

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Институт природных ресурсов
Кафедра бурения скважин



Геонавигация в бурении

Курс лекций

Автор: Епихин А.В.
ст. преп. каф. бурения скважин

Томск-2016 г.

Тема №5

Оборудование для наклонно- направленного бурения

Классификация отклонителей

Отклонители разового действия

- Закрытые клинья, опускаемые на колонне бурильных труб.
- Закрытые клинья, опускаемые на колонне направляющих труб.
- Открытые неизвлекаемые клинья.
- Открытые извлекаемые клинья.

Отклонители непрерывного действия

- Кривая труба.
- Кривой переводник.
- Турбинный отклонитель (ТО).
- Отклонитель турбинный секционный (ОТС).
- Шпindel отклонитель (ШО).
- Отклонитель с эксцентричной накладкой.
- Винтовой забойный двигатель с механизмом искривления.
- Электробур с механизмом искривления.
- Шарнирный отклонитель.
- Центратор с изменяющимся диаметром.
- КНБК с центраторами и калибраторами.
- Роторные управляемые системы (РУС).

Достоинства и недостатки отклонителей

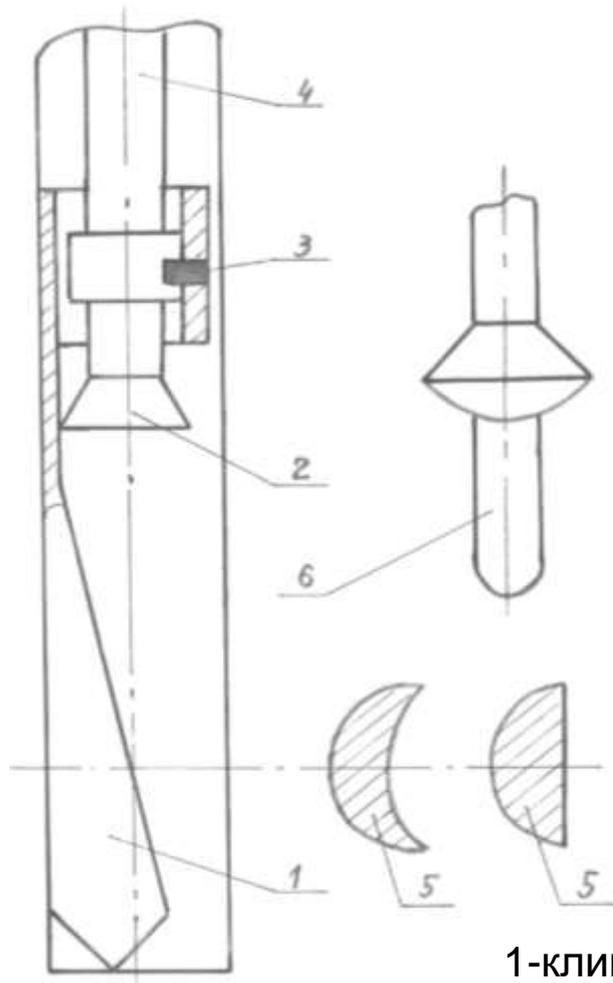
Закрытый клин, опускаемый на колонне бурильных труб

Преимущества:

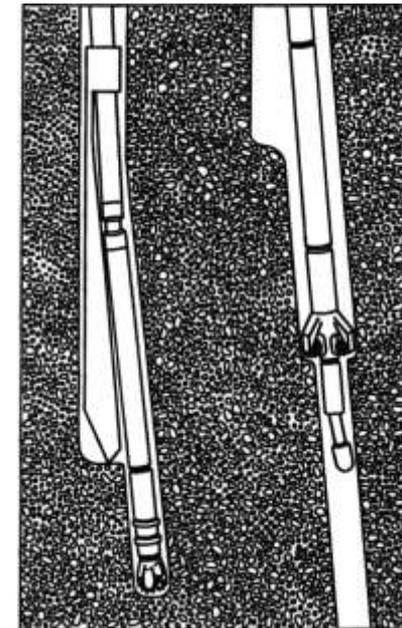
- минимальная вероятность осложнений при дальнейшей углубке ствола;
- сохранение диаметра скважины;
- возможность повторного использования.

Недостатки:

- искривление скважины возможно только с естественного забоя;
- резкий перегиб ствола.



- 1-клин с узлом крепления; 2-долото;
3-срезной болт; 4-бурильные трубы;
5-варианты ложка клина;
6-расширитель пилот-скважины.



Достоинства и недостатки отклонителей

Закрытый клин, опускаемый на колонне направляющих труб

Преимущества:

- возможность забуривания нескольких стволов без подъема инструмента;
- после окончания работ клин может быть извлечен и использован повторно.

Недостатки:

- дополнительный расход труб;
- уменьшение диаметра дополнительного ствола;
- увеличение затрат времени на спуск дополнительной колонны труб.

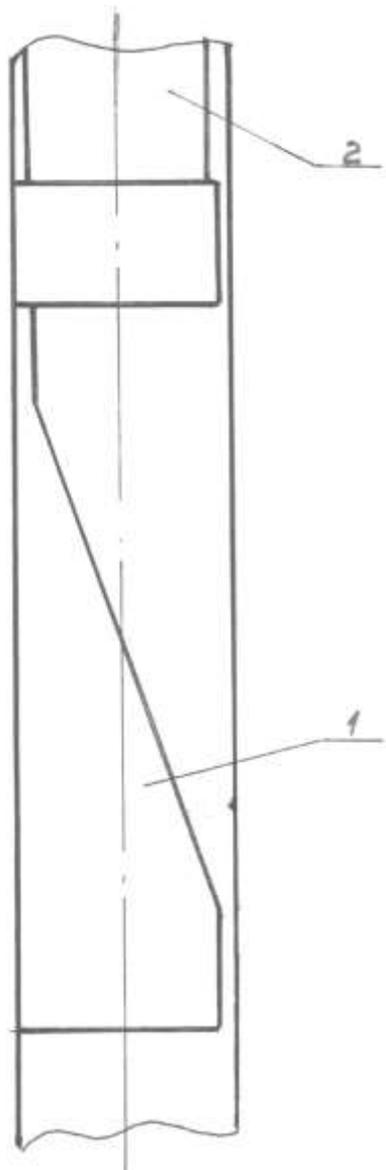
Открытый неизвлекаемый клин

Преимущества:

- диаметр дополнительного ствола может быть равен диаметру основного ствола;
- более надежное раскрепление клина.

Недостатки:

- возможны осложнения за счет посадки или проворота клина.



1-клин;
2-колонна направляющих труб.

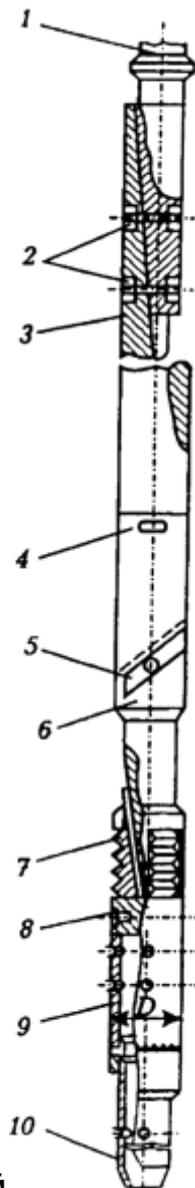


Схема отклонителя ОЗТ:

1-спускной клин; 2-болты; 3-клин-отклонитель; 4-надставка; 5-шпилька; 6-корпус; 7-плашка; 8-винт; 9-плашкодержатель; 10-специальный патрубок.

Модификации клиньев-отклонителей

Клин-отклонитель КО

Клин-отклонитель включает корпус, рабочая поверхность которого в поперечном сечении имеет форму продольного желоба. В головной части корпуса выполнены отверстия для связи со спускаемым буровым инструментом посредством срезных элементов.

Клин-отклонитель КОТ

Клин-отклонитель предназначен для направления фрезера-райбера в заданном направлении при резке боковых стволов. Клин-отклонитель спускается на бурильных трубах через специальный переводник. Опора клина-отклонителя происходит на искусственный забой или на механический якорь.

Клин-отклонитель ОТШ

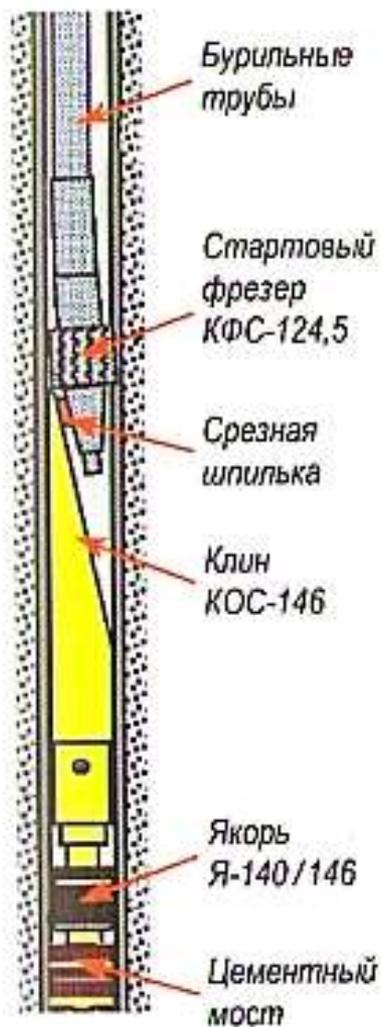
Клин-отклонитель ОТШ применяют для забуривания новых стволов из одной или более эксплуатационных колонн для направленного и горизонтального бурения. Они могут применяться также для правки искривлённого ствола или обхода обломков. Клин-отклонитель ОТШ состоит из клина и стопорящего корпуса с плашками. Спуск и посадка клина на забой производятся на колонне бурильных труб при помощи стартовой фрезы. Крепление стартовой фрезы к клину осуществляется при помощи срезного винта. Отклонитель фиксируется в колонне при помощи трех плашек, расположенных в пазах стопорящего корпуса. Прилегание клина к стенке обсадной колонны обеспечивается за счет смещения клина относительно стопорящего корпуса по наклонному пазу.

Клин-отклонитель ОКМ

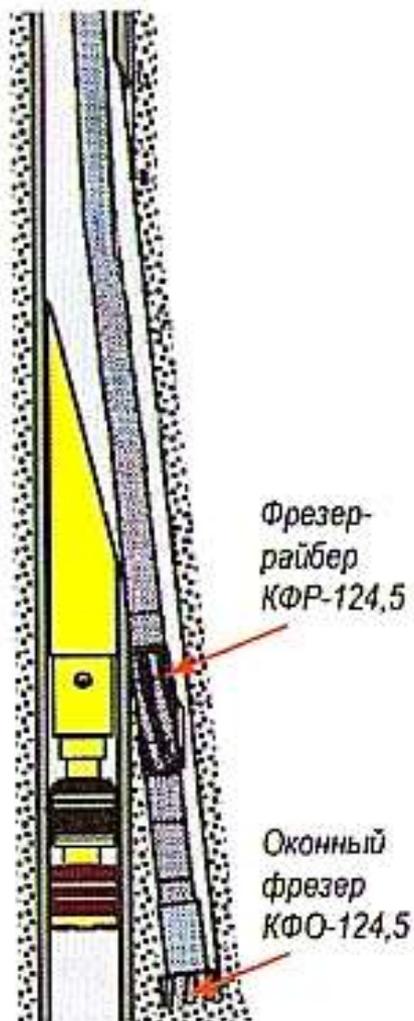
Клин-отклонитель ОКМ предназначен для обеспечения необходимого отклонения фрезеров- райберов от оси основного ствола скважины при прорезании ориентированного «окна» в эксплуатационной колонне диаметром 146 мм (168,178) и отклонения породоразрушающего инструмента.

Модификации клиньев-отклонителей

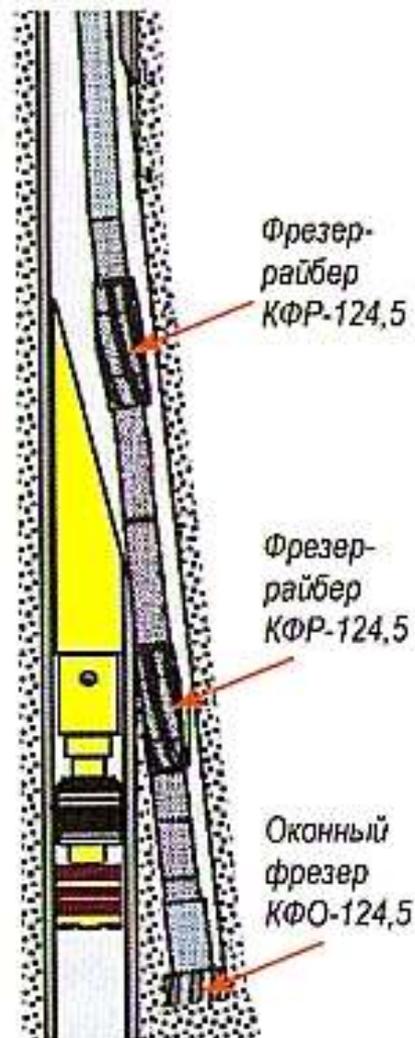
Посадка клина
и начало выре-
зания окна



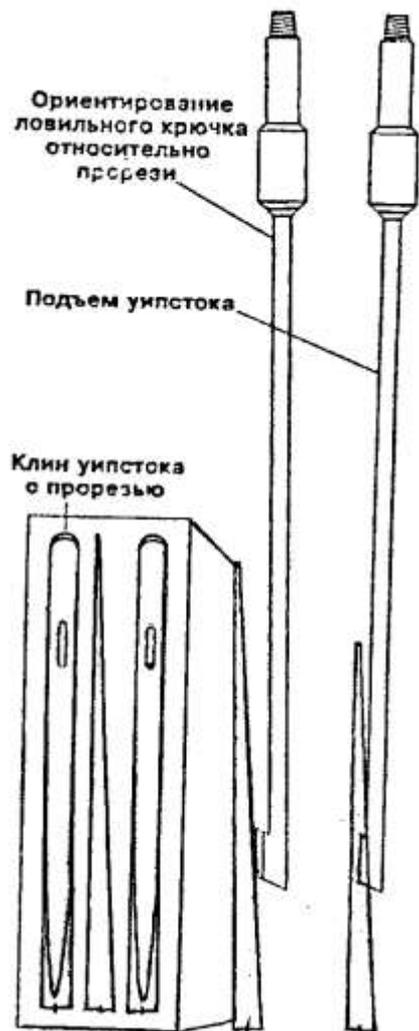
Забуривание
бокового
ствола



Калибрование
и шаблонировка
окна



Достоинства и недостатки отклонителей



Извлекаемый открытый клин

Дополнительное преимущество перед неизвлекаемыми открытыми клиньями - извлечение из скважины, что позволяет спустить необходимый инструмент в основной ствол и использовать клинья повторно.

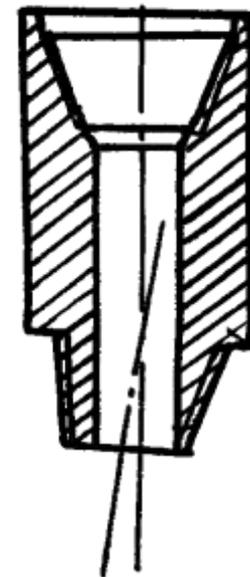
Кривой переводник

Преимущества:

- простота изготовления;
- дешевизна;
- возможность применения в комплексе с другими отклонителями.

Недостатки:

- интенсивность искривления зависит от физико-механических свойств горных пород и режимов бурения;
- радиальные нагрузки на породоразрушающий инструмент и забойный двигатель;
- применение с турбобурами возможно только в скважинах большого диаметра;
- искривление скважины возможно только до зенитных углов в 45° .



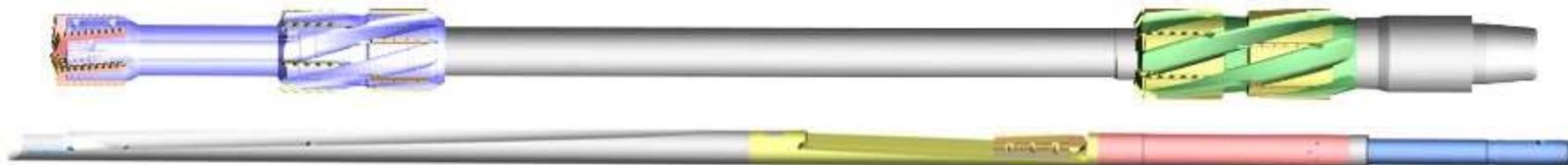
Величина угла кривого переводника находится в пределах $1-3^\circ$ с промежутками в $0,5^\circ$. 6

Ориентируемый уипсток на профильной трубе

Сущность заключается в использовании профильного перекрывателя в качестве проходного якоря (принцип раскрепления плащечный). **Достоинство:** нет существенной потери диаметра по сравнению стандартными якорными устройствами.

Регламент работы

1. Спуск компоновки в скважину на необходимую глубину, состоящей из якоря (профильная труба), закрепленного на нем патрубка с ориентационным пазом и направляющим пером, разъединительного устройства (например на срезных штифтах, цанговое, резьбовое), устройства ориентации (телесистема для ориентированного бурения, гироскоп), технологического инструмента.
2. Установка якорного устройства в обсадной колонне, проверка осевой нагрузкой надежность крепежа.
3. Отсоединение компоновки и поднятие технологического инструмента.
4. Определение положения ориентационного паза гироскопическим инклинометром или иным способом.
5. С помощью поворотного механизма уипстока выставляется необходимое положение клина относительно шпонки.
6. Спуск в скважину компоновки, состоящей из направляющего патрубка с ориентационной шпонкой, удлинителя, клина.
7. После выполнения работ по вырезке технологического окна, бурения бокового ствола производится извлечение уипстока из скважины.

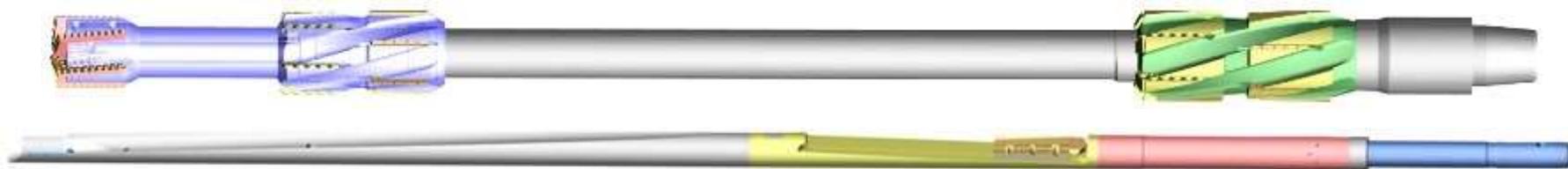


Ориентируемый уипсток на профильной трубе

Сущность заключается в использовании профильного перекрывателя в качестве проходного якоря. **Достоинство:** нет существенной потери диаметра по сравнению стандартными якорными устройствами.

Регламент работы

8. В скважине устанавливается другой вид уипстока для крепления бокового ствола «хвостовиком».
9. Производится вырезание верхней части «хвостовика» и извлечение уипстока.
10. Для бурения следующего бокового ствола рабочий уипсток ставится в скважине выше с помощью удлинителя, сориентировав его в заданном направлении.
11. Операции повторяются для необходимого числа боковых стволов.
12. Восстановление проходимости эксплуатационной колонны в якоря осуществляется после бурения и крепления всех запланированных боковых стволов путем непосредственного разбуривания резьбовой пробки и башмака.
13. Возможно бурение с одного уровня нескольких боковых стволов меняя положение уипстока относительно направляющей шпонки.
14. В процессе эксплуатации многоствольной скважины появляется возможность избирательного ведения работ по всем стволам за счет временной установки ремонтного уипстока напротив необходимого бокового ствола и последующего его извлечения после проведения работ, меняя его местоположение.



Достоинства и недостатки отклонителей

Турбинный отклонитель (угол искривления - 1, 1,5 и 2°.)

Преимущества:

- возможность применения в скважинах малого диаметра;
- стабильность искривления;
- отсутствие резких перегибов ствола.

Недостатки:

- малый моторесурс кулачкового шарнира;
- дороговизна.

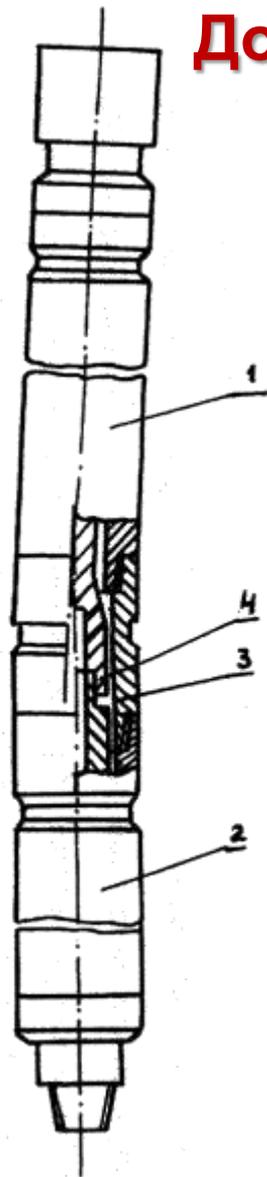
Шпindelь-отклонитель

Преимущества:

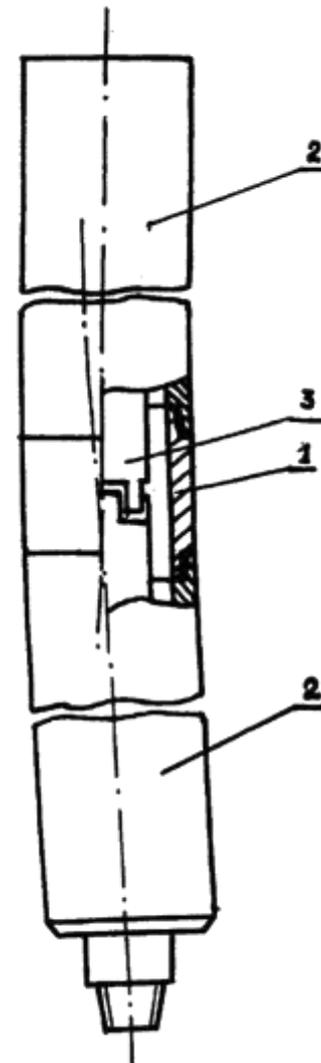
- возможно применение с любым секционным турбобуром;
- увеличенный ресурс кулачкового шарнира за счет его гидравлической разгрузки;
- малое расстояние между точкой искривления и долотом;
- меньшие радиальные нагрузки на турбинные секции;
- простота обслуживания.

Недостатки:

- сложность конструкции;
- дороговизна.



- 1-турбинная секция;
- 2-шпindelь;
- 3-кривой переводник;
- 4-кулачковый шарнир.



- 1-кривой переводник;
- 2-разъемный корпус;
- 3-кулачковый шарнир.

Достоинства и недостатки отклонителей

Способы регулирования

Отклонитель с накладкой

Преимущества:

- простота изготовления.

Недостатки:

- возможность «зависания» инструмента;
- радиальные нагрузки на породоразрушающий инструмент и забойный двигатель.

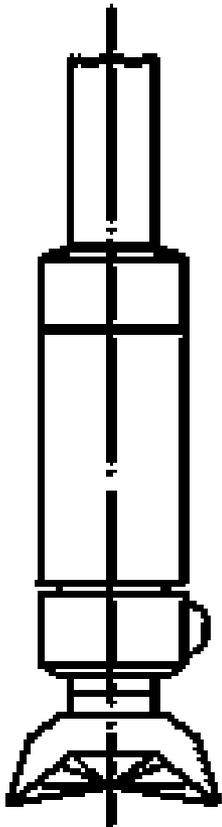
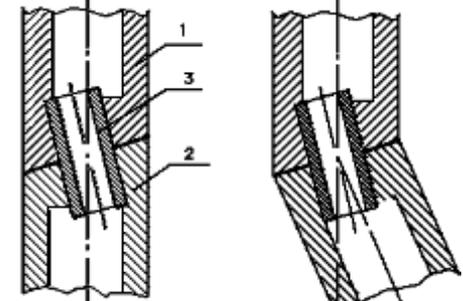
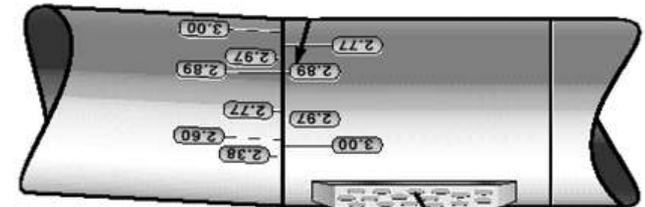


Схема регулирования кривого переводника



- 1- верхняя секция;
2- нижняя секция;
3-вал.



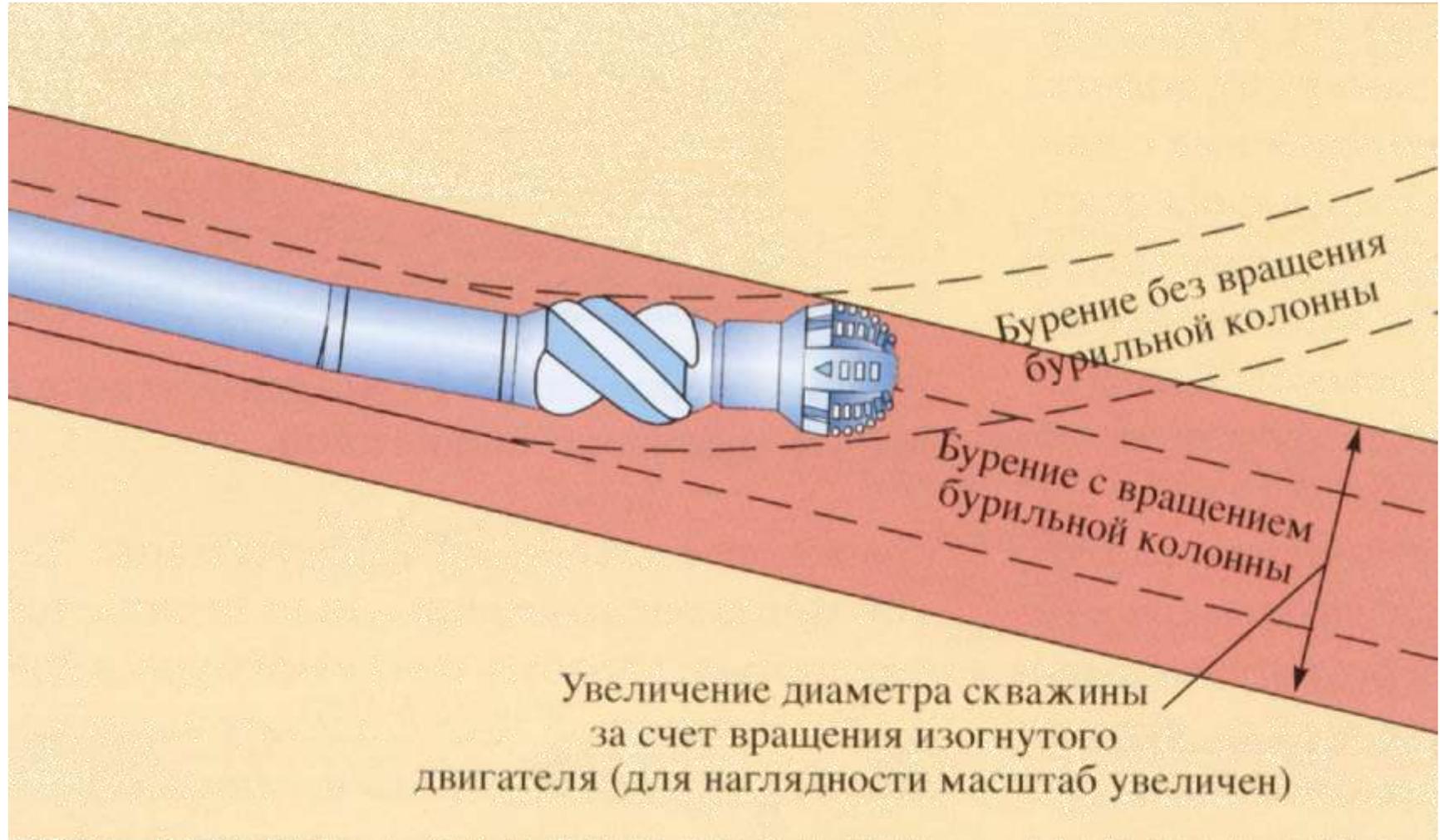
Винтовой забойный двигатель-отклонитель

Устройство для регулирования угла искривления корпуса двигателя-отклонителя.



Способы регулирования

Способ регулирования интенсивности искривления без смены КНБК

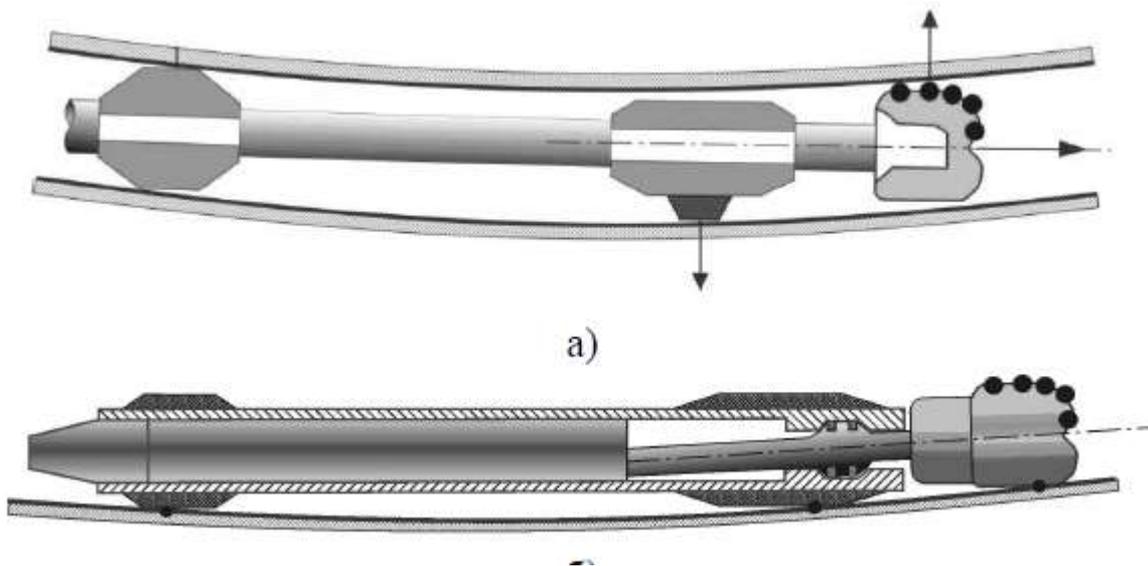


Роторные управляемые системы

Предназначены для бурения искривлённых и прямолинейных интервалов профиля скважины в автоматическом режиме при вращении бурильной колонны.

РУС включает следующие **основные узлы**:

- отклоняющее устройство;
- забойную телесистему с навигационными и каротажными датчиками;
- источник питания (генератор или аккумулятор);
- наземную аппаратуру;
- канал связи забойной телесистемы с наземной аппаратурой.

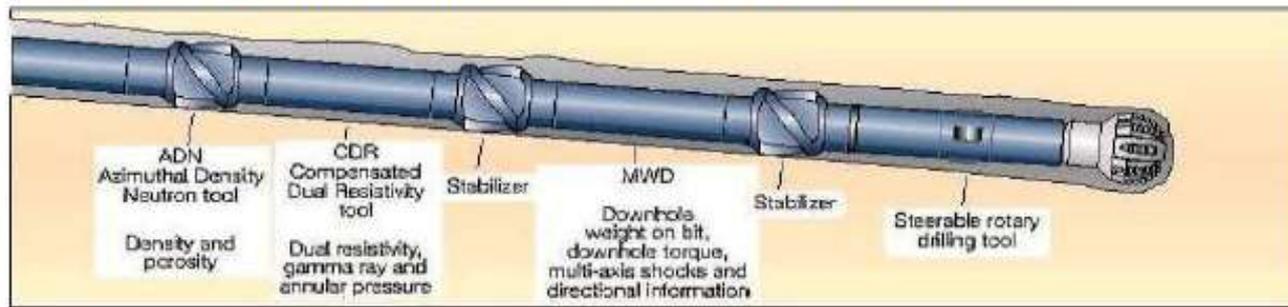


По принципу управления РУС разделяются на **два** основных вида:

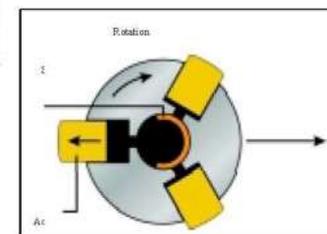
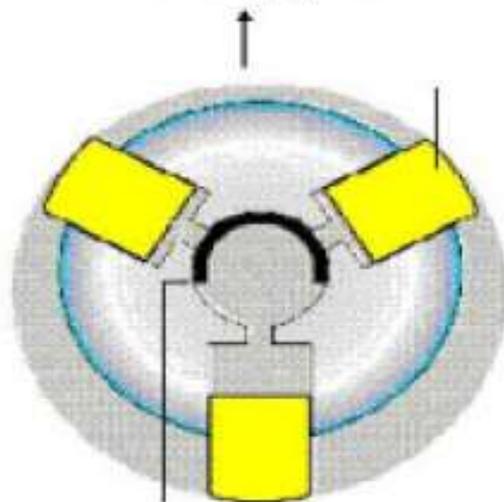
- изменение величины и направления отклоняющей силы на долоте
- изменение направления угла перекоса долота

Роторные управляемые системы

- Push-the-bit (приложение к долоту боковой силы)



Набор угла



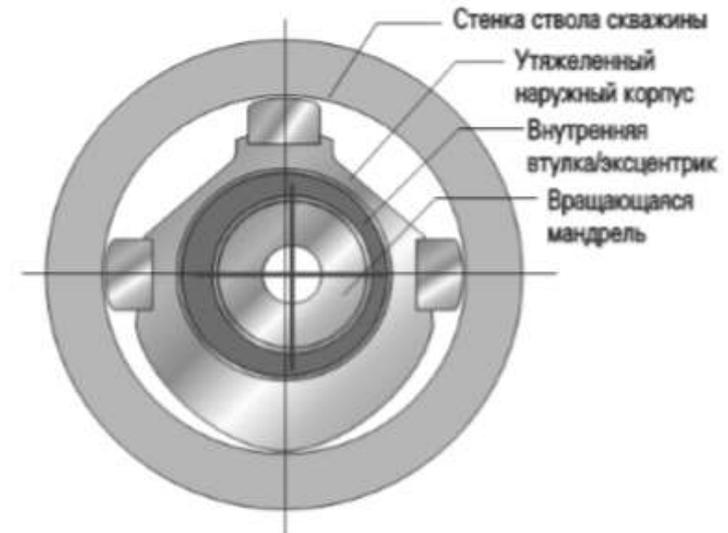
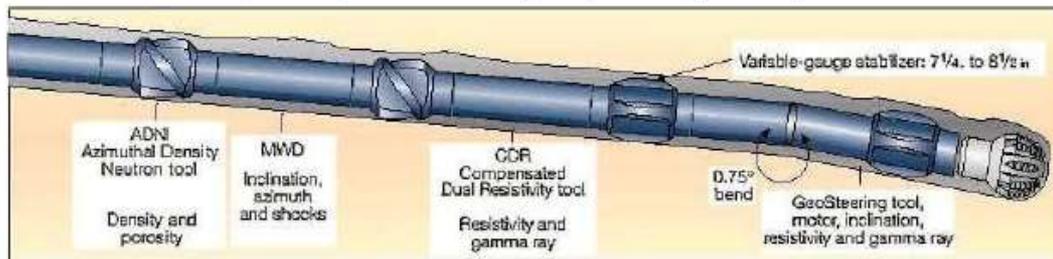
Роторные управляемые системы

RSS «point-the-bit» - это оборудованный аппаратурой, наддолотный стабилизатор, состоящий из трёх основных компонентов, включая вращающуюся мандрель (приводной вал), эксцентриковую внутреннюю втулку и утяжелённый невращающийся наружный корпус. Инструмент работает, контролируя направление эксцентриковой внутренней втулки, которая смещает мандрель и, соответственно, долото в заданном направлении.

Расположение наружного корпуса постоянно отслеживается компьютером, который управляет инструментом и автоматически поправляет положение эксцентриковой внутренней втулки для сохранения соответствующей ориентации долота.

Вращение внутренней втулки с целью изменения ориентации долота осуществляется двигателем постоянного тока со сверхвысоким крутящим моментом, работающим от литиевого аккумулятора или турбинного генератора.

- Point-the-bit (смещение оси вращения долота)



Роторные управляемые системы

RSS «point-the-bit» Sperry Sun

Компактный и прочный отклоняющий узел, размещённый внутри невращающейся верхней части корпуса, передаёт контролируемое отклонение на вал через два вращающихся эксцентриковых кольца.

Связь с эксцентриковыми кольцами сверху и снизу осуществляется с помощью двух систем привода. В результате действия одного или обеих систем привода кольца поворачиваются вместе или по отдельности и отводят вал в сторону по осевой линии корпуса, заставляя вал искривляться и ориентировать долото в направлении заданного угла установки отклонителя.

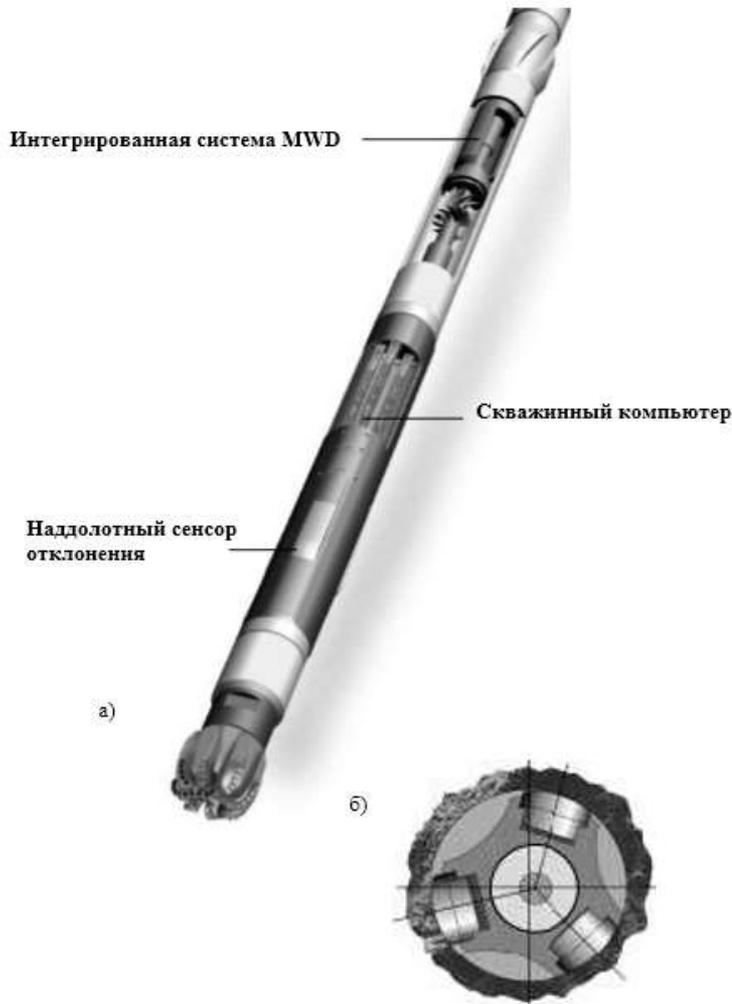
Специально сконструированные вращающиеся уплотнения внутри корпуса не позволяют буровому раствору попадать внутрь системы, а смазочной жидкости вытекать наружу. Секция вала, проходящая через корпус, опирается на верхний подшипник фиксированного конца, подшипник радиальной опоры и нижний плавающий подшипник.

Когда эксцентриковые кольца изгибают вал, то вал изгибается между верхним подшипником фиксированного конца, который не даёт валу изгибаться выше себя и нижним плавающим подшипником, который позволяет долоту отклоняться в любом заданном направлении и свободно вращаться. Так как основная нагрузка на долото передаётся через корпус, то благодаря этому вал можно сделать более тонким и управляемым.



Роторные управляемые системы

PowerDrive Xtra компании Schlumberger с системой AutoTrak компании Baker Hughes



Система использует механизмы автоматической ориентации и управляет траекторией скважины путём приложения бокового усилия к долоту. В системах расширяющийся, не вращающийся стабилизатор обеспечивает статическое боковое усилие, приложенное к стенке скважины, что вызывает противодействующее усилие, приложенное к стабилизатору и долоту. Интенсивность искривления скважины определяется соотношением объёмов бокового резания и бурения в прямом направлении. Величина этого угла определяется геометрией инструмента и радиусом кривизны скважины.

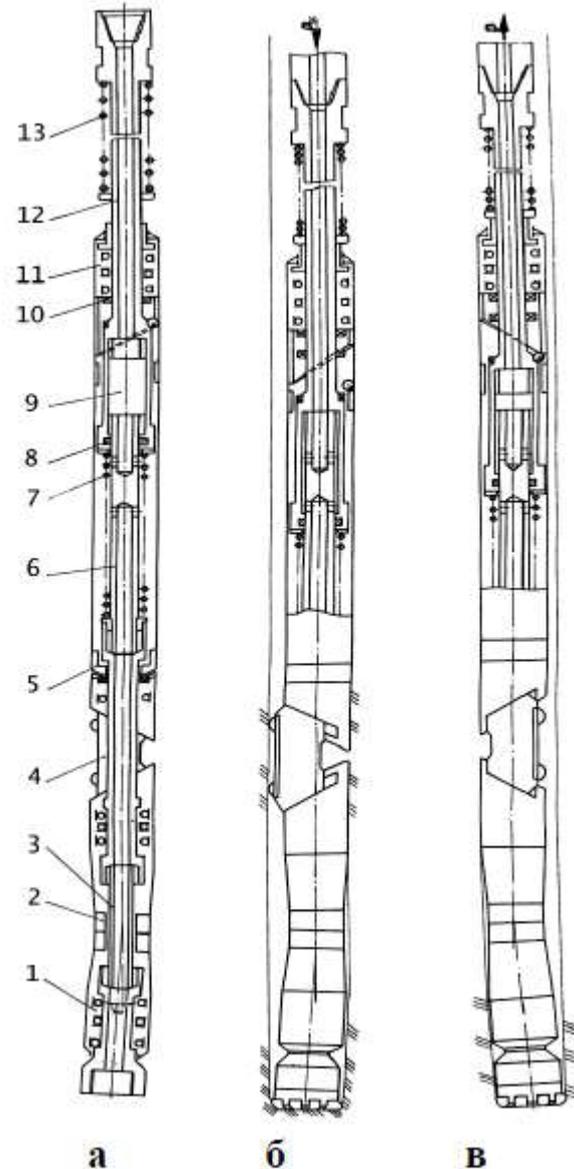
Интегрированная система MWD измеряет зенитный угол и азимут, величину вибрации, обеспечивает связь с системой на поверхности.

Скважинный компьютер расположенный на уровне долота и его ось вращения долота всегда расположена под углом по отношению к оси скважины. Он производит сравнение данных, полученных системой контроля MWD с проектными характеристиками траектории, затем передаёт команду на наддолотный блок отклонения для корректировки курса. Передаёт данные на поверхность, получает команды по корректировке курса.

Роторные управляемые системы

Роторный отклонитель «Кедр» для направленного бурения роторным способом

- а – схема комплекса;
б – комплекс в рабочем положении;
в – комплекс в транспортном положении:
- 1 – подшипниковый узел;
 - 2 – искривлённый корпус;
 - 3 – нижний вал;
 - 4 – клиновой ползун;
 - 5 – наружный шарнир;
 - 6 – промежуточный вал;
 - 7 – возвратная пружина;
 - 8 – разделительное кольцо;
 - 9 – втулка;
 - 10 – узел блокировки;
 - 11 – верхний подшипниковый узел;
 - 12 – верхний вал;
 - 13 – приводная пружина

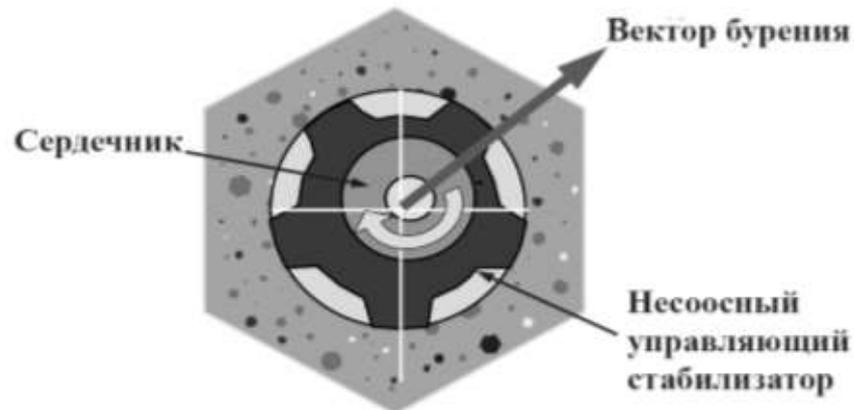


Роторные управляемые системы

Управляемая система DART компании Андергейдж

Роторная система кривления DART (Downhole Adjustable Rotary Tool) представляет собой 100% механический инструмент для бурения скважин по плавным кривым траекториям с постоянной интенсивностью изменения угла. Кривление по принципу трёхточечной стабилизации обеспечивается путём приложения постоянного бокового усилия от несоосного стационарного стабилизатора к долоту.

В процессе бурения ориентация торца инструмента поддерживается невращающимся масс-эксцентрикком, который за счёт силы тяжести постоянно находится в подвешенном состоянии. Изменение ориентации торца инструмента производится при отрыве долота от забоя при выключенных насосах и, в среднем, занимает не более 3 минут.



Роторные управляемые системы

Управляемая система DART компании Андергейдж

Система DART включает следующие элементы и устройства

- сердечник, проходящий сквозь инструмент для передачи крутящего момента и вращения долота; используется как часть механизма изменения ориентации торца;
- скребок, который является частью сердечника и вращается вместе с ним. Диаметр скребка меньше диаметра долота, и обычно скребок не касается стенок ствола. Он предназначен для удаления всех уступов, образующихся в процессе бурения и способных затруднить продвижение невращающихся стабилизаторов (соосного и несоосного);
- несоосный (управляющий) стабилизатор - невращающийся, полноразмерный, немного смещённый по отношению к оси сердечника. Это смещение создаёт боковое усилие на долото, позволяющее управлять траекторией ствола в трёх измерениях;
- соосный стабилизатор - концентрический, также невращающийся, создаёт третью точку опоры для реализации трёхточечной стабилизации, которая необходима для точного и предсказуемого управления компоновкой с помощью системы DART. Также этот стабилизатор принимает на себя вес масс- эксцентрика.

На рисунке 2.4 показан пример принципа действия системы: несоосный стабилизатор передаёт на долото боковое усилие, которое направляет торец инструмента на 45 градусов вправо от точки зенита. Таким образом, бурение осуществляется именно по этому вектору.



Роторные управляемые системы

Управляемая система DART компании Андергейдж

Для изменения ориентации торца выполняют следующие действия:

- отрывают долото от забоя и прекращают вращения колонны;
- останавливают насосы;
- вращают бурильную колонну на количество щелчков ротора, необходимое для установки новой ориентации торца (каждый щелчок ротора смещает вектор бурения вправо на 2,25 град.);
- прекращают вращение по достижении заданной ориентации торца;
- запускают насосы и начинают циркуляцию с обычным расходом;
- продолжают бурение скважины.

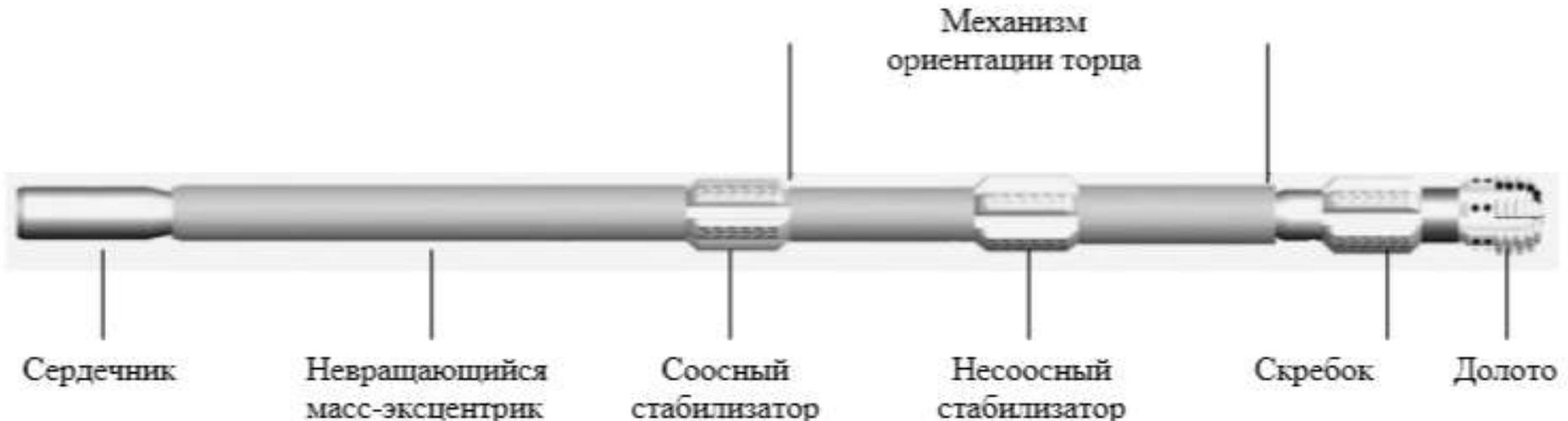


Роторные управляемые системы

Управляемая система DART компании Андергейдж

При необходимости ориентации торца по точке зенита выполняют следующее:

- отрывают от забоя и прекращают вращения колонны;
- останавливают насосы; вращают колонну на более чем **180** градусов. Каждый щелчок ротора смещает ориентацию торца системы на **2,25** градуса по часовой стрелке. Колонну вращают ротором до тех пор, пока торец не будет направлен на точку зенита. Вращение колонны на более чем **180** градусов гарантированно доведёт ориентацию торца до точки зенита, вне зависимости от первоначальной ориентации. После этого привод механизма ориентации торца отключается, и торец остаётся ориентированным по точке зенита. Дальнейшее вращение колонны не может повлиять на ориентацию торца.



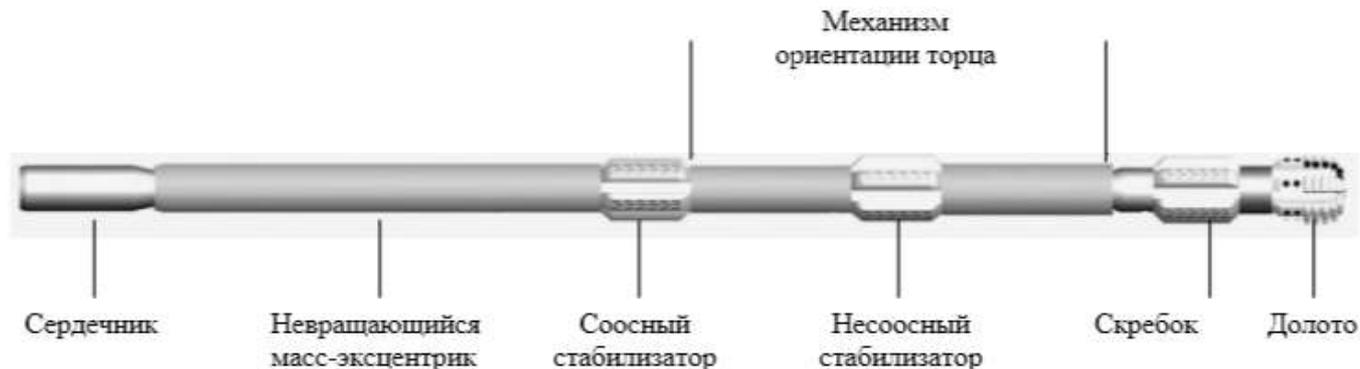
Роторные управляемые системы

Управляемая система DART компании Андергейдж

Порядок действий для установки нового вектора бурения после ориентации торца по точке зенита:

- прекращают вращение ротором;
- совершают рабочий цикл насосов (т. е. запускают насосы, доводят подачу раствора до обычного для бурения уровня, поддерживают циркуляцию в течение 20 секунд, затем снова останавливают насосы).
- Эта процедура вновь включает привод механизма ориентации системы, и дальнейшая ориентация торца производится в обычном режиме посредством вращения колонны на требуемое количество оборотов.

Бурение **прямолинейно-наклонных** участков с применением системы DART производится путём поочередной ориентации торца в противоположных направлениях. Поскольку изменение ориентации торца при помощи системы DART производится легко и быстро, эта процедура не приводит к увеличению времени бурения и позволяет получить прямой ствол скважины.



Элементы КНБК

Утяжелённые бурильные трубы (УБТ) УБТ – толстостенные стальные бурильные трубы, которые устанавливаются в нижней части бурильной колонны и нужны для создания осевой нагрузки на долото и придания КНБК необходимой жёсткости.

Применяются как гладкие, так и спиральные УБТ. При бурении в осложнённых условиях наклонных скважин применение спиральных труб более предпочтительно.

Спиральные выемки уменьшают площадь контакта поверхности УБТ со стенкой скважины на 40%, что снижает риски дифференциального прихвата КНБК.

Немагнитные УБТ (НУБТ) - Немагнитные УБТ обычно бывают гладкие (без спиральной нарезки), изготавливаются из специальной нержавеющей стали. НУБТ необходимы для размещения приборов (инклинометров, забойного модуля телесистемы) с магнитным датчиком азимута.

Укороченные УБТ - укороченные или патрубки являются укороченным аналогом обычных УБТ. Длина укороченных УБТ не превышает 5 м. В направленном бурении укороченные УБТ применяются в различных КНБК.

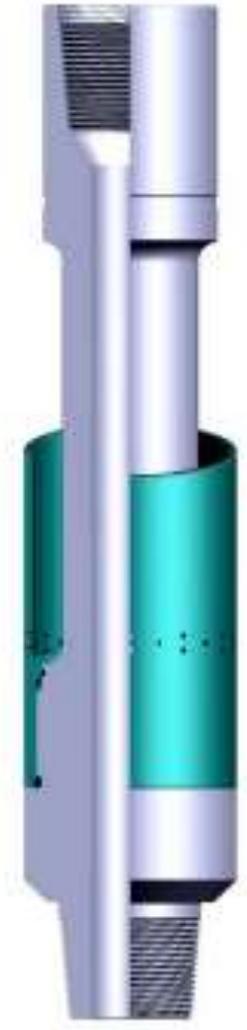


Элементы КНБК

Перепускной клапан - перепускной клапан над винтовым забойным двигателем устанавливают с целью заполнения буровой колонны буровым раствором при спуске буровой колонны и опорожнения при её подъёме.

Наддолотный переводник - это переводник, как правило, «муфта-муфта», который устанавливается непосредственно над долотом.

Шламометаллоуловитель (ШМУ) - шламометаллоуловитель представляет собой стальной переводник с внешним кожухом, который образует полость для сбора шлама и частиц металла.



Элементы КНБК

Переводник-удлинитель – это короткий переводник (обычно «муфта-ниппель»), который применяется для точной регулировки длины секций КНБК.

Толстостенные бурильные трубы (ТБТ) - это трубы промежуточного типа между УБТ и обычными бурильными трубами с размерами бурильной трубы. Соединения ТБТ имеют большую длину, что обеспечивает более надёжное соединение и предотвращает абразивный износ наружной поверхности труб. Поверхность таких труб защищена от абразивного износа центральными утолщениями. Жёсткость на изгиб ТБС меньше чем у УБТ. Они имеют меньшую площадь контакта со стенкой ствола скважины. При этом вероятность дифференциального прихвата уменьшается. Такие трубы позволяют выполнять бурение с высокими скоростями вращения и меньшим крутящим моментом.

Калибраторы – калибраторы являются породоразрушающим инструментом и обычно устанавливаются непосредственно над долотом. У большинства калибраторов правая винтообразная конфигурация лопастей, которые покрыты различными твёрдосплавными материалами.



Элементы КНБК

Центраторы с изменяемым диаметром. Диаметр такого центратора можно изменять в процессе бурения на забое. Он имеет два положения – максимальный и минимальный диаметр.

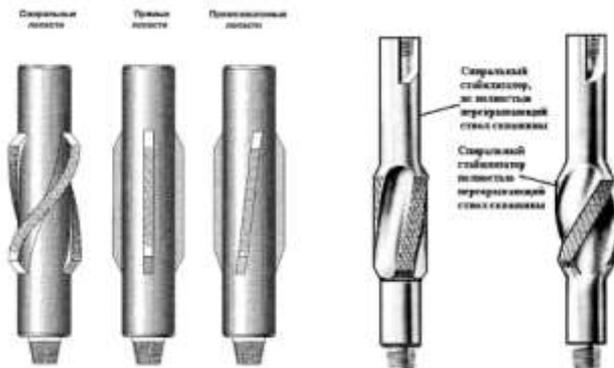
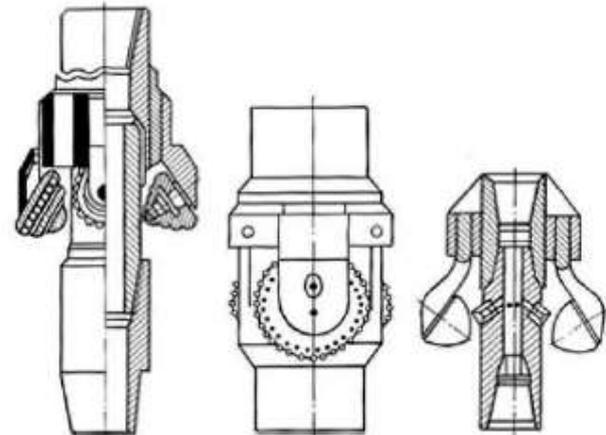
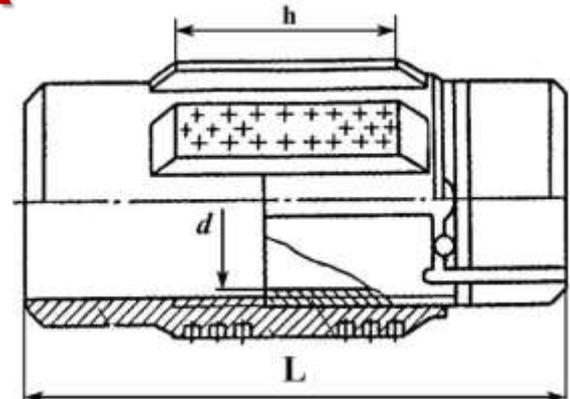
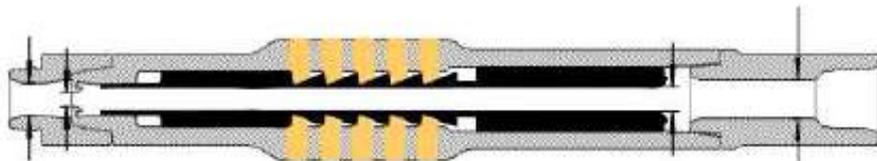
Расширители служат для увеличения диаметра ствола скважины. Расширители могут быть трёх- и шестишарошечными.

Центратор – это опорно-центрирующий элемент бурильной колонны. Центраторы имеют прямые или винтовые опорные лопасти, применяется для оснащения КНБК.

Передвижной центратор забойного двигателя. Передвижной центратор может устанавливаться в любом месте на корпусе забойного двигателя.

Ниппельный центратор забойного двигателя. Ниппельный центратор устанавливается только в нижней части шпинделя забойного двигателя на специальном переводнике.

Ясс предназначен для создания ударных нагрузок в осевом направлении с целью освобождения в случае заклинивания КНБК в сужении ствола или в случае прихвата. Ясы могут быть гидравлические, механические или гидромеханические.





Вопросы для самопроверки

1. Перечислите отклонители разового действия?
2. Перечислите отклонители непрерывного действия?
3. Назовите достоинства и недостатки закрытого клина на колонне бурильных труб?
4. Назовите достоинства и недостатки закрытого клина на колонне направляющих труб?
5. Как закрепляется закрытый клина на КНБК при его спуска на колонне бурильных труб?
6. Назовите модификации клиньев-отклонителей.
7. Назовите достоинства и недостатки кривого переводника?
8. С помощью чего спускается и поднимается открытый извлекаемый клин?
9. Объясните принцип работы ориентируемого клина на профильной трубе?
10. Назовите достоинства и недостатки турбинного отклонителя?
11. Назовите достоинства и недостатки шпинделя-отклонителя?
12. Назовите достоинства и недостатки отклонителя с накладкой?
13. Объясните принцип регулирования регулируемого кривого переводника?
14. Каким образом осуществить переход с набора угла на стабилизацию без смены КНБК?
15. Состав роторной управляемой системы.
16. Принцип работы РУС типа push-the-bit?
17. Принцип работы РУС типа point-the-bit?
18. Принцип работы гибридной РУС?
19. Принцип работы системы PowerDrive Xtra компании Schlumberger с системой AutoTrak компании Baker Hughes?
20. Принцип работы управляемой системы DART компании Андергейдж?
21. Какую роль играют УБТ и ТБТ в направленном бурении?
22. Что такое шламометаллоуловитель и его назначение?
23. Какую роль играют опорно-центрирующие элементы в направленном бурении?

Спасибо за внимание!!!