Бурение скважин
Общие сведения

Общие сведения о скважине

Скважина (well, hole) **- горнотехническое сооружение в недрах, осевая протяженность которого значительно превышает поперечные размеры (диаметр), построенное без доступа в него человека.**

Скважина может быть вертикальной, наклонно-направленной, с горизонтальным окончанием.

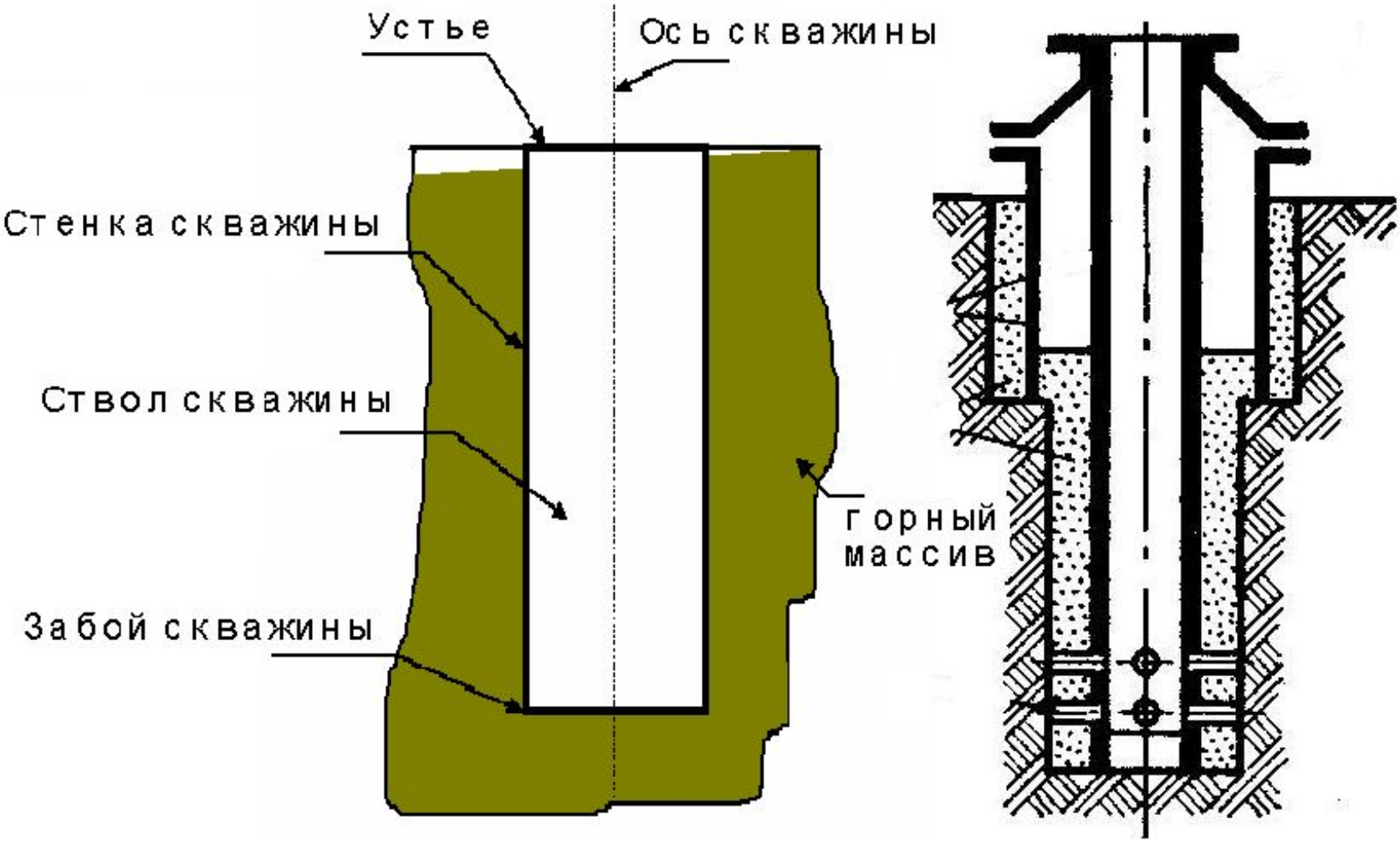
Самая глубокая скважина – 12260 м (Кольская сверхглубокая).

Классификация скважин

Все нефтяные и газовые скважины подразделяются *на следующие категории*:

- опорные,
- параметрические,
- структурные,
- поисково-оценочные,
- разведочные,
- эксплуатационные,
- специальные.

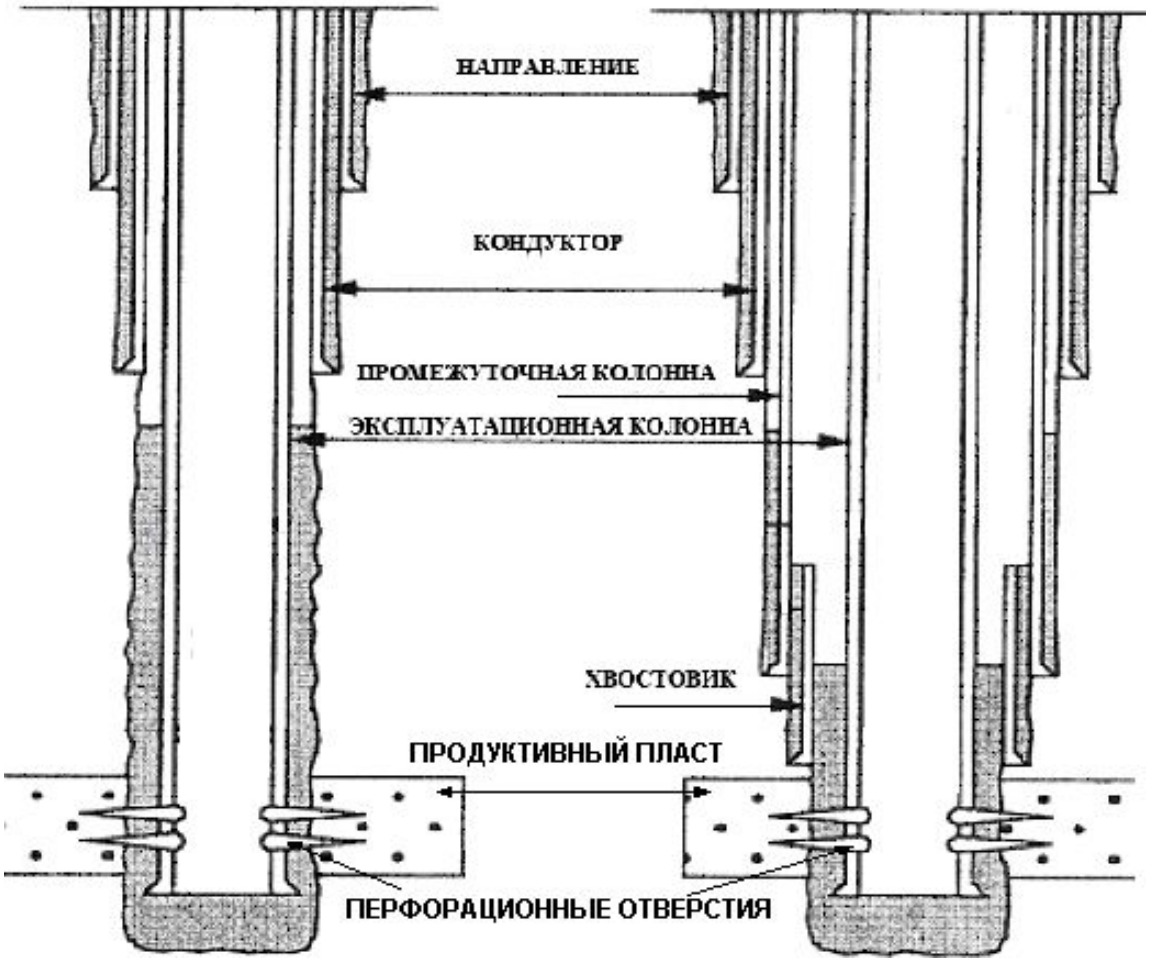
Элементы скважины



ПРЕЗЕНТАЦИИ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ
http://prezentacija.biz/prezentacii-po-stroitelst

Конструкция скважины

В скважины спускают несколько обсадных колонн, которые различаются по назначению и глубине спуска



ПРЕЗЕНТАЦИИ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ
http://prezentacija.biz/prezentacii-po-stroitelst

Бурение скважины

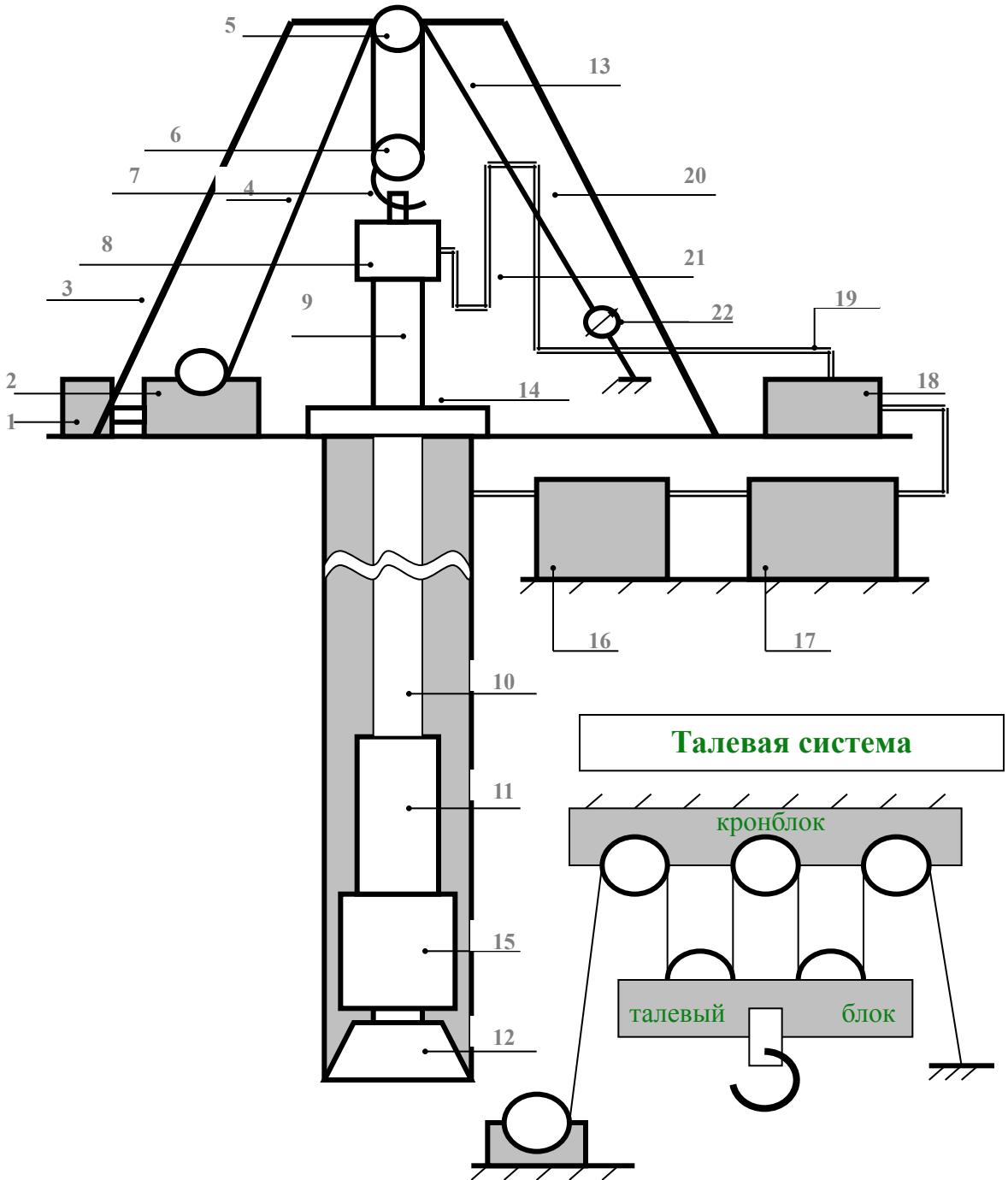
Бурение - процесс создания и крепления ствола скважины.

Создают ствол скважины путем разрушения горных пород и удаления обломков пород (выбуренной породы) из скважины (***углубление***).

Пробуренные интервалы ствола скважины закрепляют с целью предотвращения разрушения и разобщения пластов путем спуска и цементирования обсадных колонн (***крепление и цементирование***).

Б

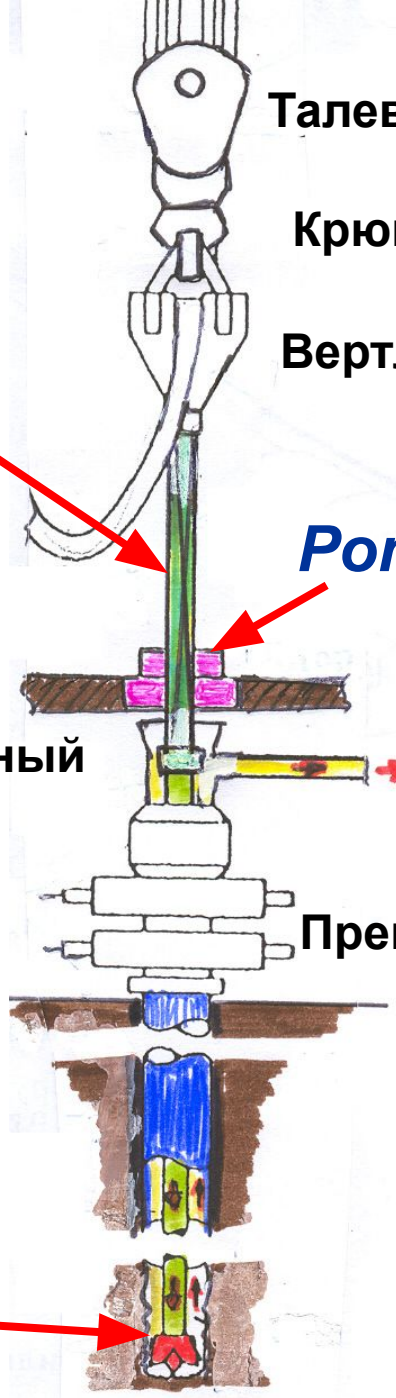
1. силовой привод
2. буровая лебёдка
3. вышка
4. талевый канат
5. кронблок
6. талевый блок
7. крюк
8. вертлюг
9. квадрат
10. бурильные трубы
11. УБТ
12. долото
13. мёртвый конец талевого каната
14. ротор
15. забойный двигатель
16. система очистки раствора
17. приёмная ёмкость
18. буровые насосы
19. манифольд
20. стояк
21. гибкий щланг
22. ГИВ

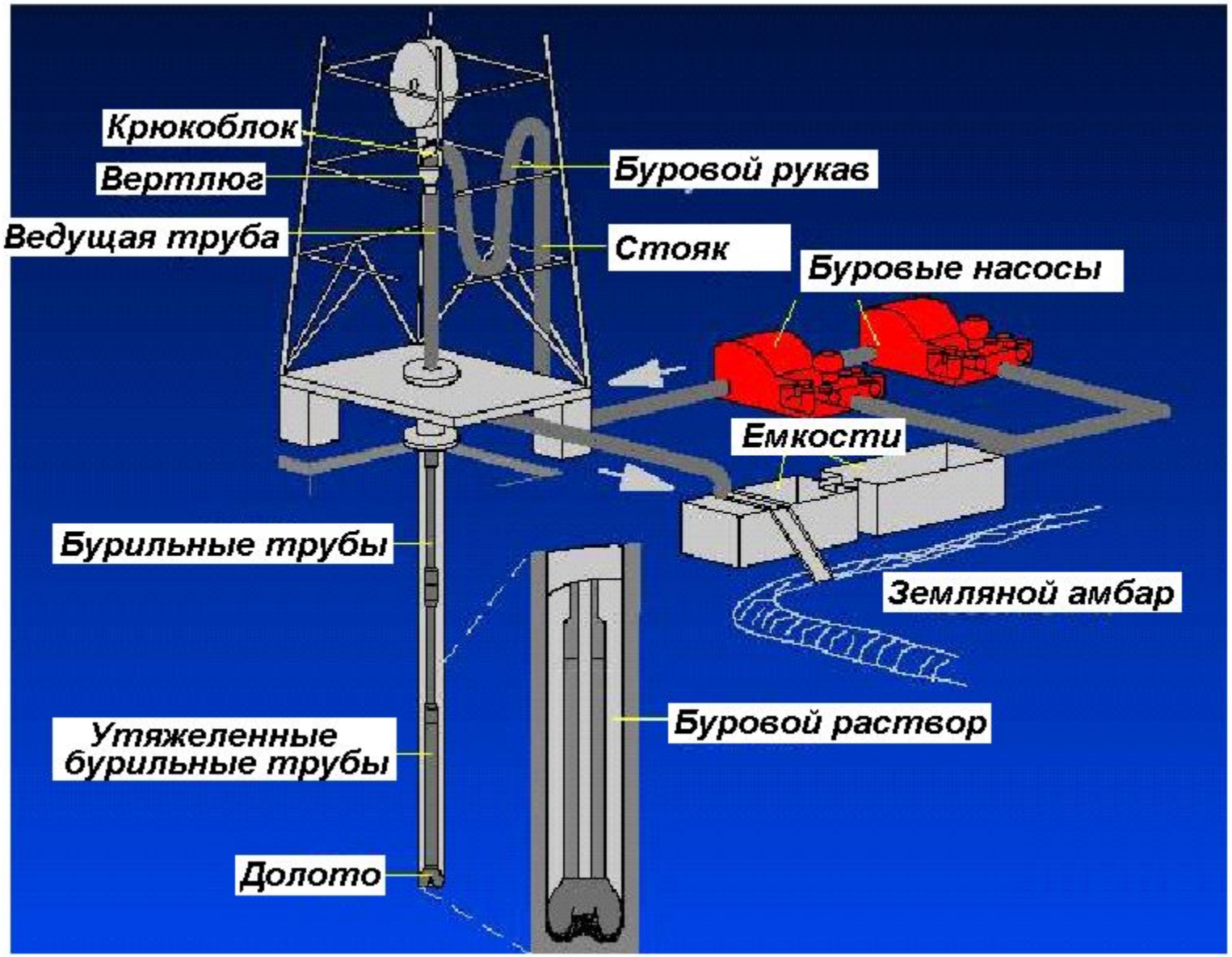


Углубление скважины

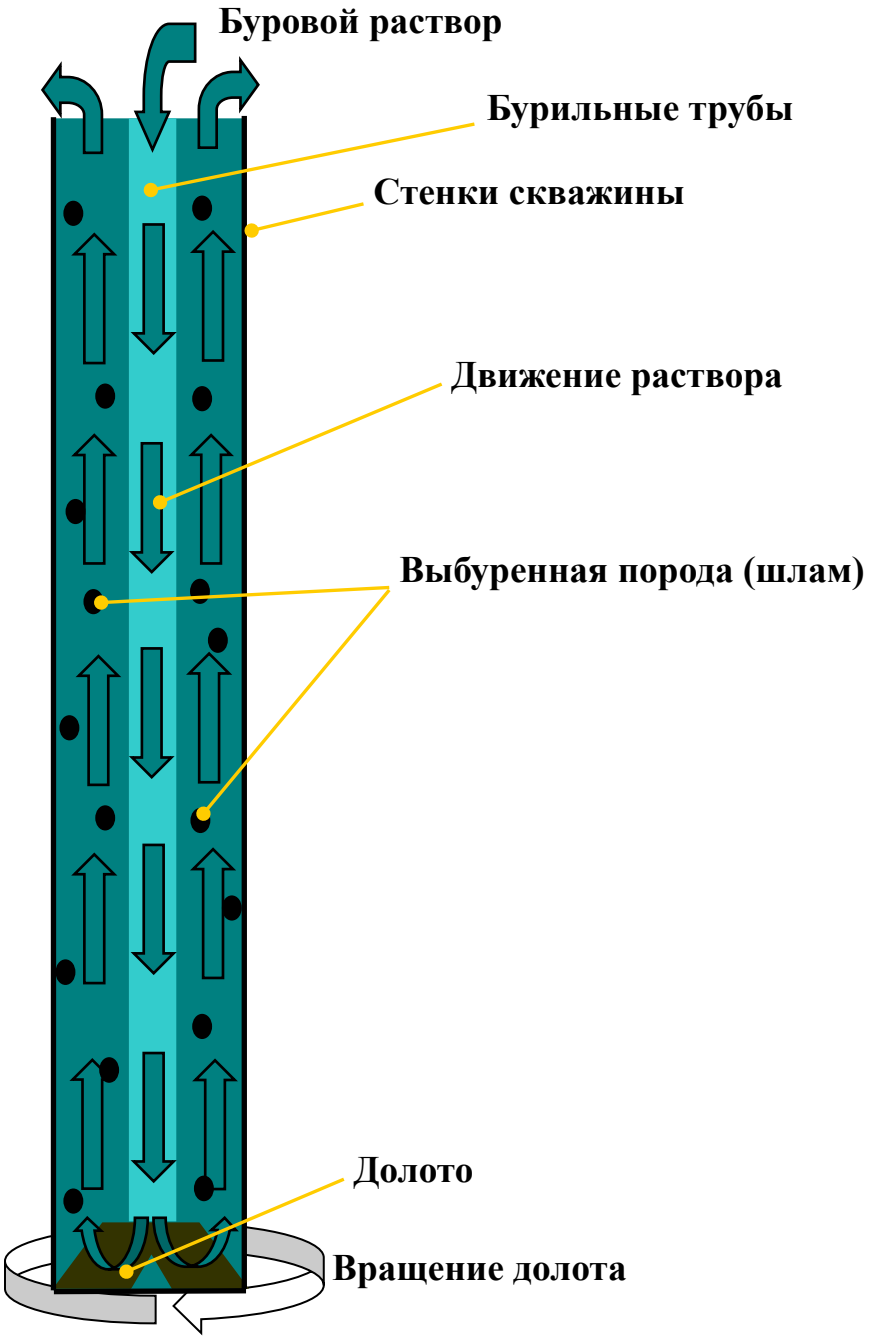
Забуривание скважины начинают ведущей трубой, к нижнему концу которой присоединено ***долото***.

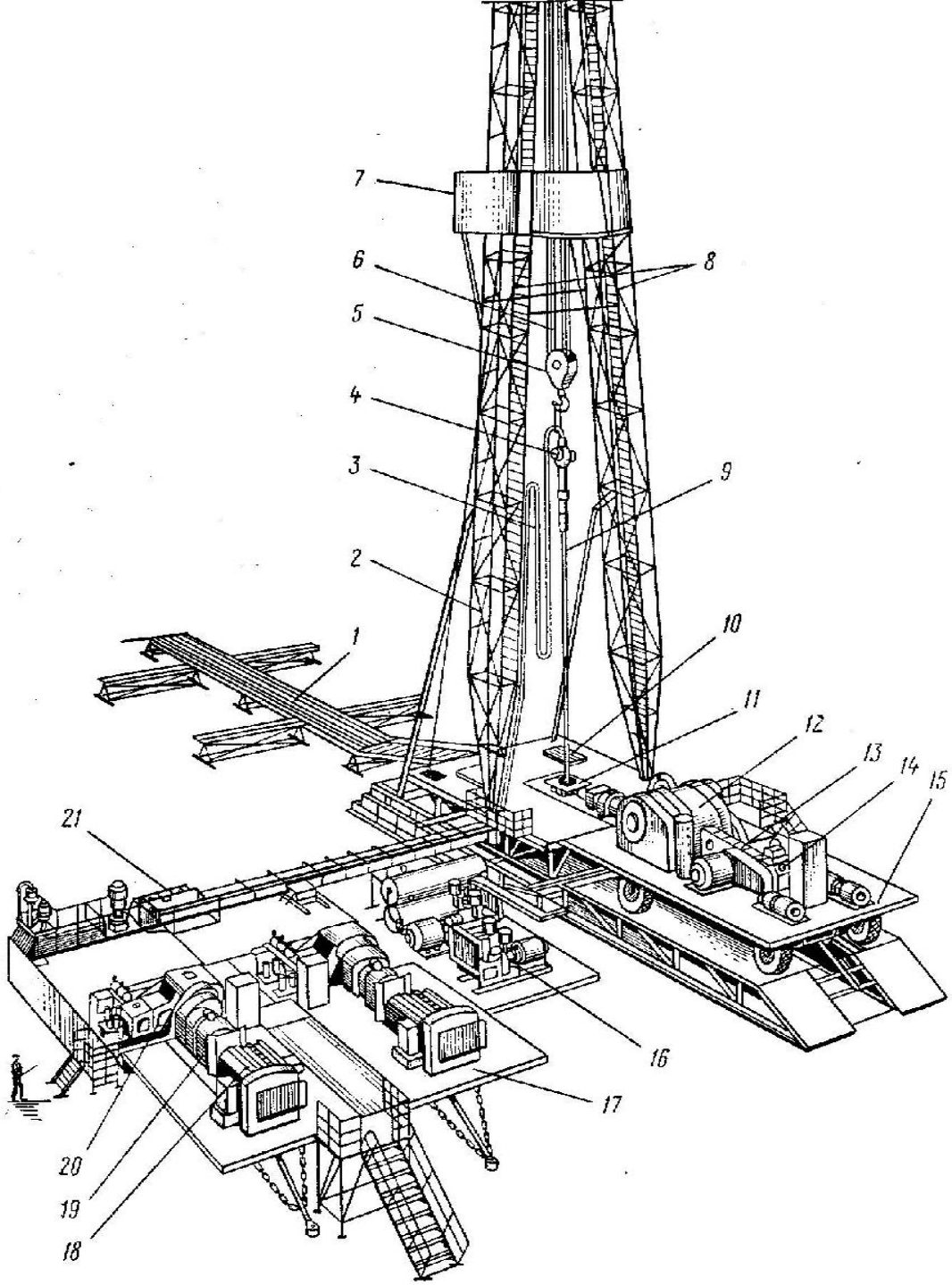
Ведущая труба имеет четырехгранное поперечное сечение для облегчения передачи ей вращающего момента от ***ротора.***




Крюкоблок
Вертлюг
Ведущая труба
Буровой рукав
Стояк
Буровые насосы
Емкости
Бурильные трубы
Земляной амбар
Буровой раствор
Утяжеленные бурильные трубы
Долото

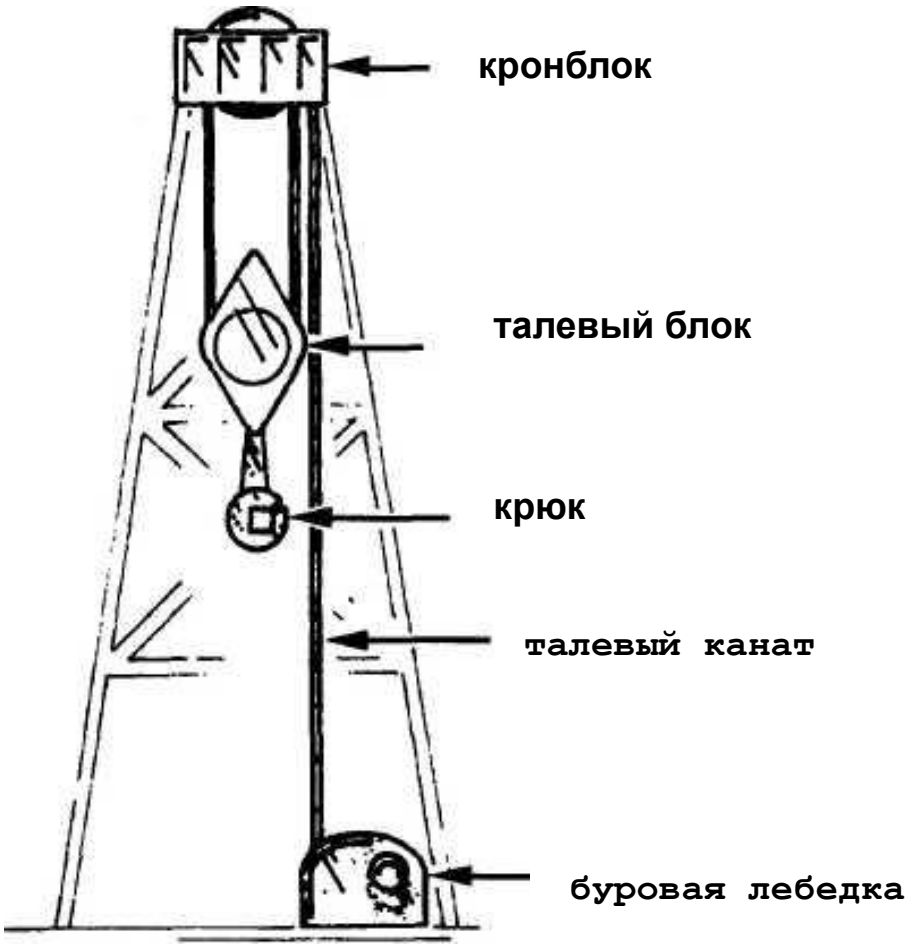
Принципиальная схема вращательного бурения




7
6
8
5
4
3
9
2
1
10
11
12
13
14
15
21
16
17
20
19
18

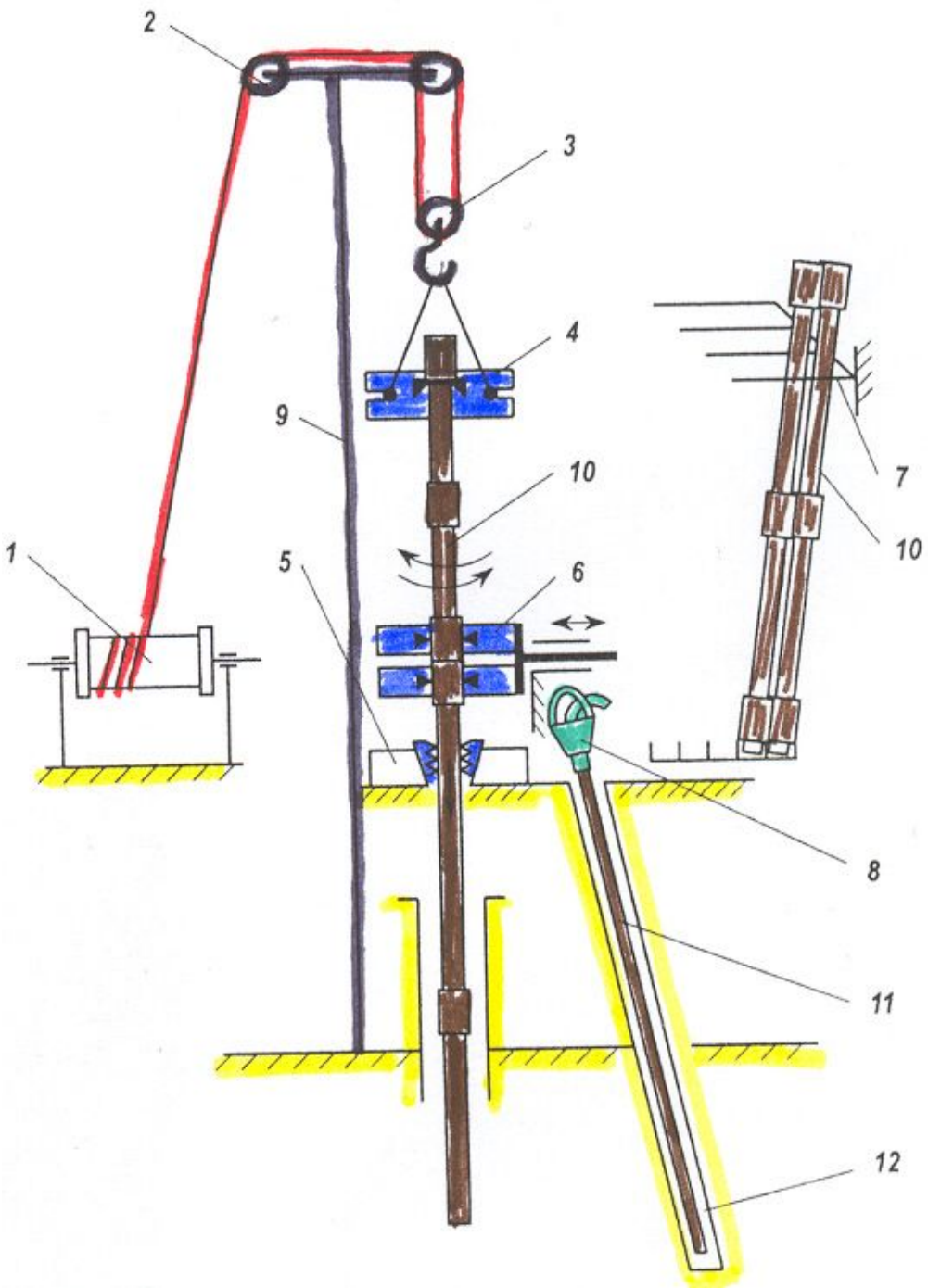
Буровая установка (вид сверху)

Буровое оборудование



Спуско-подъемный комплекс БУ

1 - буровая лебедка;
2 - кронблок;
3 - талевый блок;
4 - элеватор;
5 - клиновой захват;
6 - буровой ключ;
7 - свечеприемник;
8 - вертлюг;
9 - вышка;
10 - свеча бурильных труб;
11 - ведущая труба;
12 - шурф



Буровое оборудование

- Тип буровой установки (БУ) выбирается с таким расчетом, чтобы вес наиболее тяжелой бурильной колонны в воздухе составлял не более 60% от допустимой нагрузки на крюке:

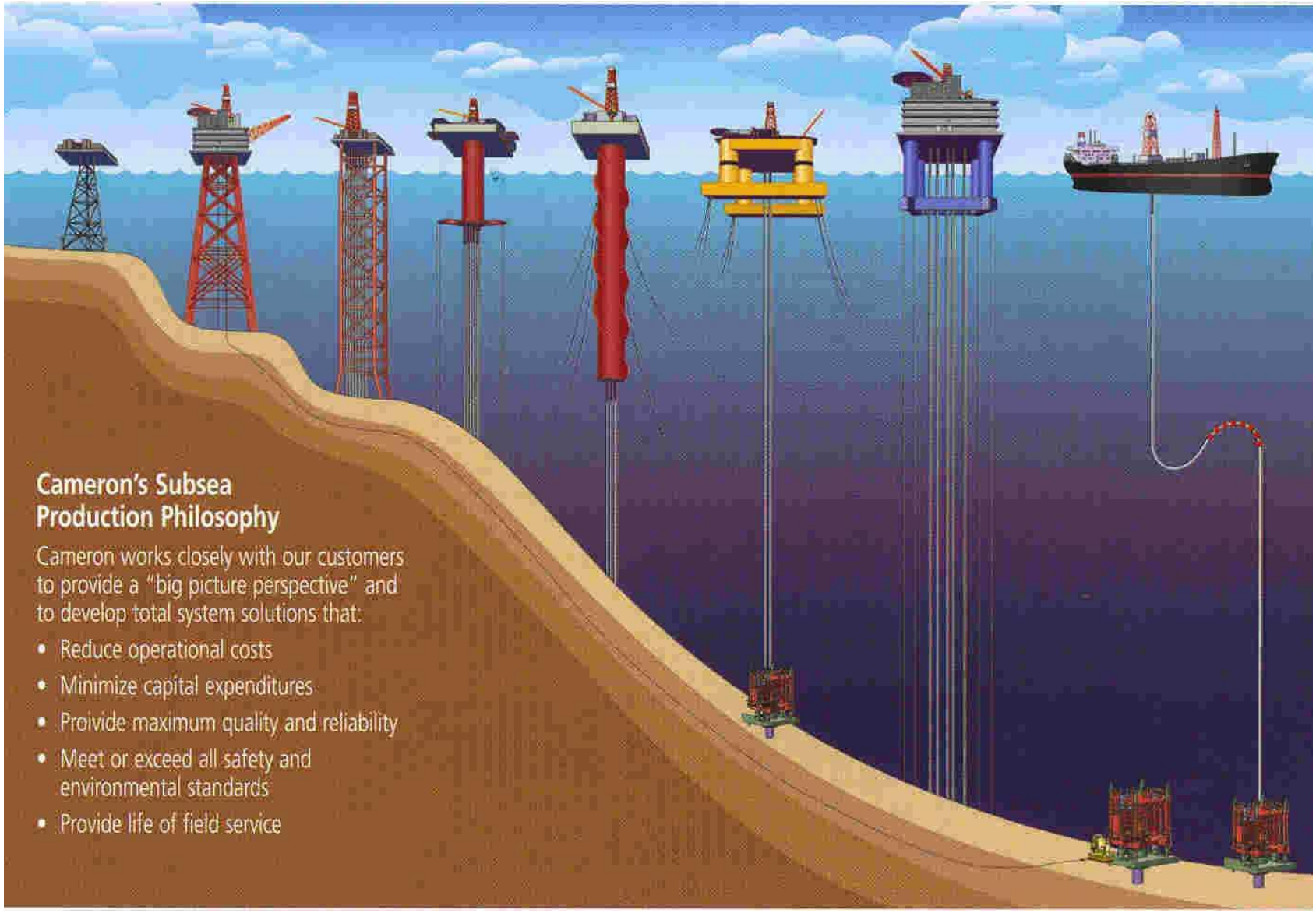
$$Q_{БК} \leq 0{,}6\ Q_{доп}$$

Морская самоподъёмная установка

Опоры опущены (рабочее положение)

Буровая платформа компании «ЛУКОЙЛ»

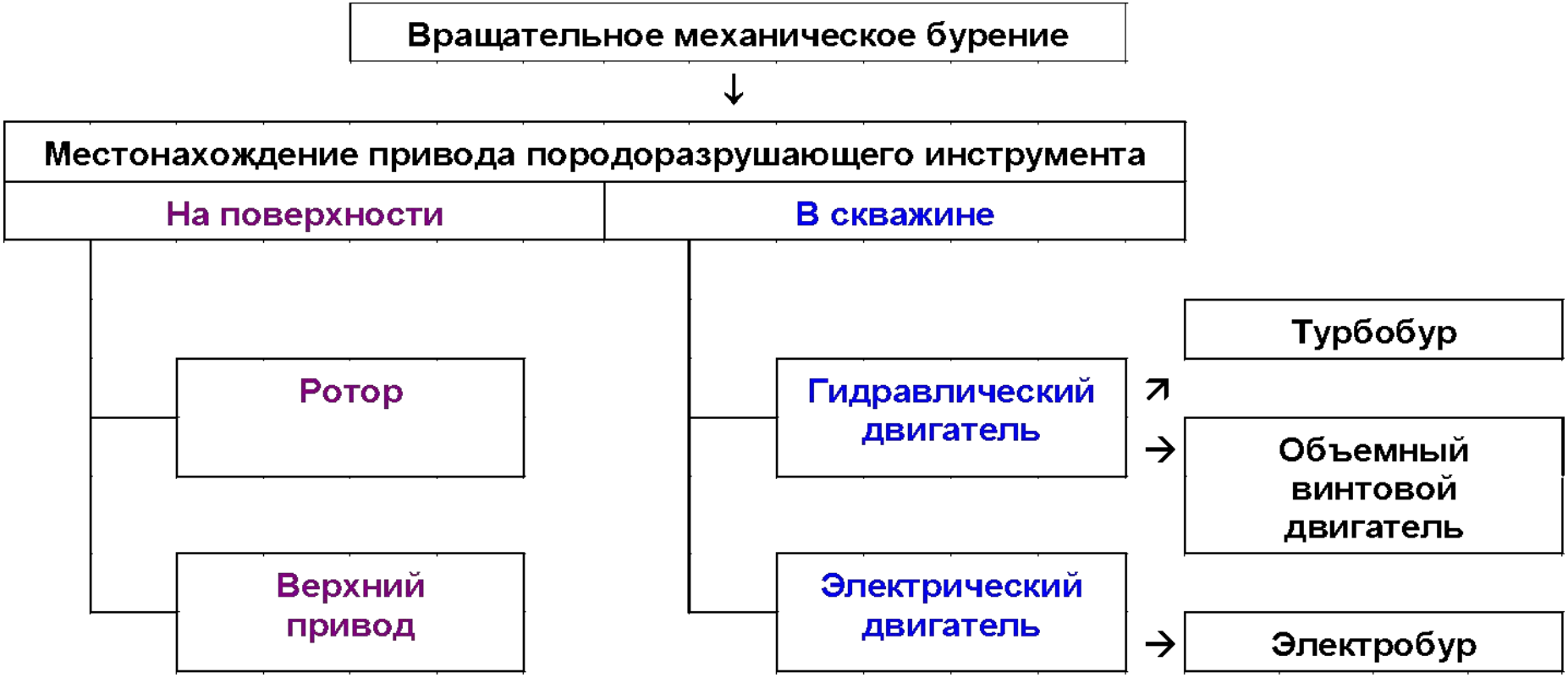
Установки для морского бурения фирмы «Камерон»



Способы бурения

- Ударный
  - Ударно-канатный
  - Ударный на трубах
- Ударно-вращательный
- Вращательный
  - Роторный
  - С забойными двигателями
    - Турбинный
    - С винтовыми забойными двигателями
    - Электро-бурение

Классификация способов вращательного бурения



Роторный способ бурения рекомендуется применять в следующих случаях:

- 1. Разбуривание мощных толщ пластичных глин, плотных глинистых сланцев и других пород, в которых целесообразно применение энергоемких долот (лопастных, шарошечных с крупными зубьями), там, где возможно более эффективно использовать гидромониторный эффект.
- 2. При бурении скважин шарошечными, алмазными и твердосплавными долотами диаметром 190,5 мм и менее, особенно в нижних интервалах глубоких скважин (более 3000-3500 м).
- 3. При бурении скважин в условиях, требующих применение утяжеленных буровых растворов (плотность более 1,7-1,8 г/см3).
- 4. При бурении в условиях высокой забойной температуры (более 140-150оС).
- 5. При бурении с очисткой забоя газом, аэрированной жидкостью.
- 6. При бурении с отбором керна повышенного диаметра в нормальных и осложненных условиях.
- 7.При бурении шнековыми долотами без промывки под направление.
- 8. При вырезке окон в обсадных колоннах при зарезке вторых стволов.

Гидравлические забойные двигатели рационально в следующих случаях:

- 1. При бурении шарошечными, алмазными и твердосплавными долотами (ИСМ и др.) диаметром более 190,5 мм скважин глубиной до 3000-3500 м.
- 2. При бурении в условиях применения буровых растворов с плотностью ниже 1,7-1,8 г/см3 (содержащих меньше абразивных частиц утяжелителя).
- 3.При температуре в скважине до 140-150 оС.
- 3. При проходке участков искривления скважин, а также при забуривании вторых стволов в обсаженных скважинах
- 4. При вскрытии продуктивных пластов горизонтальными участками ствола скважины.
- 5. При бурении верхних интервалов глубоких скважин большого диаметра (использование турбинных агрегатов РТБ).
- 6. При бурении с отбором керна малого диаметра в нормальных условиях (турбодолота).

Винтовые забойные двигатели (ВЗД) хорошо зарекомендовали себя при бурении как в мягких, так и в твердых породах на глубинах свыше 1500 -2000 м

Исходная информация	Способ бурения	
	роторный	гидравлический забойный двигатель
Глубина, м:		
3000–3500	+	+
3500–4200	+	–
>4200	+	–
$T_{заб}$, °С:		
>140	+	+
<140	+	–
Профиль ствола скважины:		
вертикальный	+	+
наклонно направленный, горизонтальный	–	+
Тип и размер долот:		
энергоемкие типа 2Л, 3Л, шарошечные типа М	+	–
шарошечные типа МС, МСЗ, С, СЗ, СТ, Т, ТЗ, ТКЗ, К и ОК	+	+
гидромониторные	+	–
многолопастные твердосплавные истирающего действия	–	+
алмазные и ИСМ	–	+
шарошечные бурильные головки диаметром, мм:		
<190,5	+	–
>190,5	+	+
Тип циркулирующего агента:		
буровой раствор плотностью, кг/м^3:		
≤1700–1800	+	+
≥1700–1800	+	–
степень аэрации:		
высокая	+	–
низкая	+	+
Газы, пена	+	–

Примечание. Знакам "плюс" и "минус" соответствуют рекомендуемая и нерекомендуемая области применения.

Классификация породоразрушающего инструмента

По назначению:

- ***Для сплошного бурения*** **(долота)**
- ***Для отбора керна*** **(бурильные головки)**
- ***Для специальных работ*** **(калибраторы, расширители и т.д)**

По основному механизму РГП:

- ***дробящий;***
- ***скалывающий;***
- ***дробяще-скалывающий;***
- ***режущий;***
- ***режуще-скалывающий;***
- ***истирающий.***

По способу разрушения породы буровые долота бывают:

- **режуще-скалывающего действия,** разрушающие породу лопастями или пластинами. Предназначены они для разбуривания мягких пород.

- **дробящего действия,** разрушающие породу зубьями или штырями, расположенными на шарошках. При вращении долота зубья (штыри) шарошек внедряются в породу и разрушают ее путем дробления. Предназначены они для твердых, крепких и очень крепких пород.

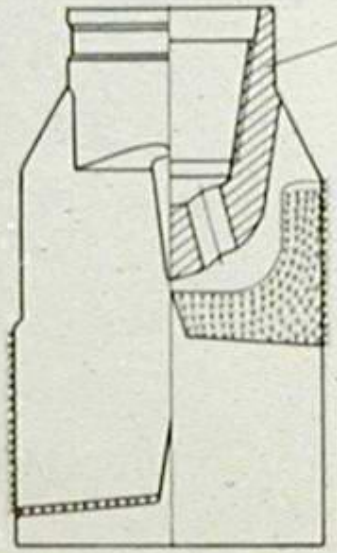
- **дробяще-скалывающего действия,** разрушающие породу зубьями или штырями, расположенными на шарошках. При вращении долота наряду с дробящим действием зубья (штыри) шарошек, проскальзывая по забою скважины, скалывают (срезают) породу, за счет чего повышается эффективность разрушения пород. Предназначены для разбуривания мягких пород, пород средней твердости и твердых.

- **режуще-истирающего действия,** разрушающие породу алмазными зернами или твердосплавными штырями, располагающимся в торцовой части долота или в кромках лопастей долота. Горная порода разрушается при вращении долота путем микрорезания и истирания.

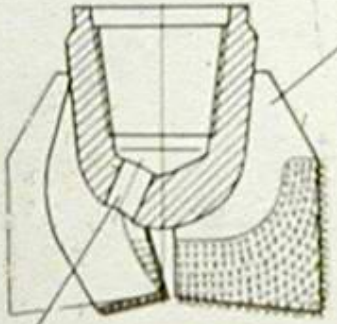
ПОРОДОРАЗРУШАЮЩИЙ ИНСТРУМЕНТ

Лопастные долота

Двухлопастное

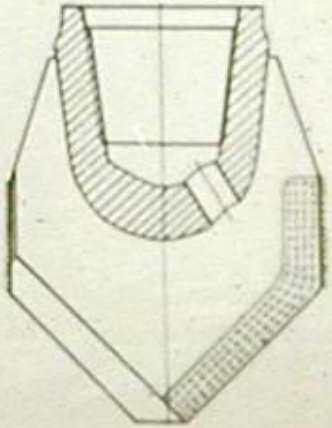


Трехлопастное

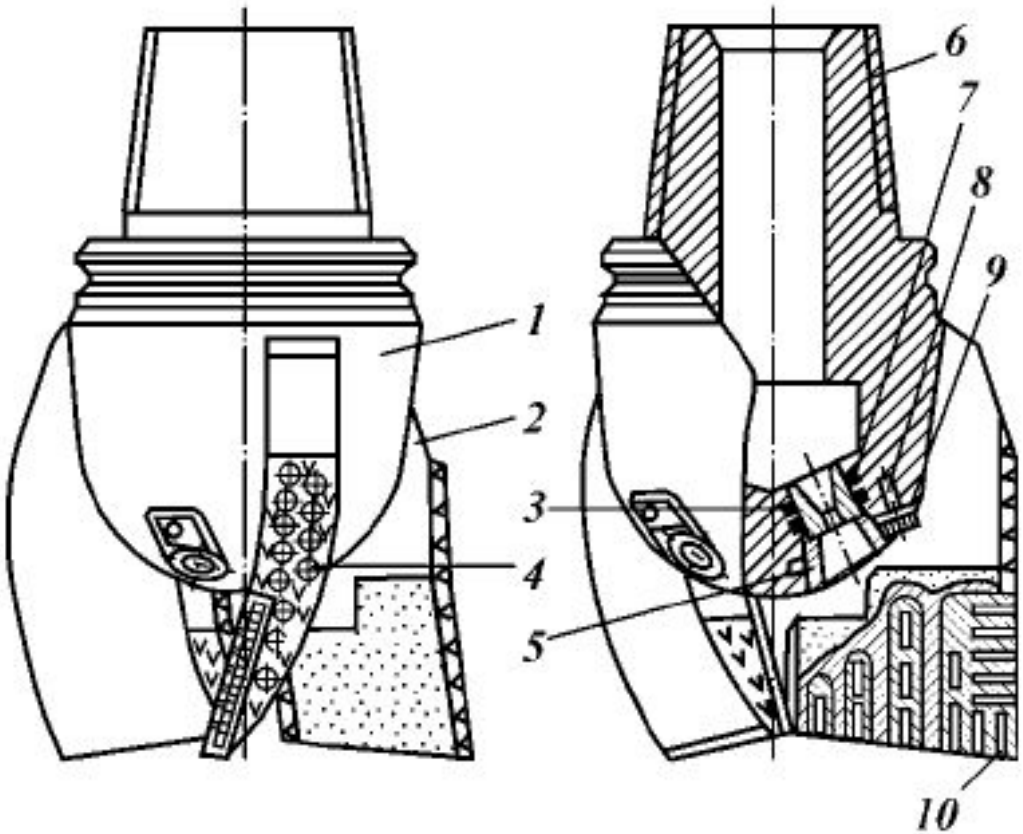


Промывочное отверстие

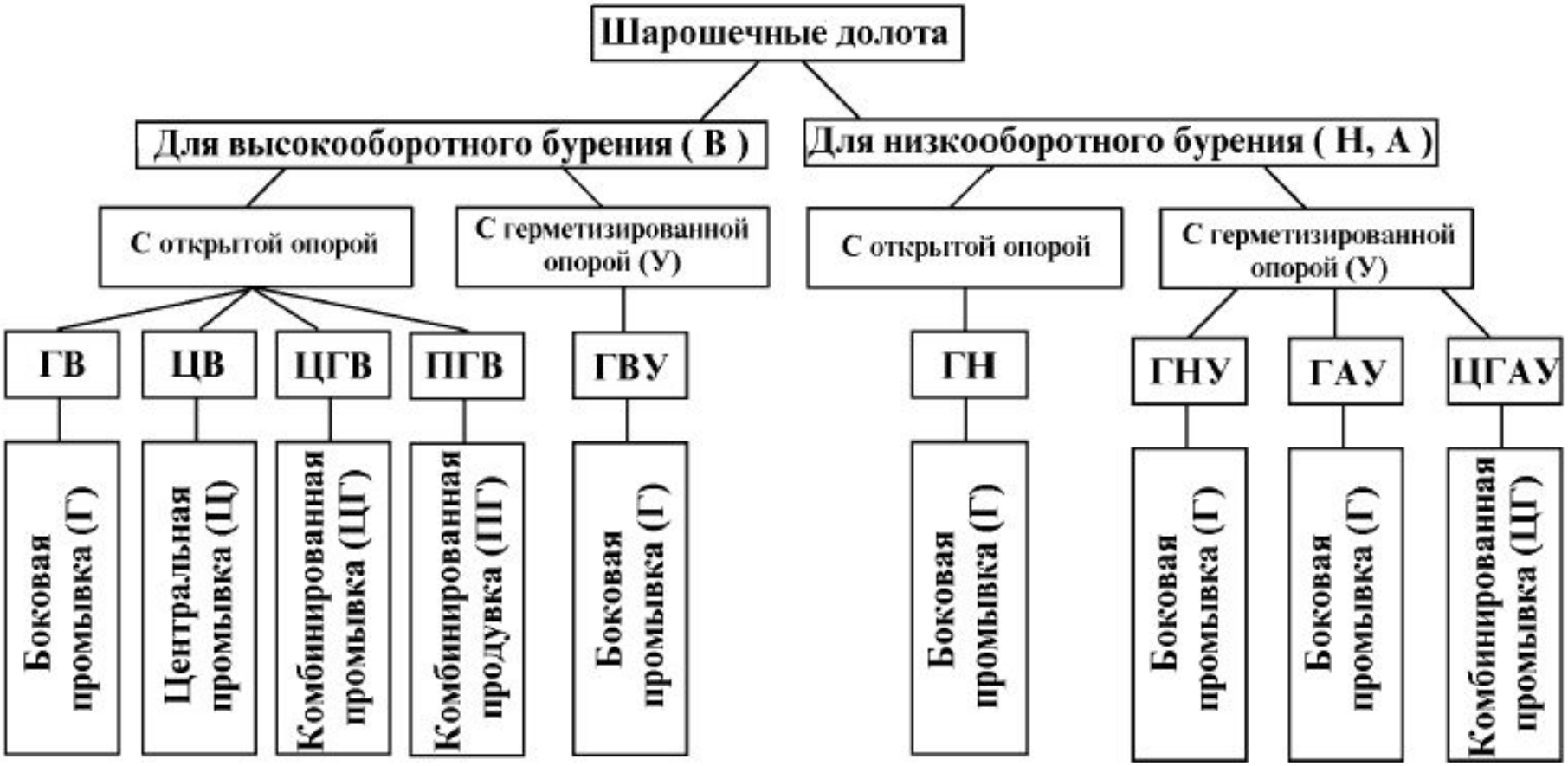
Пикообразное



Конструкция трехлопастного долота



1 - корпус; 2 - лопасти; 3 – гидромониторная насадка; 4 – твердосплавные штыри; 5, 9 – стопорные шайбы; 6 – присоединительная (замковая) резьба; 7 – герметизирующие кольца; 8 - болт; 10 – твердосплавные пластинки.

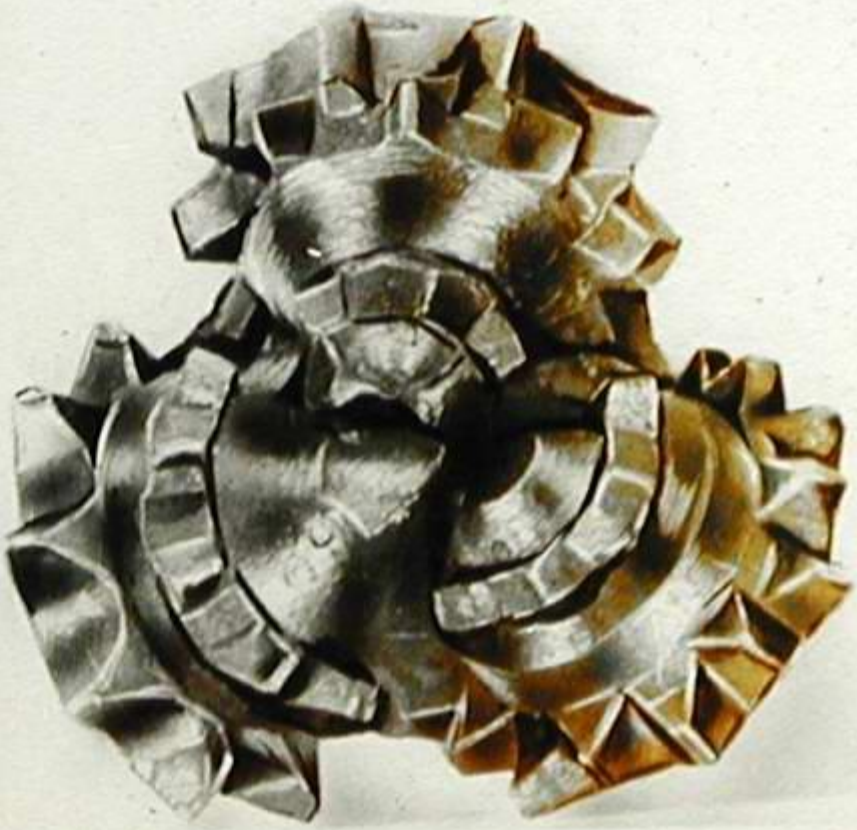


Классификация шарошечных долот

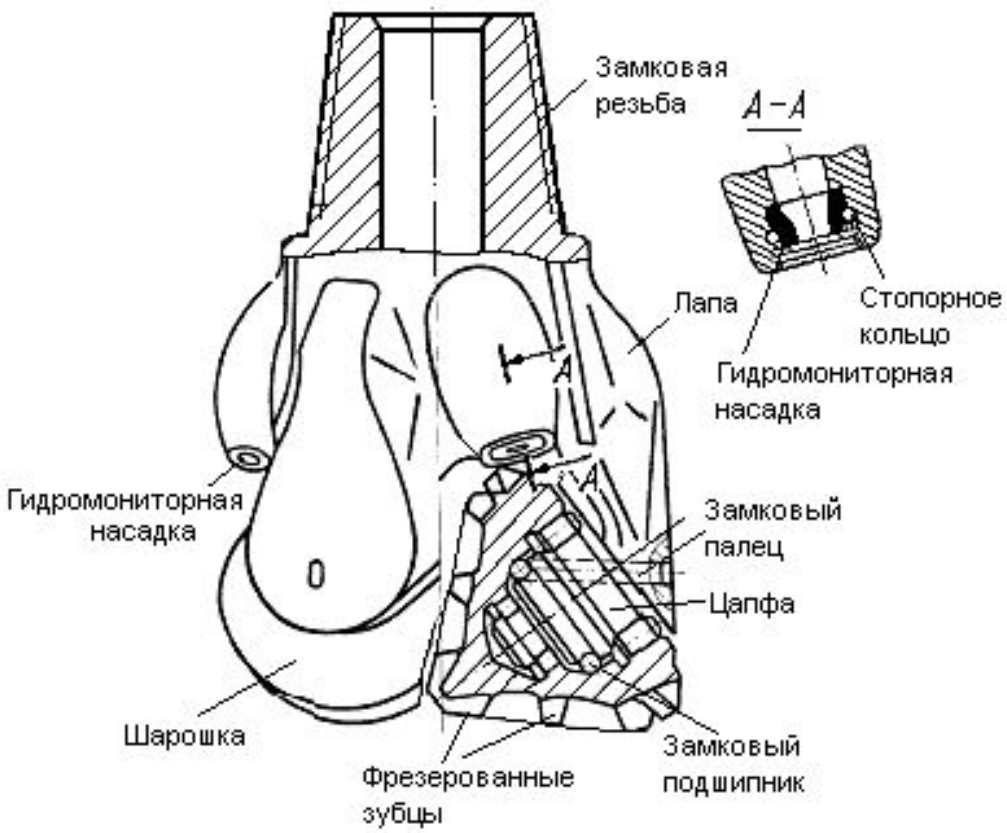
ТИПЫ ДОЛОТ

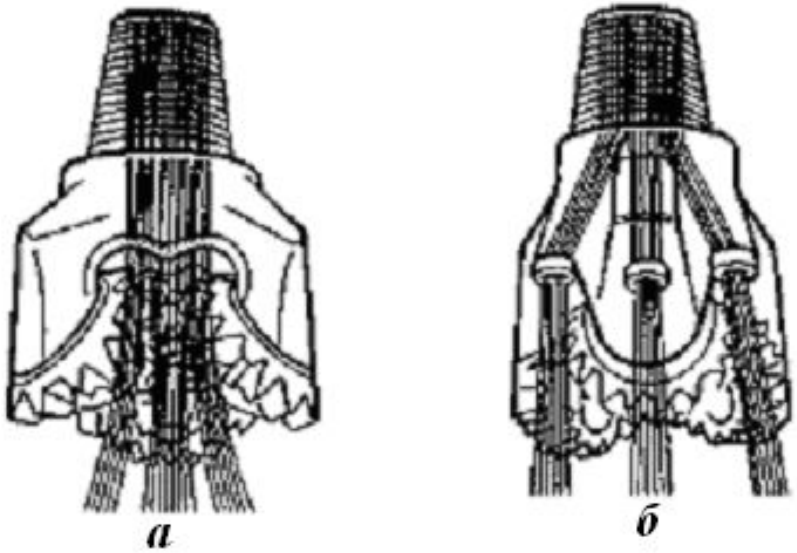
Трехшарошечные долота

М — для мягких пород



Конструкция трехшарошечного долота





Система промывки забоя скважины у шарошечных долот:
а — центральная;
б— гидромониторная.

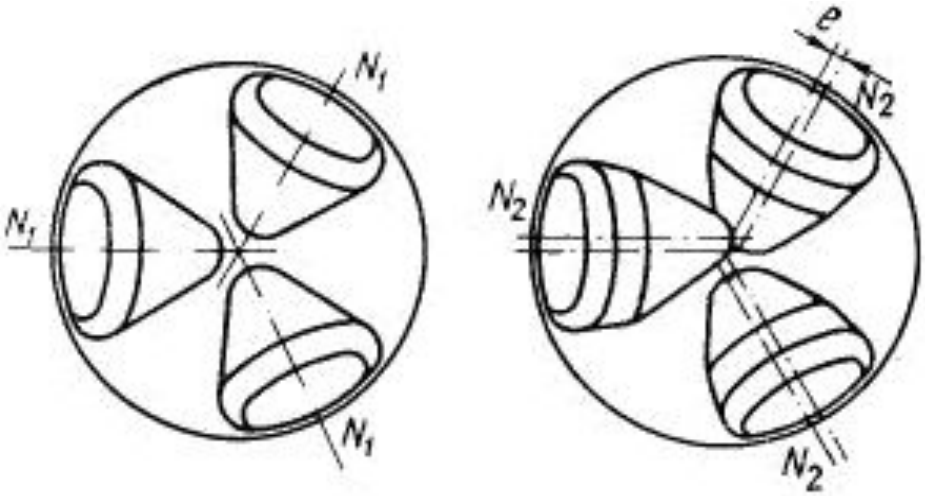
Шарошечные долота

По материалу вооружения шарошечные долота делятся на два класса:

- 1 класс – долота с фрезерованным стальным вооружением для бурения малоабразивных пород (М, МС, С, СТ, Т, ТК);
- 2 класс – долота со вставным твердосплавным вооружением для бурения абразивных пород (МЗ, МСЗ, СЗ, ТЗ, ТКЗ, К, ОК)

Шарошечные долота дробящего действия (для пород типа К и ОК) имеют шарошки, оси которых пересекаются в одной точке, находящейся на оси долота (рис. *а*).

Долота дробяще-скалывающего действия (для пород от М до Т) имеют смещение осей, что обеспечивает проскальзывание зубьев по забою и эффект скалывания породы между лунками разрушения. Величина смещения (*е*) уменьшается по мере повышения твердости породы (рис. *б*).



Опоры шарошек в зависимости от типоразмера долот конструируются из различных сочетаний шариковых и роликовых подшипников качения и подшипников скольжения.

Опоры шарошек изготовляются:

- - на подшипниках качения — В (для высокооборотного бурения - более 400 об/мин);
- - на одном подшипнике скольжения (остальные - под шипники качения) – Н (для низкооборотного бурения – 100 - 400 об/мин);
- - на одном подшипнике скольжения с герметизацией уплотнительными кольцами и резервуарами для смазки — НУ;
- - двух подшипниках скольжения и более с герметизацией — АУ (для бурения на пониженных частотах вращения - не более 100 – 150 об/мин).

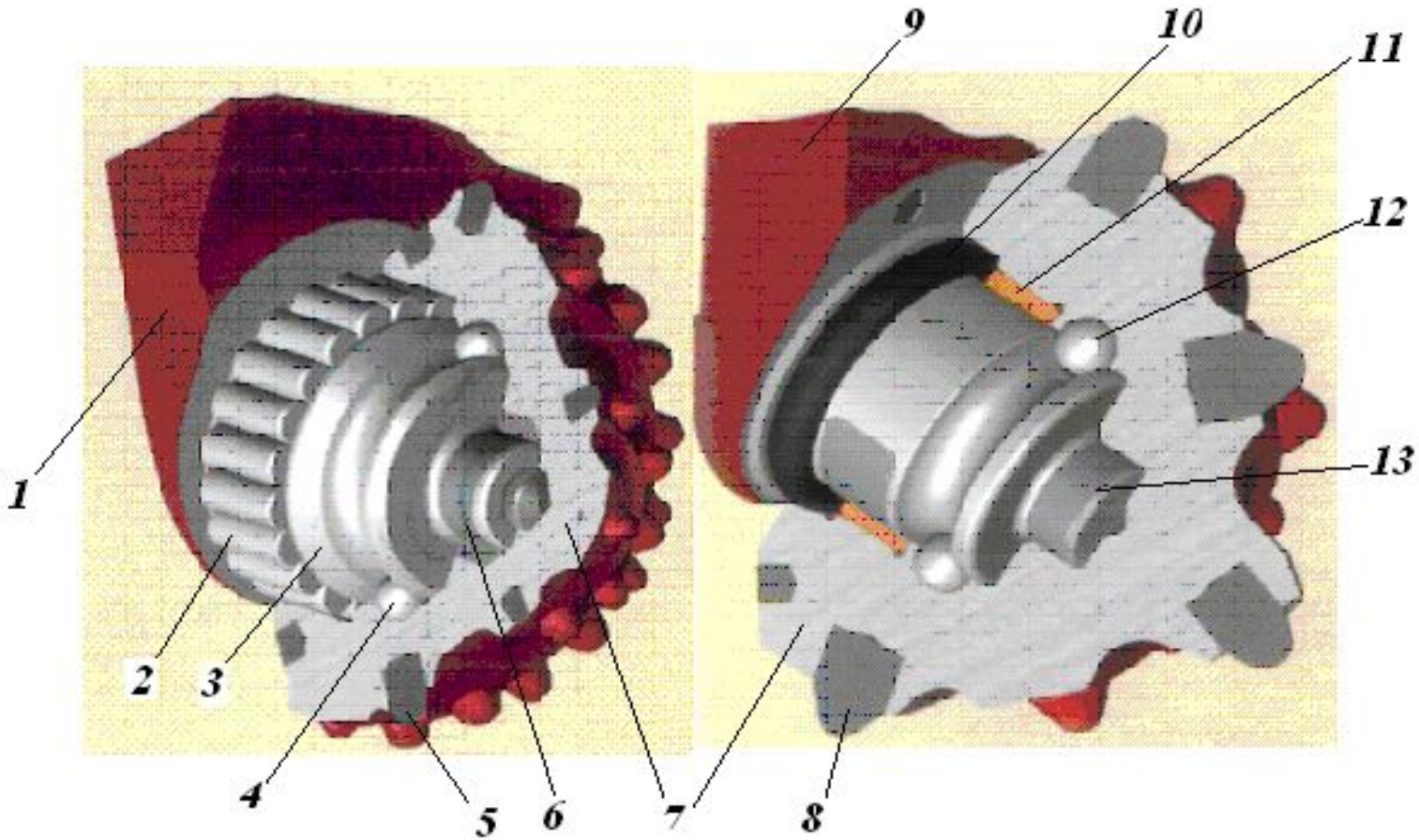


Схема опор шарошек:

а - опора типа РШС; ***б*** – опора типа СШС»

1, 9 – лапа долота; 2 – роликовый подшипник; 3 – цапфа; 4, 12 – замковый шарикоподшипник; 5, 8 – твердосплавные зубцы; 6, 11, 13 – подшипник скольжения; 7 – тело шарошки; 10 – уплотнение опоры.

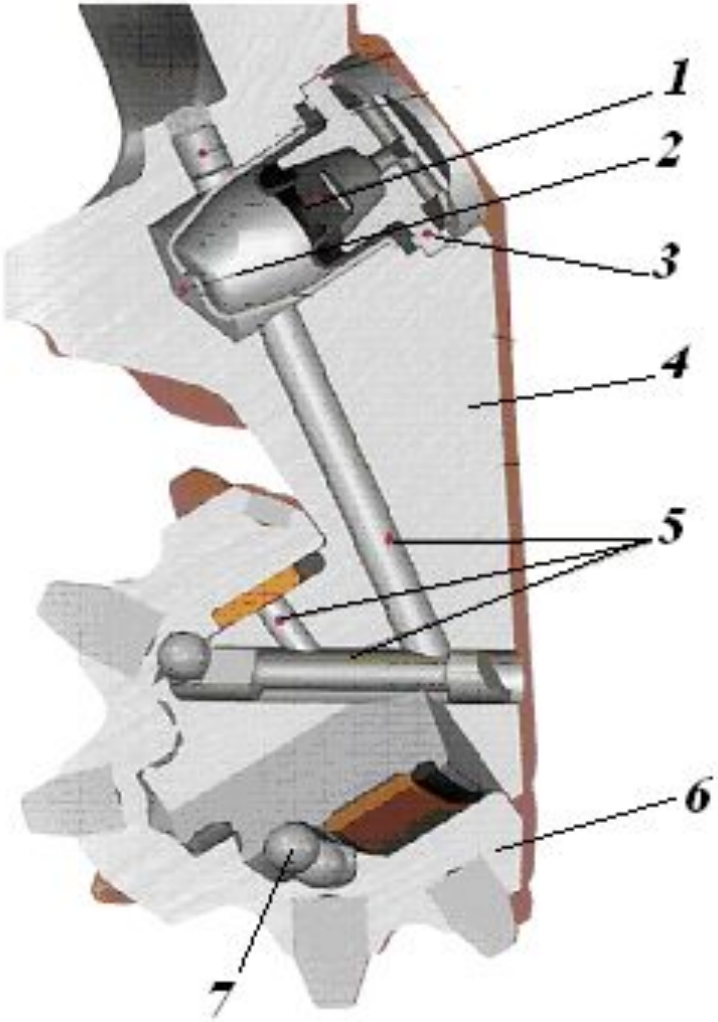


Схема герметизированной маслонаполненной опоры:

1 – резиновая диафрагма; 2 – камера для смазки; 3 – крвшка с отверстием; 4 – лапа долота; 5 – система каналов для подачи смазки в опору; 6 – шарошка; 7 – замковый шарикоподшипник.

ШИФРЫ УСЛОВНОГО ОБОЗНАЧЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ДОЛОТ

Число шарошек	Диаметр долота, мм	Тип олота д	Система промывки	Вид опор	Герметизация опор
III	190,5	МЗ	Г	А	У
III	215,9	ТКЗ	Г	Н	У
III	215,9	С	Г	Н	-
III	269,9	М	Г	В	-
III	295,3	Т	Ц	В	-

*

арошек

III 215,9 ТКЗ-ГНУ - трехшарошечное долото диаметром 215,9 мм для бурения твердых абразивных пород с пропластками крепких; боковая гидромониторная промывка; опоры шарошек на концевых подшипниках скольжения и двух подшипниках качения, с герметизацией и смазкой

Маркировка шарошечных долот

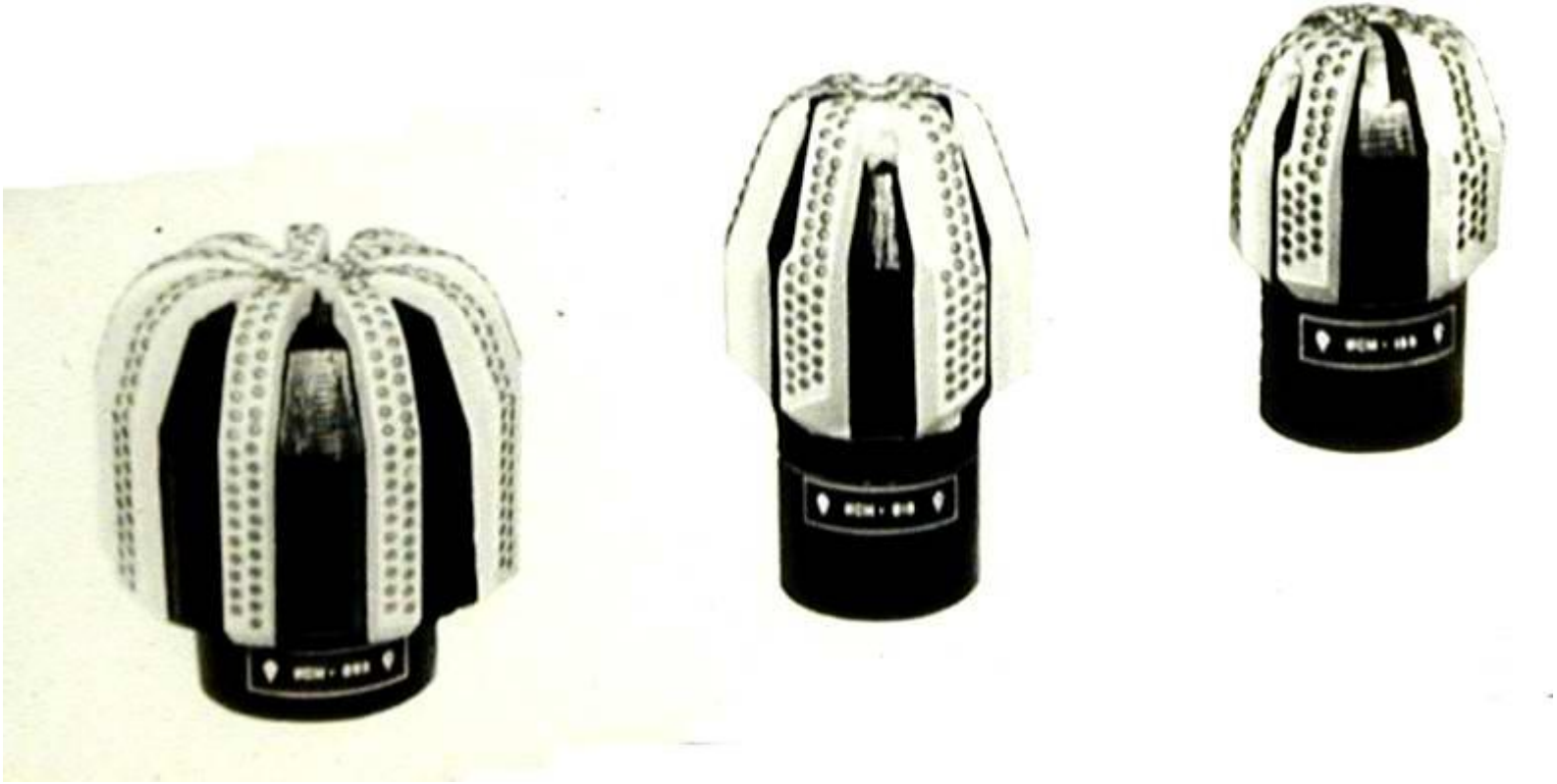
Пример условного обозначения шарошечного долота:

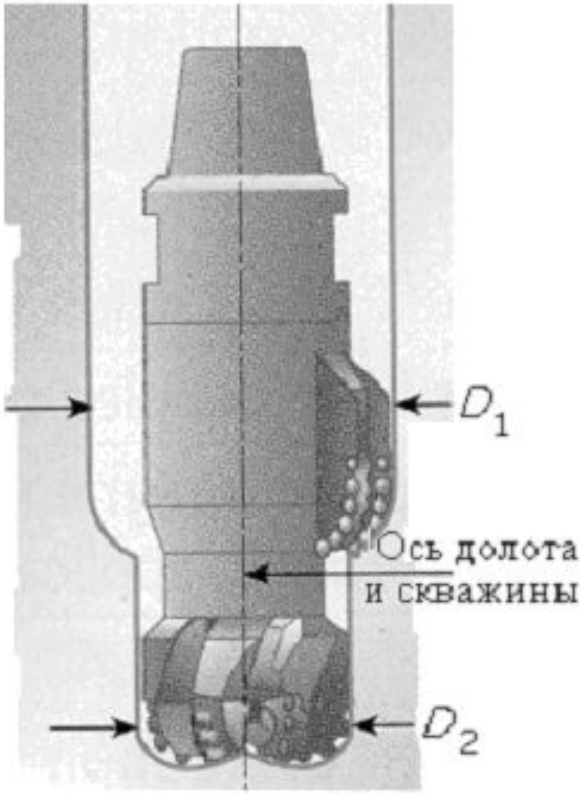
Ш 269,9 С-ГНУ-2

- *номер заводской модели*
- *обозначение вида опоры – герметизированная*
- *тип опоры – для низкооборотного бурения*
- *обозначение вида промывки – гидромониторная*
- *тип горных пород – для пород средней твердости*
- *диаметр долота в мм*
- *число шарошек долота – три*

Алмазные долота

Долота истирающе-режущего типа ИСМ
из сверхтвердого материала „Славутич"

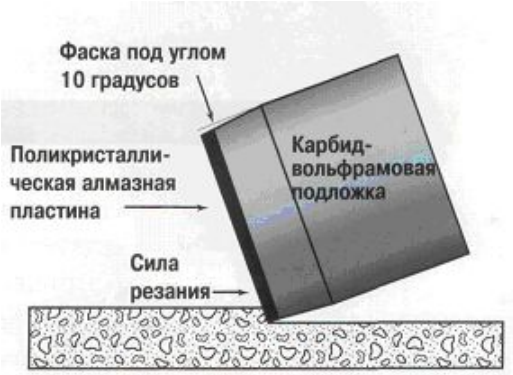


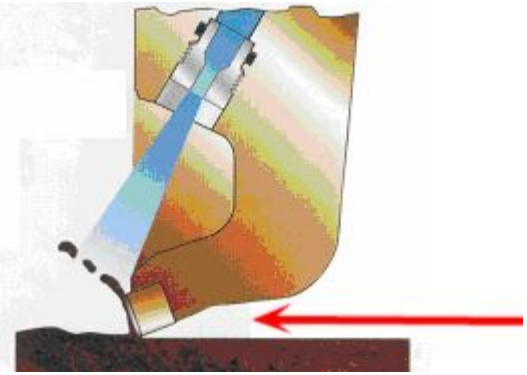


Бицентричное долото:

D_1 – диаметр образующегося ствола скважины;

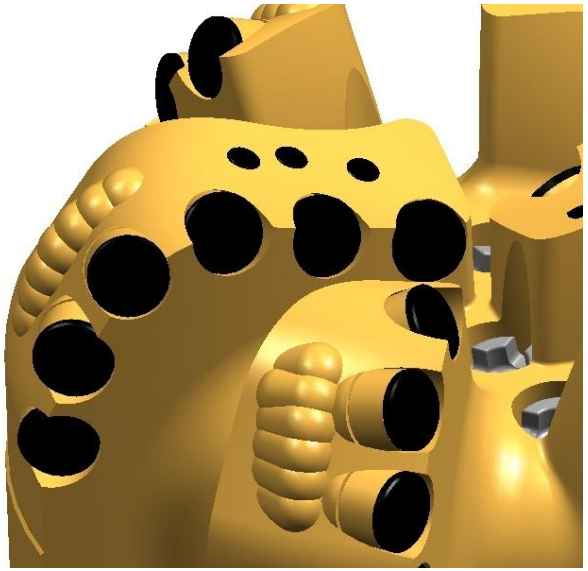
D_2 – диаметр пилотной части долота.

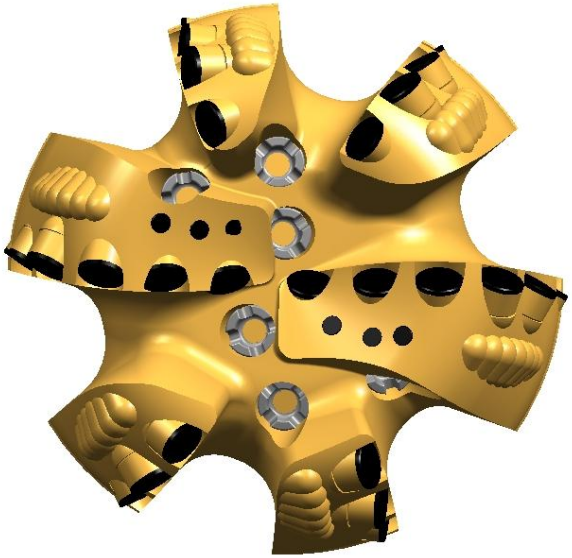




Долота с поликристаллическими алмазными пластинами АТП

Конструкция PDC долота с применением технологии EZSteer™





Выбор типов долот

- Диаметры долот определяются при проектировании конструкции скважины
- В основу выбора типов долот должны быть положены:
  а) механические свойства пород (твердость, пластичность, абразивность и др.);
  б) литологический состав пород;
  в) интервалы отбора керна
  г) результаты отработки долот по данной площади или соседним площадям.
- Сначала следует разбить разрез скважины на интервалы бурения с учетом конструкции скважины, интервалов отбора керна.

  Затем с учетом механических свойств горных пород каждый интервал разбивается на пачки, в пределах которых можно использовать один типоразмер долота (бурильной головки) и один способ бурения.

Области применения шарошечных долот

Тип	Исполнение	Область применения
М	С фрезерованными зубьями	Бурение мягких пород
МЗ	Со вставными твердосплавными зубками	Бурение мягких абразивных пород
МС	С фрезерованными зубьями	Бурение мягких пород с пропластками пород средней твердости
МСЗ	Со вставными твердосплавными зубками	Бурение мягких абразивных пород с пропластками пород средней твердости
С	С фрезерованными зубьями	Бурение пород средней твердости
СЗ	Со вставными твердосплавными зубками	Бурение абразивных пород средней твердости
СТ	С фрезерованными зубьями	Бурение пород средней твердости с пропластками твердых пород
Т	С фрезерованными зубьями	Бурение твердых пород
ТЗ	Со вставными твердосплавными зубками	Бурение абразивных твердых пород
ТКЗ	Со вставными твердосплавными зубками	Бурение абразивных твердых пород с пропластками крепких пород
К	Со вставными твердосплавными зубками	Бурение крепких пород
ОК	Со вставными твердосплавными зубками	Бурение очень крепких пород

Классификация горных пород нефтяных месторождений по твердости

Горные породы			группы											
			мягкие		средние		твердые		крепкие		Очень крепкие			
			категории											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
			Твердость, МПа											
			<10	10-25	25-50	50-100	100-150	150-200	200-300	300-400	400-500	500-600	600-700	>700
Глинистые		Глины												
		Мергели												
		Аргиллиты, глинистые сланцы												
		Окремнелые глинистые породы												
Обломочные	Песчаники кварцевые	С глинистым базальным цементом												
		С глинистым поровым цементом												
		С карбонатн. и сульф. базальным цементом												
		С контактным кварцевым цементом												
		С регенерационным кварцевым цементом												
	Алевролиты кварцевые	С глинистым базальным цементом												
		С глинистым поровым цементом												
		С карбонатным базальным цементом												
		С контактным кварцевым цементом												
		С регенерационным кварцевым цементом												
Карбонатные	Известняки	Пелитоморфные												
		Мелкозернистые												
		Органогенные, органогенно-обломочные												
	Доломиты	Пелитоморфные												
		Мелкозернистые												
		Среднезернистые												
Галоидные и сульфатные		Каменная соль												
		Гипс												
		Ангидрит												
Кремнистые														

Примечание: Штриховкой обозначены: плотные породы (до 5% пористости) – крестообразной; слабопористые (до 10% пористости) наклонной; сильнопоритые (более 10% пористости) – горизонтальной.

Выбор буровых долот

Виды разрушения горной породы на забое:

1. Поверхностное
2. Усталостное
3. Объемное

Бурение с отбором керна

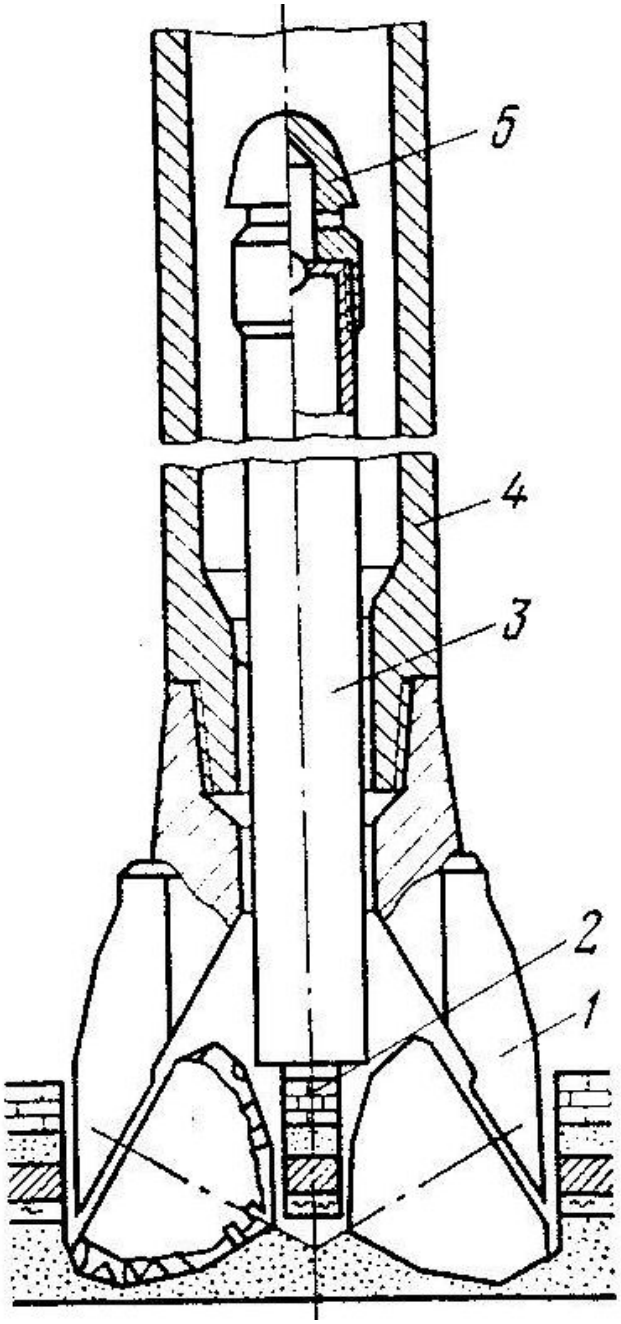
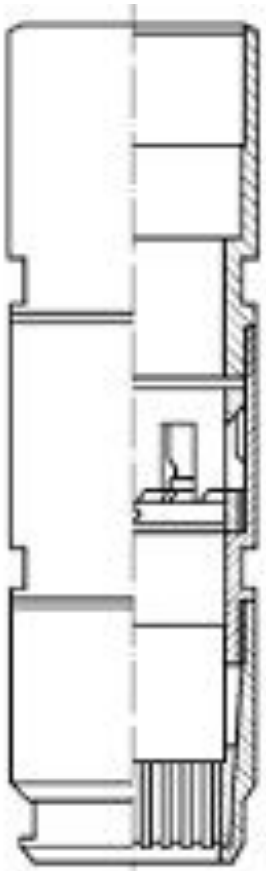
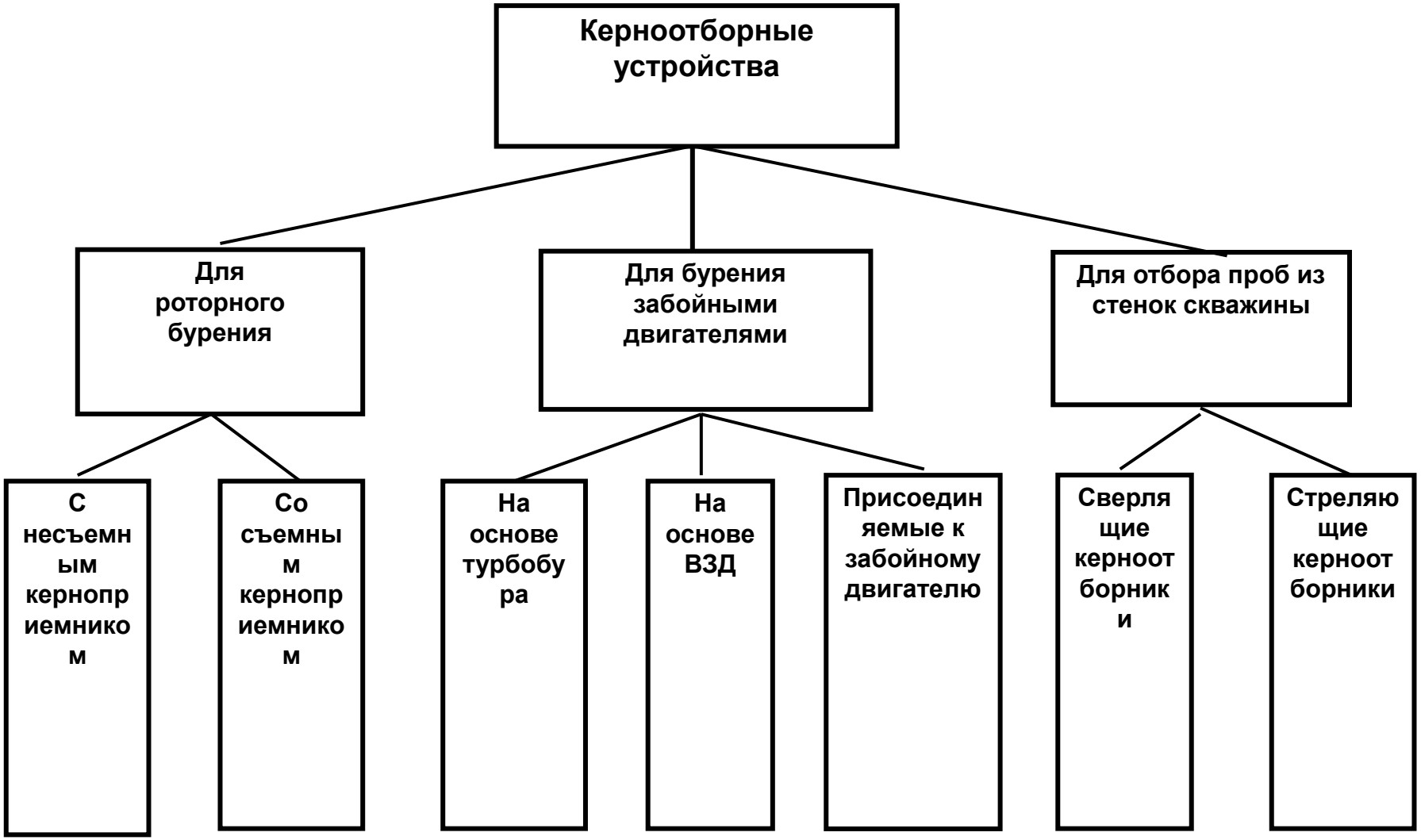
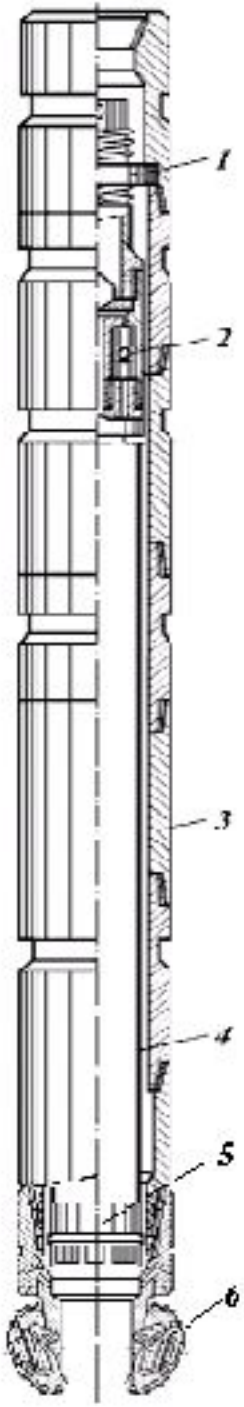


Схема керноотборного снаряда:
1- бурильная головка;
2 – керн;
3 – керноприемная труба;
4 – корпус снаряда;
5 – клапан.



Кернорватели


Керноотборные устройства
Для роторного бурения
Для бурения забойными двигателями
Для отбора проб из стенок скважины
С несъемным керноприемником
Со съемным керноприемником
На основе турбобура
На основе ВЗД
Присоединяемые к забойному двигателю
Сверлящие керноотборники
Стреляющие керноотборники



Керноприемные устройства

Для бурения, с отбором керна, выпускаются керноприемные устройства, применяемые при различных по физико-механическим свойствам горных породах и условиях бурения:

серия "Недра" - для не осложненных условий бурения скважин;

серия "Кембрий" — для условий бурения в рыхлых слабосцементированных и трещиноватых горных породах;

серия "Силур" — для бурения в осложненных осыпями и обвалами условий;

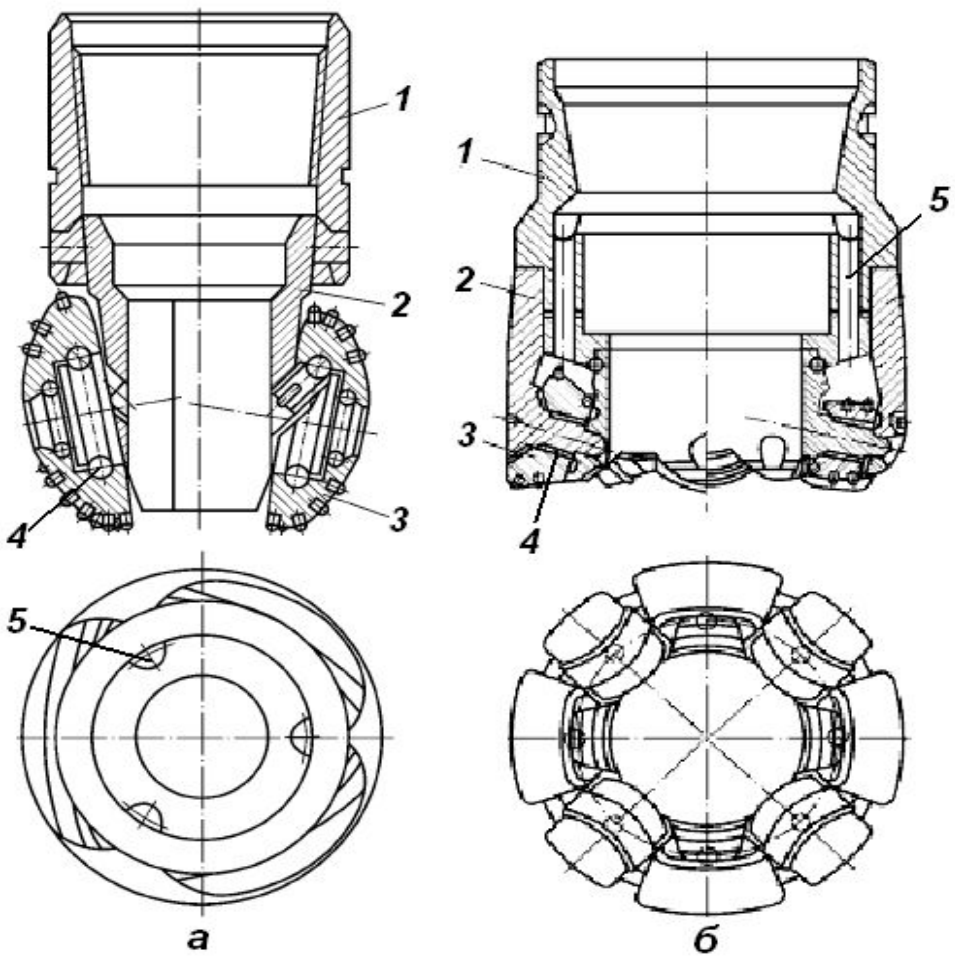
Керноприемные устройства «Недра», «Силур», «Кембрий» могут использоваться в одно и многосекционной сборке. Все устройства могут использоваться на различных глубинах, при любых реальных температурах и режимах бурения.

С устройствами может быть поставлен любой набор кернорвателей.

Серия керноприемного устройства	Наружный диаметр корпуса, мм	Диаметр керна, мм	Длина устройства мм	Длина керноприема, мм	Кол-во секций
*УКР-114/52 "Ситур"	114	52	8595	6860	1
*УКР-122/67 "Кембрий"	122	67	7190	6150	1
**УКР- 127/67 "Кембрий"	127	67	7530	6290	1
*УКР-138/67 "Недра"	138	67	15943	13719	2
*УКР-164/80 "Недра"	164	80	15635	14300	2
*УКР-164/80(односекционное)	164	80	8180	7300	1
*УКР-172/100 "Кембрий"	172	100	15900	14315	2
*УКР-172/80-100	172	80-100	15825	14000	2
*УКР-203/100 "Недра"	203	100	16210	14835	2
*УКР-240/100 "Недра"	240	100	16290	14835	2
СКУ2-172/100 «Кембрий 2-172»	172	100	16130	14315	2
СКУ1-138/67 «Недра»	138	67	15943	13775	2
СКУ1-122/52 «Недра»	122	52	18190	16200	2

* Используется при роторном бурении

** Используется при турбинном или роторном бурении



Шарошечные бурильные головки:
а - шарошечная режуще-дробящего действия типа СЗ;
б – восмишарошечная дробящего действия типа ТКЗ;

Схема кодирования бурильных головок

К 187,3 80 СЗ

Инструмент для отбора керна

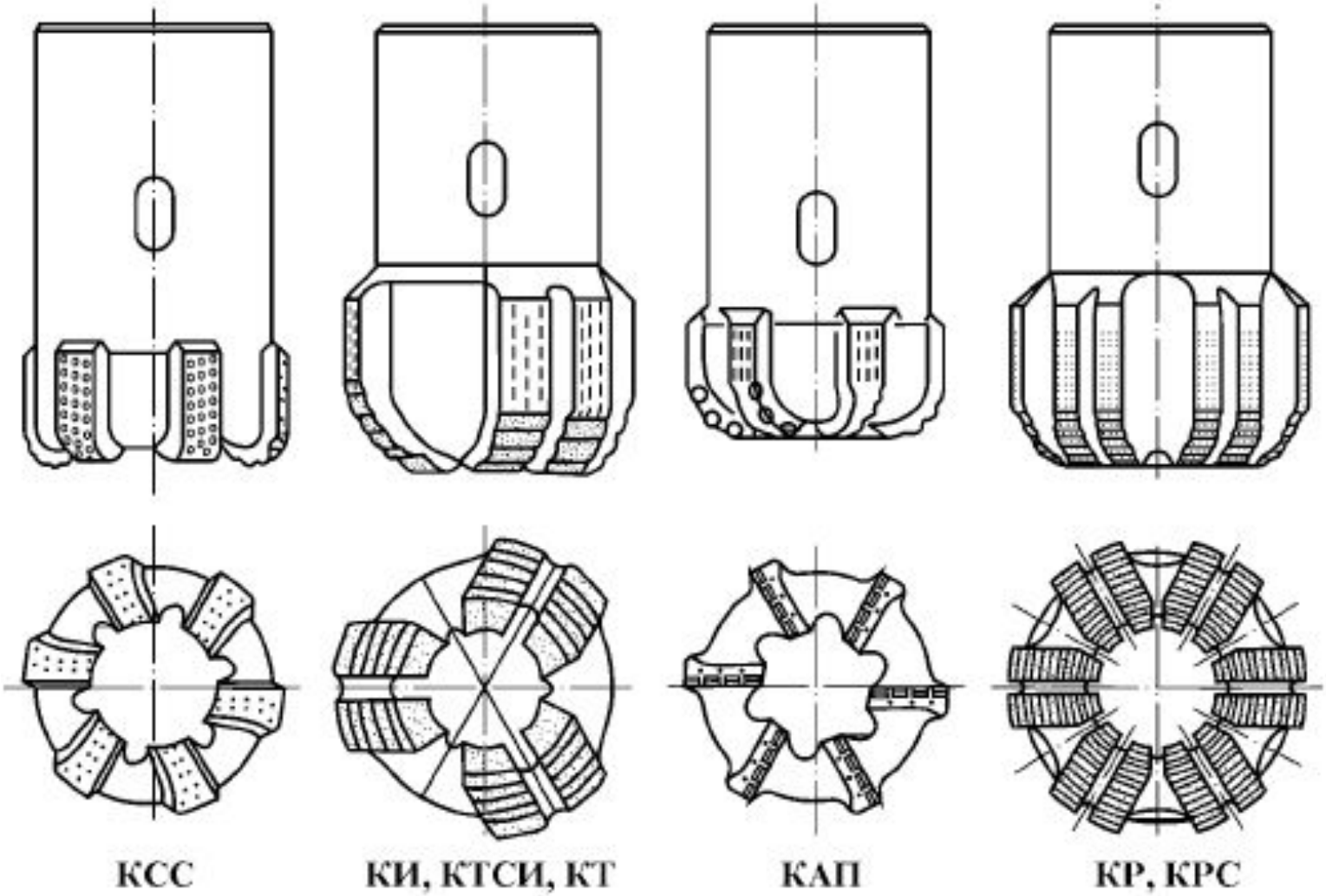
К - с несъемным керноприемником
КС - со съемным керноприемником

Тип бурильной головки:

МСЗ - для мягких малоабразивных пород с пропластками пород средней твердости
- для абразивных пород средней твердости
СТ - для порд средней тведости с пропластками твердых
ТКЗ - для твердых абразивных пород с пропластками твердых

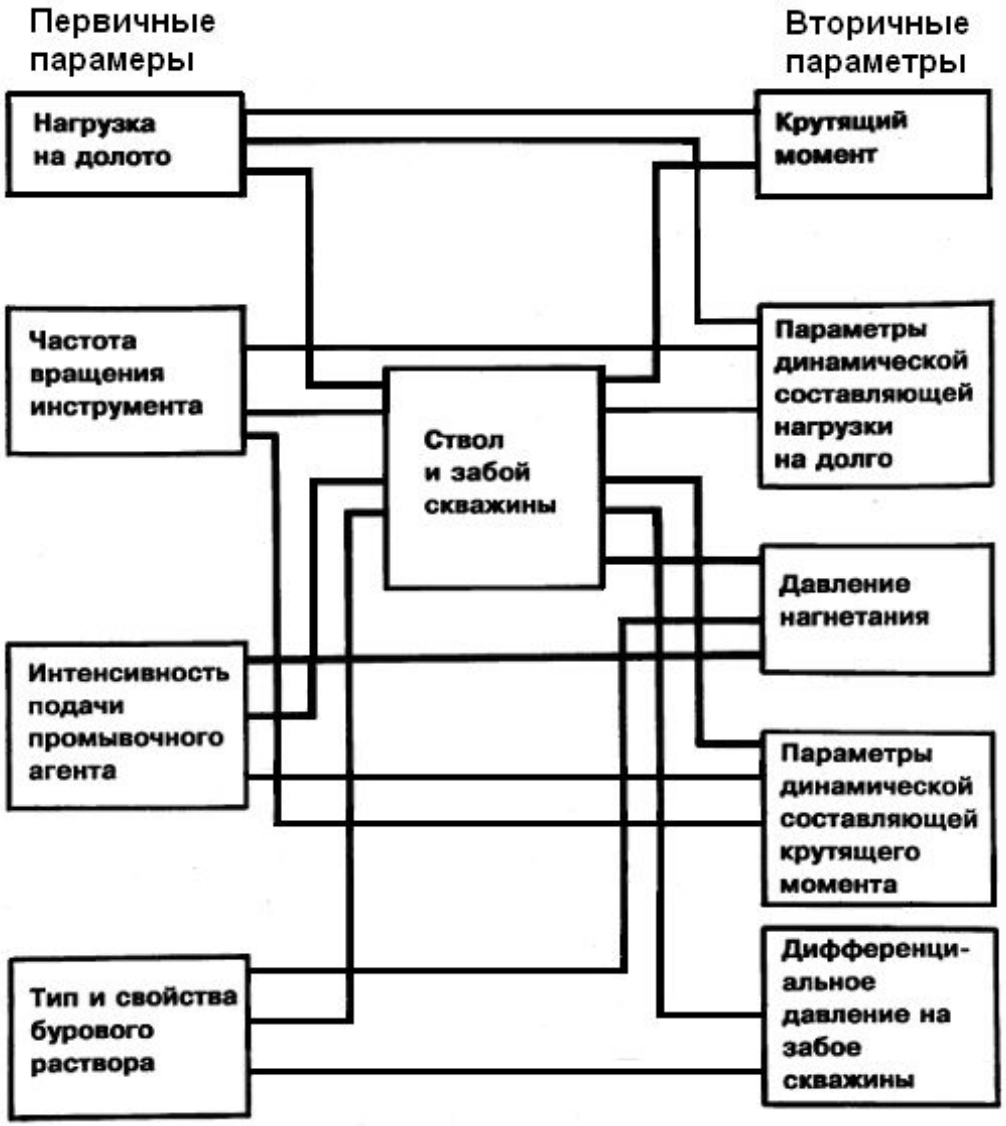
Внутренний диаметр (диаметр керна), мм

Наружный диаметр (диаметр ствола скважины), мм



Алмазные бурильные головки

Параметры режима бурения



К числу важнейших параметров относятся:

- осевая нагрузка на долото;
- частота вращения долота;
- количество (расход) циркулирующего бурового раствора;
- качество циркулирующего бурового раствора.

Сочетание параметров режима бурения, при котором достигается наилучшие техноко-экономические показатели, называется оптимальным режимом бурения.

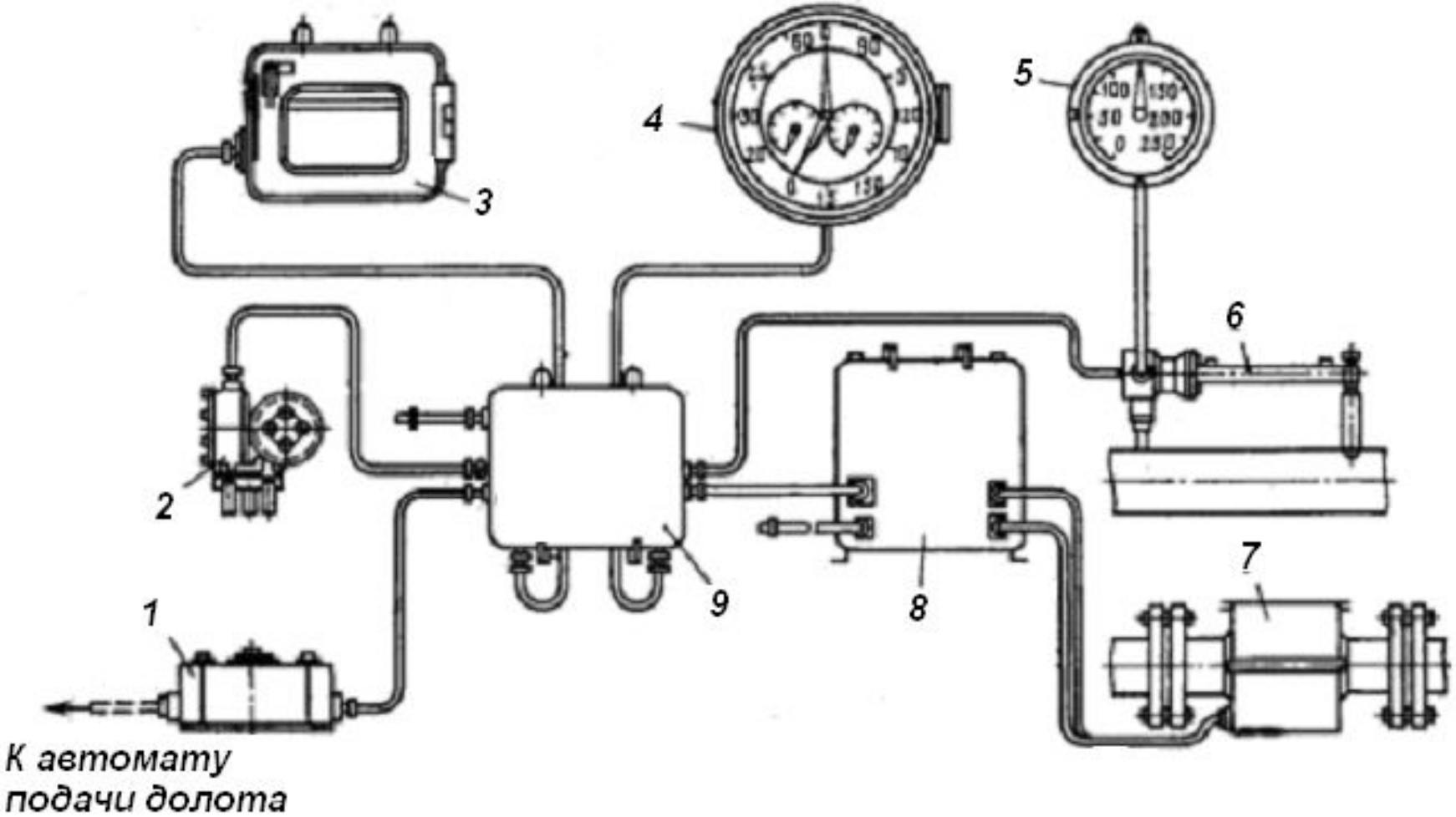
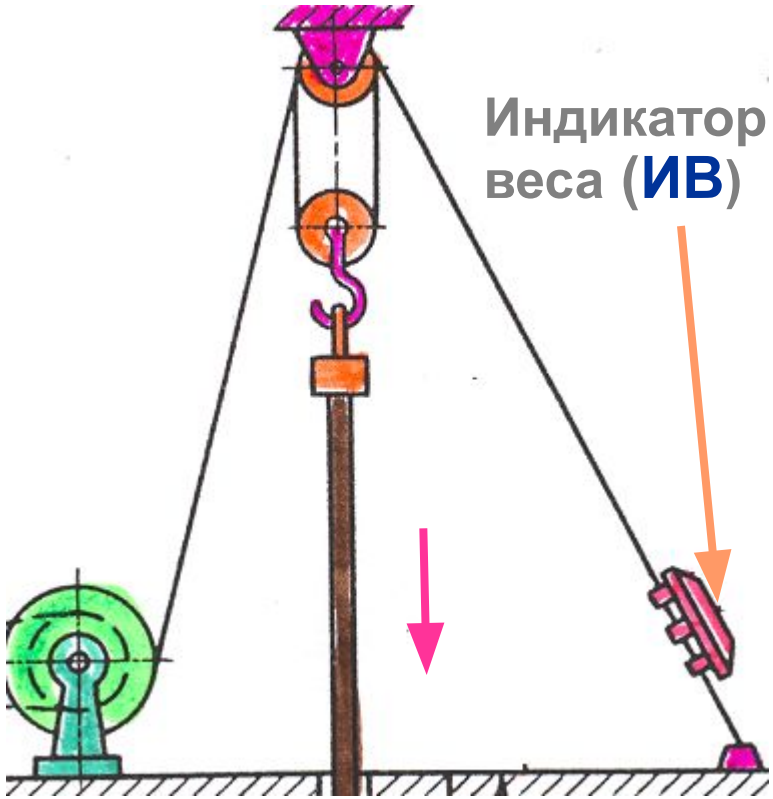


Схема пульта контроля параметров режима бурения ПКБ-2

Управление параметрами режима бурения

Нагрузка на долото

Подача инструмента - его вертикальное перемещение на поверхности, которое осуществляется опусканием ведущей трубы в ротор на некоторую величину в результате ослабления (оттормаживания) тормоза лебедки.



ИВ - гидравлический или электрический

Погружение долота - глубина внедрения долота в породу в результате подачи инструмента.

Контроль нагрузки на долото

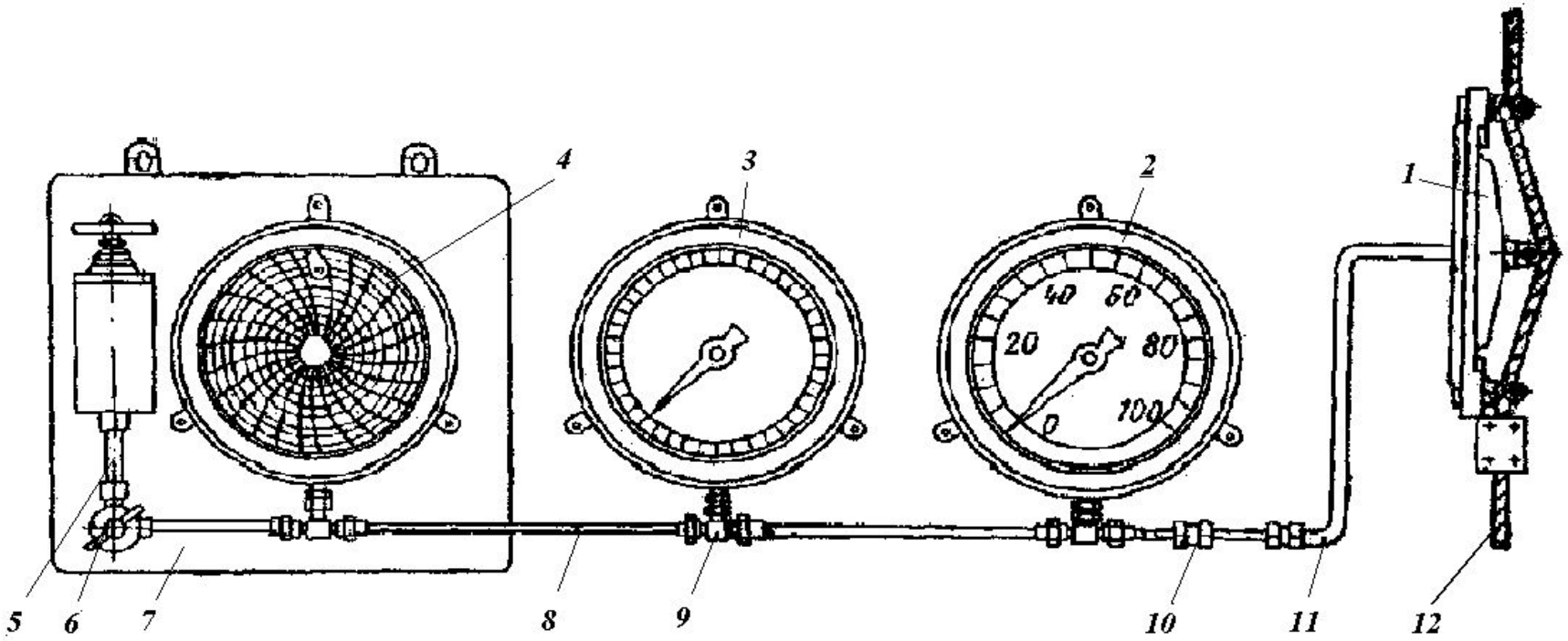
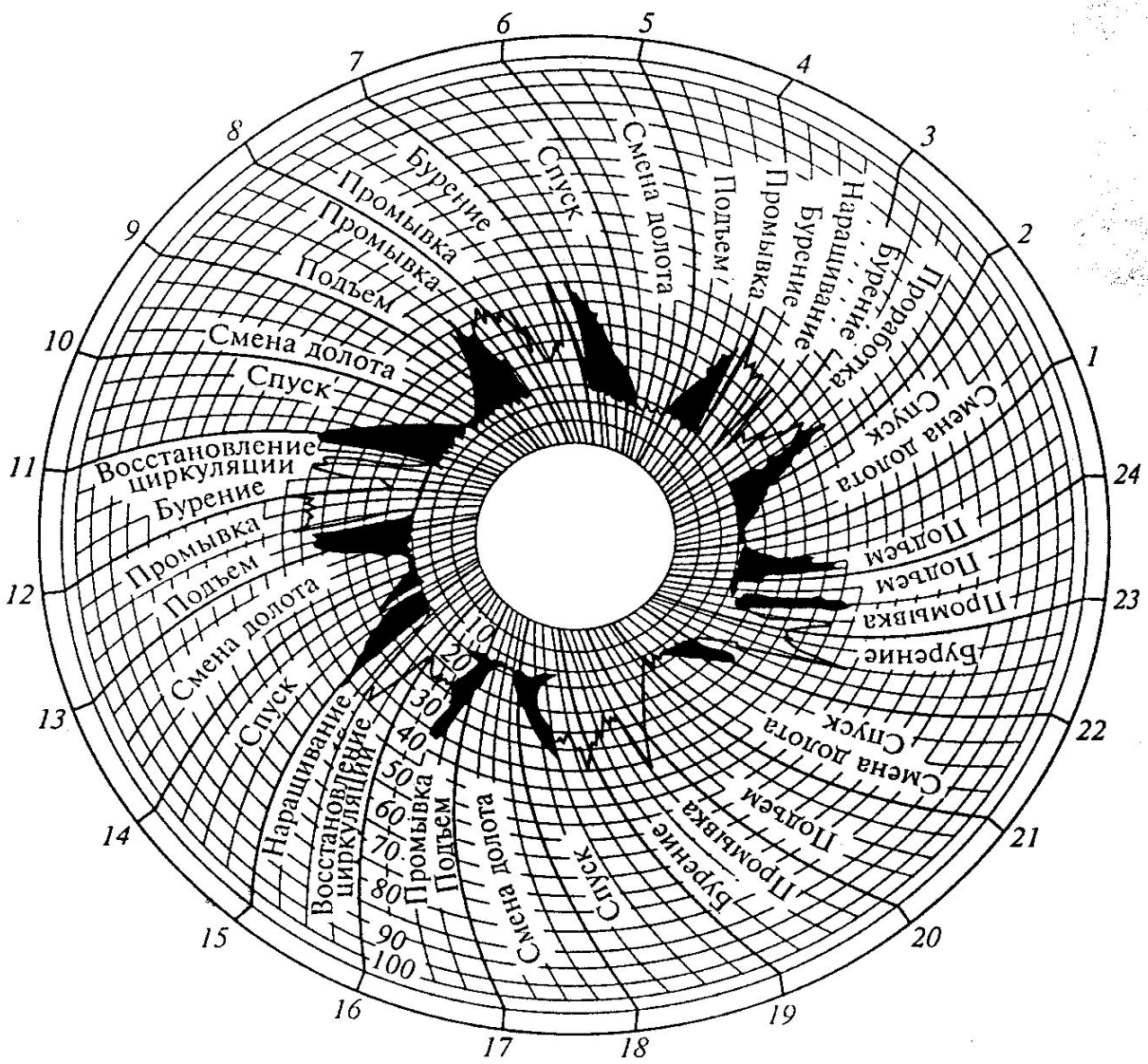


Схема гидравлического индикатора веса ГИВ – 6:
1 – трансформатор давления; 2 – основной манометр-указатель;
3 – веньерный манометр-указатель; 4 – регистрирующий прибор;
5 – пресс-бачок; 6 – вентиль; 7 – щит; 8 – система трубопровода;
9 – тройник; 10 – ниппель; 11 – шланг» 12 – неподвижный конец
талевого каната.



Индикаторная диаграмма ГИВ-6

Рекомендуемые режимы отработки шарошечных долот

Тип долота	М-ГНУ М-ГАУ	МЗ-ГАУ	МС- ГНУ МС-ГАУ	МЗ-ГАУ	С-ГНУ С-ГАУ	МСЗ-ГАУ СЗ-ГАУ	Т-ГНУ	ТЗ-ГАУ	К-ГАУ	ОК-ГАУ
Частота вращения,об/мин	170-80	130-70	140 -50	120 -55	120 -50	90 -40	80-50	70-40	55-30	50-25
Диаметр долота, мм	**Осевая нагрузка, тс**									
190,5	16	9-13	18	9-16	18	11-20	11- 18	11-20	11-24	11-29
215,9	11- 16	9-16	18	9-18	11- 18	11-22	11-20	11-22	13-27	13-29
244,5	11-18	-	11-20	11-20	13-20	11-24	13-20	13-27	-	-
269,9	13-20	-	13-22	13-22	16-22	16-29	-	16-29	-	-
295,3	16-22	-	16-24	13-29	16-24	18-31	-	18-31	-	-
349,2	16-22		18-24		18-27		-			
393,7	18-24		20-29		20-29		-			

Рекомендуемые режимы эксплуатации гидромониторных долот

Режимы эксплуатации долот

Серия долота	Частота вращения, $мин^{-1}$	Удельная нагрузка на долото, Н/см	Способ бурения
ГАУ	35–70	600–800	Роторный
ГНУ	40–250	600–1000	Роторный, забойными двигателями (винтовыми турбобурами и электробурами с редукторными вставками)
ГН	60–450	700–1200	Роторный, всеми типами забойных двигателей
ГВ, ЦВ	60–450	600–1000	То же

Рекомендуемая скорость восходящего потока

Бурение под колонну	Способ бурения	Промывочная жидкость	
		Вода	Глинистый раствор
Кондуктор	Роторный	-	0,2 - 0,3
	Забойным двигателем	-	0,3 - 0,4
Технические и эксплуатационные колонны	Роторный	0,5 - 0,6	0,4 - 0,5
	Забойным двигателем	0.6 - 0.7	0,5 - 0,6

Показатели работы долот

Показатели:

1. Проходка на долото
2. Механическая скорость бурения
3. Рейсовая скорость
4. Комерческая сконость
5. Стоимость метра бурения

Влияние параметров режима бурения на показатели работы долот:

1. Нагрузка
2. Скорость вращения
3. Расход промывочной жидкости
4. Параметры промывочной жидкости