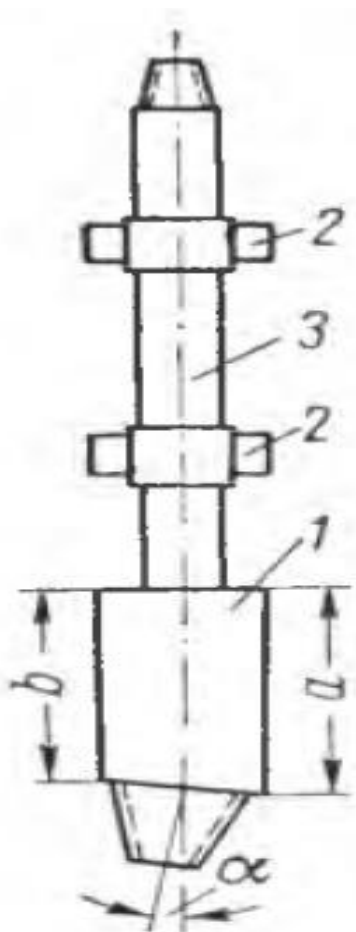


Рисунок 1.3. Компоновка низа
бурильной колонны с применением
кривого переводника:
1-кривой переводник; 2-центратор;
3-короткая труба.

При выборе и использовании различных типов отклонителей следует иметь в виду величину зазора между стенками скважины и торцом аппарата, необходимого для свободного прохождения стальных шаров. Неправильный выбор величины этого зазора, а также его отсутствие могут привести к нежелательным последствиям.

При лабораторных испытаниях различных типов шароструйных аппаратов было установлено, что стенка скважины, к которой прижат шароструйный аппарат, разрабатывается значительно медленнее, чем та, где имеется зазор

между стенками аппарата и скважины. Это объясняется тем, что стальные шары, увлекаемые потоком рабочей жидкости, проходя с большой скоростью через имеющийся зазор, разрушают стенки

скважины более интенсивно. Поэтому во всех лабораторных испытаниях шароструйный аппарат устанавливался по центру скважины с помощью специальных центраторов, что обеспечивало равномерную разработку скважины по диаметру.

1.3. Средства ориентации отклоняющих устройств

Одной из наиболее важных задач при направленном бурении является надежная ориентация отклоняющих средств в скважине. От быстроты и точности ориентации шароструйного аппарата в скважине в некоторой степени зависит и успешное применение этого метода в производстве.

Поэтому наряду с разработкой техники и технологии направленного бурения с помощью шароструйного способа разрушения горных пород было уделено особое внимание подбору наиболее приемлемых средств ориентации.

В последнее время необходимость совершенствования методов ориентации привела к созданию различных конструкций ориентирующих устройств, основанных на определении различными способами и приемами величины угла между апсидальной плоскостью скважины и отклоняющей плоскостью устройства, опускаемого на забой скважины.

В результате производственных испытаний в различных геологических организациях Советского Союза наиболее приемлемыми способами ориентации были: самоориентирующаяся печать А. Н. Крылатова (для клиньев); прибор с плавиковой кислотой или медным купоросом; звуковой сигнализатор Г. Г. Анненкова; погружной апсидоскоп конструкции ВКГУ; электрический сигнализатор УкрНИГРИ; электрический клинометр ЭК-1 конструкции КазИМСа.

Перечисленные ориентирующие устройства, за исключением погружного апсидоскопа ВКГУ и клинометра ЭК-1 КазИМСа, разработаны сравнительно давно и их описание приводится в специальной технической литературе.

Из всех существующих средств ориентации были выбраны для сравнительного испытания погружной апсидоскоп конструкции ВКГУ и электрический клинометр ЭК-1 (рис. 1.4).

Чувствительным элементом погружного апсидоскопа, реагирующим на наклон и повороты, является стеклянная ампула с ртутным шариком. Для получения электрических сигналов в датчике создана цепь, состоящая из двух полупроводников-диодов, соединенных с правым и левым парными контактами, впаянными в ампулу. В качестве канала связи между датчиком

сигналов и приемником применен одножильный кабель. Обратным проводом служат бурильные трубы.

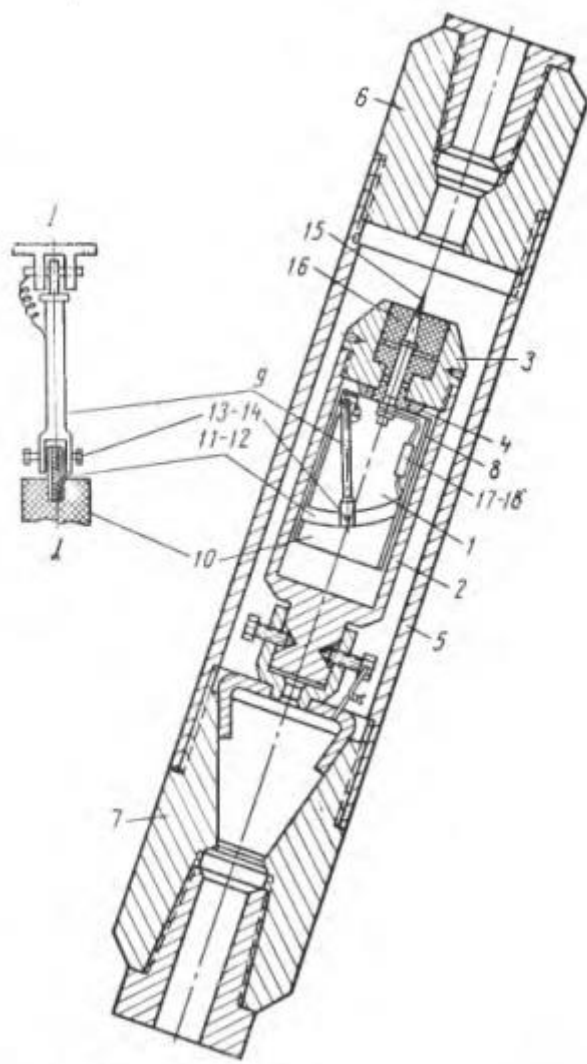


Рисунок 1.4. Клинометр ЭК-1:

1-датчик; 2-корпус; 3-крышка;
4-винты; 5-кожух; 6, 7-верхний
и нижний переходники; 8-
рамка; 9-отвес; 10-колодка; 11,
12-контактные пластины; 13,
14-токосъемные винты; 15-игла;
16-текстолитовая втулка; 17,
18-диоды.

Клинометр состоит из датчика 1, установленного внутри корпуса 2, герметически закрытого крышкой 3. Датчик крепится к крышке 3 винтами 4. На крышке имеется метка, по которой клинометр устанавливается в требуемое положение. Корпус 2 заполняется трансформаторным маслом.

Датчик 1 состоит из рамки 8 и подвешенного в ее верхнем углу отвеса 9. Нижняя часть рамки выполнена в виде колодки 10 из диэлектрического материала, по обеим сторонам которой параллельно друг другу

расположены контактные пластины 11 и 12. На конце отвеса имеется паз с двумя токосъемными винтами 13 и 14. Отвес может иметь угловое перемещение в плоскости датчика ($\angle$ —/), причем при углах от нуля до 3° токосъемные винты будут находиться против изолированного участка колодки, а с увеличением угла перемещения с 3 до 50° —

против соответствующих контактных пластин. Благодаря шарниру отвес также может перемещаться на $2\text{—}3^\circ$ в направлении, перпендикулярном к

контактным пластинам. Величина перемещения может регулироваться токосъемными винтами.

Корпус датчика выполнен в виде стакана, имеющего конический хвостовик для установки и крепления на нижнем переходнике кож уха клинометра. В крышку клинометра вмонтирована игла 15, изолированная текстолитовой втулкой 16. Нижний конец контактной иглы соединяется проводниками через диоды 17 и 18 с соответствующими пластинами датчика. На кабеле по бурильным трубам спускается контактный штырь, который, контактируя с иглой 15, электрически связывает клинометр с пультом (микроамперметром), установленным на поверхности. В процессе ориентации отклоняющих устройств датчик клинометра фиксирует на пульте четыре положения отвеса относительно контактных пластин.

Государственной комиссией Министерства геологии Казахской ССР ориентирующее устройство конструкции КазИМСа было принято к внедрению.

Выводы после проведения литературного обзора

Делая выводы по предыдущим конструкциям по искривлению, следует отметить:

- Отсутствуют результаты бурения наклонно-направленных скважин с применением шароструйно-эжекторного бурового снаряда конструкции ТПУ.
- Отсутствуют сведения о влиянии зенитного угла на механическую скорость бурения и режимные параметры шароструйного бурения скважин.
- Отсутствуют технические средства для пространственного искривления ствола скважины с применением шароструйно-эжекторного бурового снаряда конструкции ТПУ.

Проектирование конструкции ШЭБС для бурения в интервалах твердых горных пород должно соответствовать следующим требованиям:

- не должно быть постоянного контакта бурового снаряда с забоем скважины, т.е. буровые снаряды с лапами, опорой и опорным башмаком являются нерациональными;
- необходимо избегать вращения бурового снаряда, а также создания осевой нагрузки, что усложняет процесс бурения;
- желательно, чтобы в основе конструкции лежал струйный аппарат с соплом и камерой смешения цилиндрической формы с их последовательным осевым расположением;
- камера смешения бурового снаряда должна оканчиваться диффузором, использование которого позволит шарам более интенсивно разрушать периферийную часть забоя скважины, тем самым можно поддерживать минимальное значение расстояния между долотом и забоем, что увеличит эффективность шароструйного бурения;
- необходимо использовать задерживающее устройство, позволяющее снять ограничения на расход промывочной жидкости, значение

которого будет высоким для оптимального разрушения твердых и крепких горных пород;

- в процессе бурения необходимо осуществлять контроль над поддержанием оптимального расстояния между долотом и забоем и требуемого диаметра скважины;
- в конструкции бурового снаряда должна быть предусмотрена возможность замены изношенных шаров новыми в процессе рейса;
- конструкция бурового снаряда должна отличаться простотой устройства и эксплуатации.

Применяя перечисленные требования, в Томском политехническом университете на кафедре бурения скважин была разработана конструкция шароструйно-эжекторного бурового снаряда (Рисунок 1.4). Она включает в себя задерживающее устройство 3 конической формы, позволяющее снять ограничения на расход промывочной жидкости, а также направляющее шары непосредственно в камеру всасывания 4. Снаряд заканчивается диффузором 6, который обеспечивает лучшую разработку скважины по диаметру.

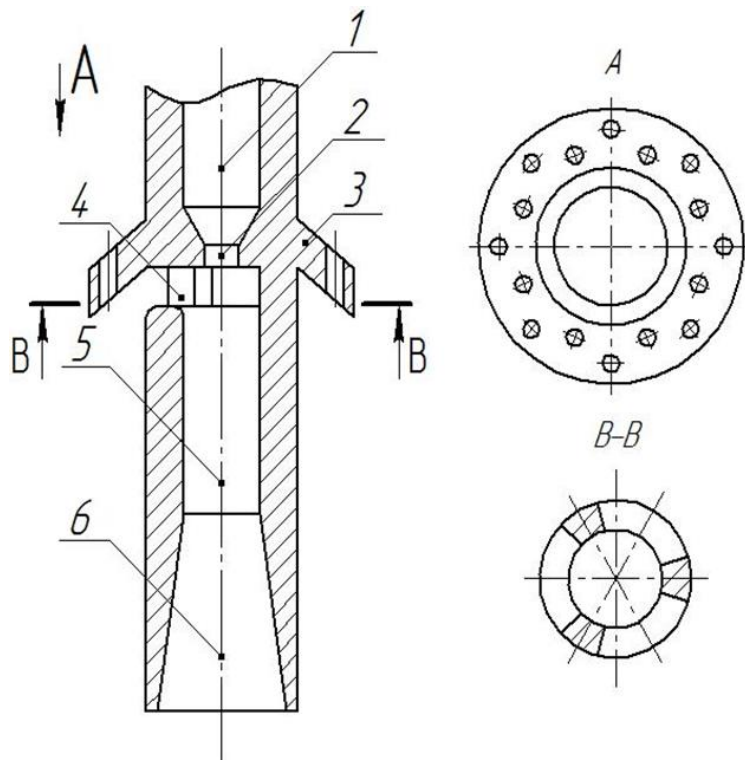


Рисунок 1.4 - Шароструйно-эжекторный буровой снаряд:

1 – переходник на нагнетательную магистраль; 2 – сопло; 3 – задерживающее устройство;
4 – камера всасывания; 5 – камера смешения; 6 – диффузор

Следующие главы не указываются в связи с тем, что они имеют коммерческую тайну:

2. Методика проведения экспериментальных исследований
 - 2.1. Методика статистической обработки результатов исследований
 - 2.2. Методика определения параметров струйных аппаратов
 - 2.3. Методика проведения экспериментов при бурении с расхаживанием бурового снаряда
 - 2.4. Методика экспериментальных исследований при забурке скважины с образованием криволинейного забоя
3. Исследования влияния зенитного угла скважины на эффективность шароструйного бурения скважин
4. Качественная и количественная оценка влияния данного фактора на эффективность шароструйного бурения

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе изложены результаты теоретических и экспериментальных исследований технологических процессов наклонно-направленного шароструйного бурения с использованием программного компьютерного сопровождения и современных методических средств. На проводившихся экспериментальных исследованиях разработаны методики инженерного расчета процессов шароструйного бурения и исследования влияния зенитного угла скважины на эффективность шароструйного бурения.

Результаты исследования показали, что при увеличении зенитного угла эффективность падает, но как видно из графика бурение наклонно-направленных скважин вплоть до горизонтальных представляется возможным, и несущественно снижается с увеличением зенитного угла. Падение эффективности можно предположить, что такое явление связано с воздействием гравитационных сил.

Arresting and supplying apparatus for increasing pellet impact drilling speed per run

1. Introduction

Pellet impact drilling is currently investigated from both practical and theoretical perspectives by the Department of Well Drilling, Tomsk Polytechnic University. This drilling method has a great potential for enhancing the penetration rate of hard and tough rock drilling. Besides, pellet impact drilling can be easily incorporated into the existing mechanical drilling technology without significant reconstruction of the drilling rig.

Pellet impact drilling implies rock destruction by metal pellets having high kinetic energy in the immediate vicinity of the earth formation encountered. The pellets are recirculated in the bottom of the bore hole by a high velocity fluid jet, which is the principle component of the ejector pellet impact drill bit.

We have proved that the most effective way to drill hard and tough rock is to use ejector pellet impact drill bit with the nozzle and the tubular mixing chamber arranged consequently in line [1]. Furthermore, the tubular mixing chamber should end in the diffuser and the pellet arrestor should be installed for the pellets to be sent to the tubular mixing chamber.

2. Designing the arresting and supplying apparatus

Wear pellets is inevitable in pellet impact drilling. In the descriptions of field work results, the initial 63.5 kilo of pellet decrease by 1.13 kilo for 3.5 hours in quartzite drilling [2]. A.B. Uvakov in his work [3] pointed out that average pellet wear for 100 hours is equal to 4-5 mm in diameter.

Pellet impact drilling is provided by several consecutive stages:

- 1) to supply the pellets to the bottom hole;
- 2) to pull down ejector pellet impact drill bit;
- 3) to drill a well;
- 4) to hoist a drill bit;
- 5) to pick up the pellets.

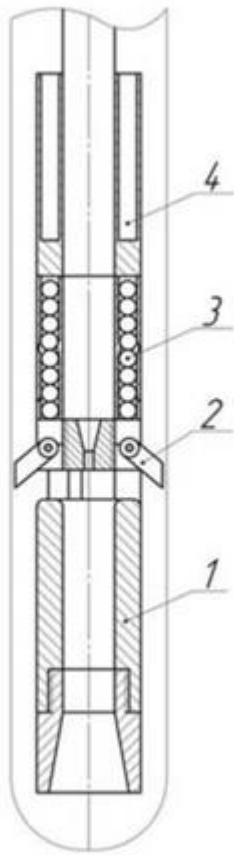


Figure 1. Bottom hole assembly (BHA) with the arresting and supplying apparatus.

1. drill bit;
2. arrestor;
3. pellet supplier;
4. inlet chamber

According to different investigations [2 - 5] the diameter of used pellets is bigger than the diameter of primary nozzle that prevents pellets to be supplied through a drill string. It is necessary to avoid supplying pellets to the annular space between the drill bit and the wellbore because of its possible pinching or needless space between them and the bottom hole. Two ways for pellets to be supplied to the bottom hole were tested. The first way involved using paper boxes for pellets which after the start of the drilling mud circulation softened and were lifted to the well mouth. The second way used a special container (a core barrel, tapered in upper part and filled with clay). It was pulled down by drill bit, where the pumping fluid under pressure drew pellets. After this, the container was lifted up.

The pellet arrestors of different design were used to pick up pellets after drill bit to be lifted up.

High drilling cost, low reliability and time waste of round-trip operations when is required for the pellet to be replenished are the major factors to design new tool for bit run speed increasing.

In this way, it could be possible to design a new tool to increase the penetration rate, to replenish the pellets, supply and pick them up from the bottom hole. According to its function, it can be called the arresting and supplying apparatus.

Design bottom hole assembly (BHA) with the arresting and supplying apparatus is shown in figure 1. The arresting and supplying apparatus consists of a petal-shaped arrestor (2), pellet supplier (3), inlet chamber (4).

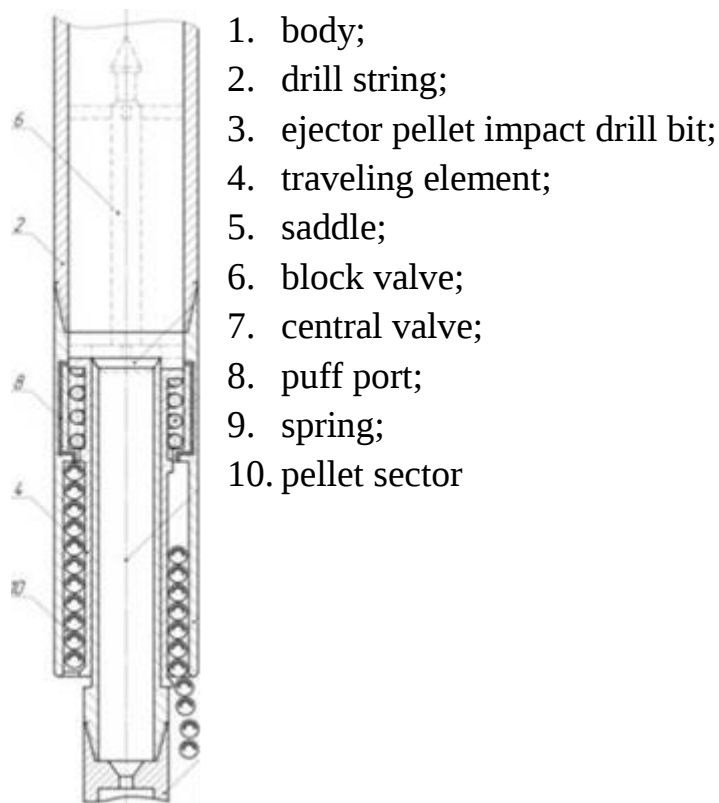
The arresting and supplying apparatus provides the following operations:

- 1) to pull down BHA with the arrestor in off-position to bottom hole;
- 2) to influence the pellet supplier in order the pellets to be supplied;
- 3) to turn the arrestor on;
- 4) to drill a well while pellets to be worn significantly;
- 5) to put the arrestor in off-position so that the petals close space between the wellbore and drill bit;
- 6) to switch a pump on and direct the pellets to the inlet chamber;
- 7) to act on the pellet supplier so that the pellets to be supplied to the bottom hole;
- 8) to turn the arrestor on again;
- 9) to switch a pump on again and continue to drill.

3. Designing the pellet supplier

At the first stage of design the pellet supplier is developed [6], and it is shown in figure 2.

Figure 2. Pellet supplier.



The pellet supplier includes body (1), connected with a drill string (2) in the upper part and a pellet drill tool in the lower part (3), as well as a traveling element (4) with a saddle (5) to provide a leak-proof fit of the block valve (6). There are two valves in the body (1): a central valve (7) and a puff port (8). The construction is supplied with a spring (9) and a pellet section (10) between the body (1) and the travelling element (4).

The operation principles of the pellet supplier are the following: the pellet section (10) is filled with pellets before the pellet supplier is pulled down to the well. The drilling mud through the central valve (7) is pumped in drilling while the traveling element (4) is kept by the spring (9) in a maximum upward position. To supply drilling mud circulation by pellets the block valve (6) is moved from the well mouth to the drill string (2) which fits the saddle (5) and blocks the central valve (7).

Due to increasing the pressure of drilling mud on the saddle (5), the spring (9) shrinks and drives the traveling element (4) into downwardmost position to open the puff port (8). Being subjected to gravitation and drilling mud pressure, the pellets fall to the annulus space. After this, drilling mud circulation stops putting the traveling element (4) back in the initial position. The block valve (6) is retrieved from the drill string (2) with a help of a back end to be pulled down by a work line. Then the pump is turned on again and drilling continues.

4. Conclusion

Design of the arresting and supplying apparatus is considered to replenish pellets in connection with a drill bit. The design of the pellet supplier which allows pellets to be supplied the bottom hole is suggested.

The possible investigating problems are the following:

- to develop an arrestor and the way of its turning on/off;
- to design a pellet supplier to supply pellets to the bottomhole by portion;
- to develop a low-priced arrestor;
- to find alternative ways influencing the components of the arresting and supplying apparatus.

References

- [1] Kovalyov A.V, Ryabchikov S. Ya, Isaev Ye. D, Aliev F. R, Gorbenko M. V and Strelnikova A. B 2015 Designing the ejector pellet impact drill bit for hard and tough rock drilling *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 24 1-5 URL: <http://iopscience.iop.org/1755-1315/24/1/012016>
- [2] Eckel I. E and Deily F. H 1956 Development and testing of jet pump pellet impact drill bits *Transaction AIME* 207 15
- [3] Uvakov A B 1969 *Sharosruynoyue bureniye* (Moscow: Nedra) p 207
- [4] Zaurbekov S A 1995 Povyshenie effektivnosti prizaboynykh gidrodinamicheskikh protsessov pri sharostruynom burenii skvazhin: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk (Almaty) p 18
- [5] Kovalyov A V, Ryabchikov S Ya, Isaev Ye D, Aliev F R, Gorbenko M V, Baranova A V 2015 Pellet impact drilling operational parameters: experimental research *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 24 1-5 URL: <http://iopscience.iop.org/1755-1315/24/1/012015>
- [6] Kovalyov A V, Isaev E D, et al. *Saboiniy sharopitatel* Patent RU № 2014148550, E21B7/16 Filed 02.12.2014