

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Институт природных ресурсов
Кафедра бурения скважин



Технология бурения нефтяных и газовых скважин

Курс лекций

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

Томск-2015 г.



Лекция №9

- ***Осевая нагрузка: значение, зависимость от других параметров, влияние на механическую скорость бурения***
- ***Проектирование и расчет осевой нагрузки для сооружения скважины***
- ***Частота вращения инструмента: значение, зависимость от других параметров, влияние на механическую скорость бурения***
- ***Проектирование и расчет частоты вращения породоразрушающего инструмента для сооружения скважины***
- ***Расход бурового раствора: значение, зависимость от других параметров, влияние на механическую скорость бурения***
- ***Проектирование и расчет расхода бурового раствора для сооружения скважины***



ТЕМА 1.

Параметры режима бурения и их влияние на процесс бурения



Что такое режим бурения?





Что такое режим бурения?

Режим бурения скважины - это совокупность факторов, влияющих на показатели бурения, задаваемые, поддерживаемые и регулируемые в процессе углубления забоя.

Оптимальный

Оптимальным называют режим, установленный с учетом геологического разреза и максимального использования имеющихся технических средств для получения высоких количественных и качественных показателей при минимальной стоимости 1 м проходки.

Специальный

Специальным называют режим, установленный для забуривания второго ствола и последующего бурения в осложненных условиях, при обвалах, высоком пластовом давлении, поглощениях жидкости, изменении направления оси скважины, отборе керна и др.



Какие бывают параметры режима бурения?





Какие бывают параметры режима бурения?

Осевая нагрузка на долото

Частота вращения долота

Расход промывочной жидкости

Свойства промывочной жидкости

Вспомогательный:
крутящий момент на ключе





Что определяют параметры режима бурения?

Осевая нагрузка на долото

Частота вращения долота

Расход промывочной жидкости

Свойства промывочной жидкости

Вспомогательный:
крутящий момент на ключе





Что определяют параметры режима бурения?



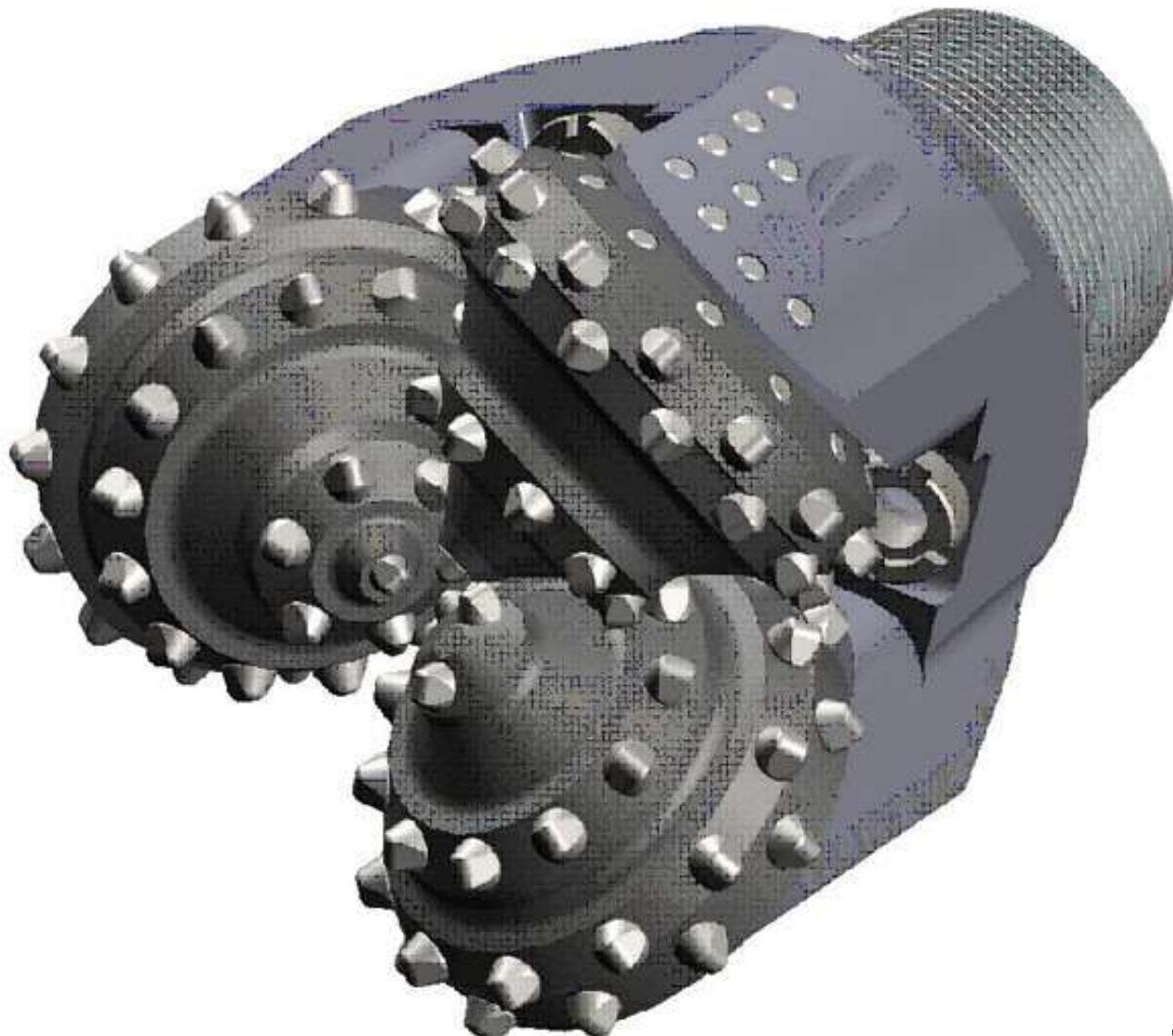


Осевая нагрузка на долото

За счет чего создается и как регулируется?

Чем измеряется?

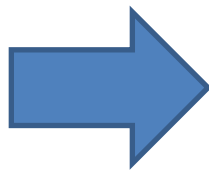
Как влияет на механическую скорость бурения?





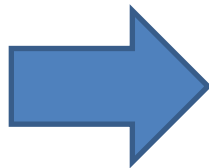
Осевая нагрузка на долото

За счет чего создается и как регулируется?



Создается за счет веса КНБК (УБТ).
Регулируется за счет не полного разгружения на забой (подвешивание на крюке).

Чем измеряется?



КИА на поверхности: ГИВ.

Забойные датчики:

- Механические (тензодатчики);
- Гидравлические (по колебаниям давления в ЦС).



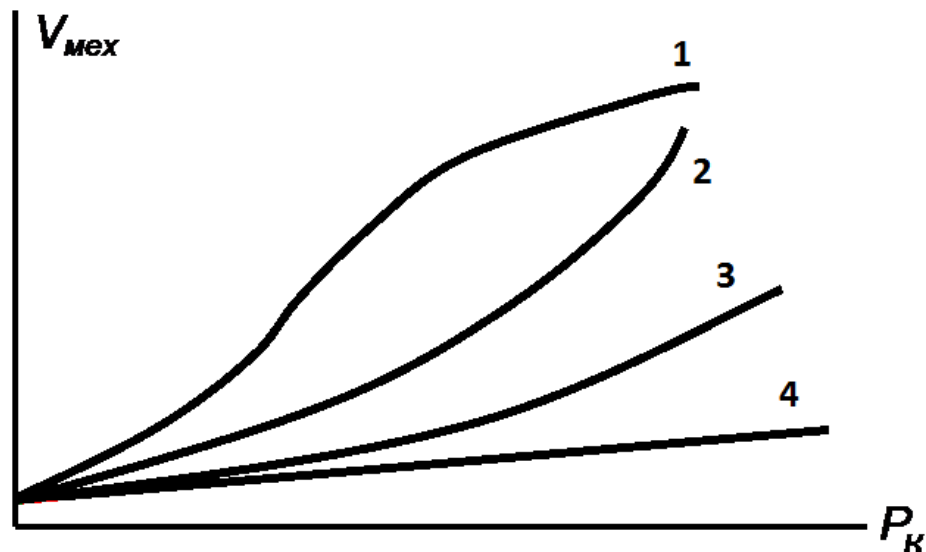
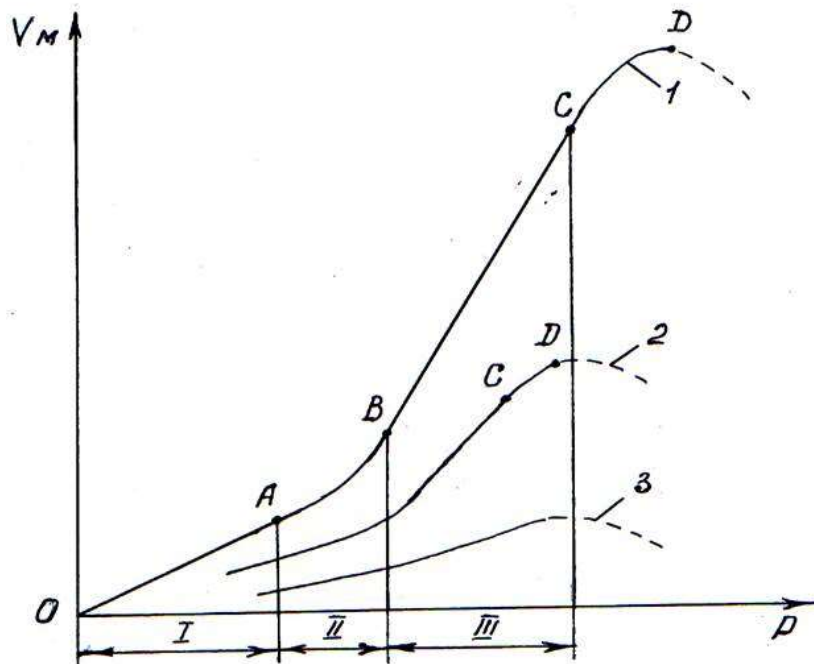


Осевая нагрузка на долото

Как влияет на механическую скорость бурения?

Чем ограничивается:

- Устойчивостью долота;
- Размером вооружения.



Зависимость механической скорости от величины осевой нагрузки при разрушении различных категории горных пород: 1- мягкие породы; 2 – средней твердости; 3 – твердые породы; 4 – крепкие породы

Зависимость механической скорости от величины осевой нагрузки при разрушении различных категории горных пород: 1- совершенная очистка; 2 – несовершенная очистка; 3 – плохая очистка



Частота вращения инструмента

За счет чего создается и как регулируется?

Чем измеряется?

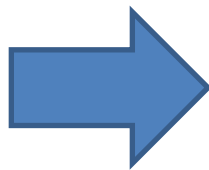
Как влияет на механическую скорость бурения?





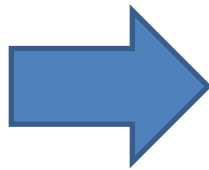
Частота вращения инструмента

За счет чего создается и как регулируется?



Создается за счет привода долота (забойный двигатель, верхний привод, ротор, РУС).
Регулируется за счет регулирования отбора мощности от привода.

Чем измеряется?



КИА на поверхности: тахометры.

Забойные датчики:

- Механические (тахогенератор);
- Акустические.



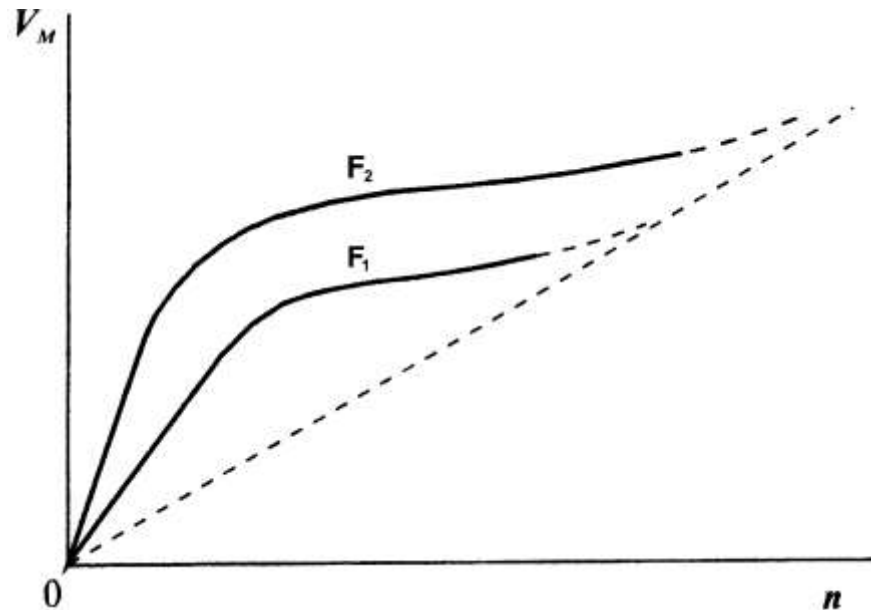


Частота вращения инструмента

Как влияет на механическую скорость бурения?

Чем ограничивается:

- Устойчивостью долота;
- Временем контакта с забоем.



Зависимость механической скорости от частоты вращения инструмента





Расход бурового раствора

За счет чего создается и как регулируется?

Чем измеряется?

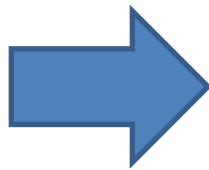
Как влияет на механическую скорость бурения?





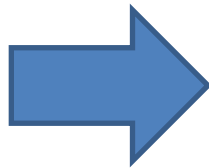
Расход бурового раствора

За счет чего создается и как регулируется?



Создается и регулируется за счет технических возможностей бурового насоса

Чем измеряется?



КИА на поверхности: расходомеры.

Забойные датчики:

- Гидравлические (турбины, манометры и т.п.)



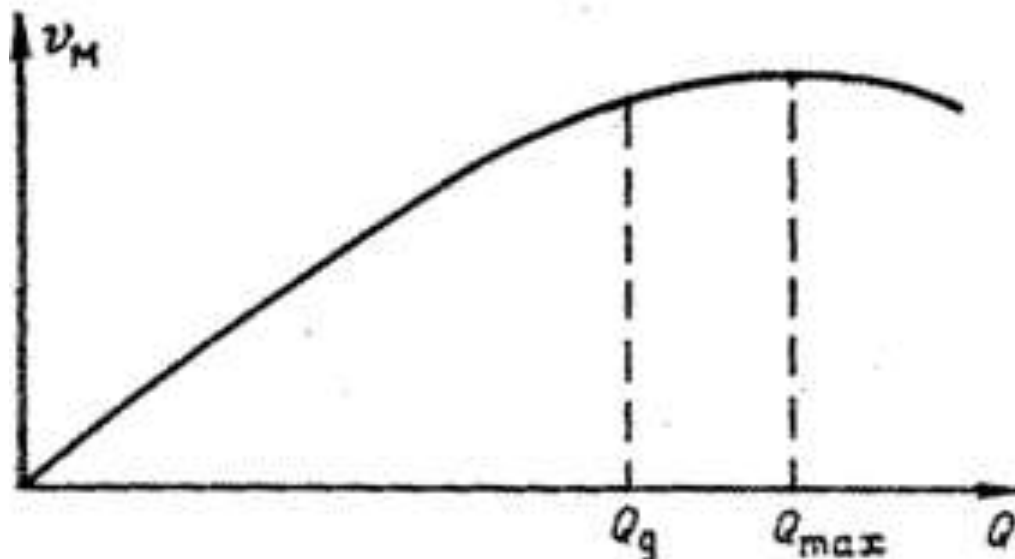


Расход бурового раствора

Как влияет на механическую скорость бурения?

Чем ограничивается:

- Производительностью насосов;
- Возможностью создания гидравлической подушки;
- Условиями работы забойных двигателей;
- Условиями недопущения гидроразрыва.



Зависимость механической скорости от расхода бурового раствора



Параметры бурового раствора

Плотность

Условная вязкость

Водоотдача

СНС

Содержание твердых
примесей

ДНС

pH





Параметры бурового раствора

Плотность

определяет гидростатическое давление на забой и стенки скважины столба бурового раствора. Не должна превышать давления гидроразрыва и давление поглощения пласта.

Условная вязкость

величина характеризующая сопротивление течению и, в тоже время, определяющая эффективность очистки забоя. Должна находиться в зоне оптимальных значений.

Водоотдача

величина количества фильтрата бурового раствора, выделяющегося при создании нагрузок на буровой раствор. Должна быть минимальна.

СНС

усилие, при котором начинается разрушение структуры, отнесенное к единице площади. Должно быть минимальным, но достаточным для удержания шлама в растворе.

Содержание твердых примесей

количество твердых примесей в буровом растворе. Должно быть минимальным. Характеризует абразивную составляющую бурового раствора.

ДНС

динамическое напряжение сдвига. С ростом показателя растет выносная способность бурового раствора при всех прочих равных условиях.

pH

щелочность бурового раствора. С ростом показателя растет опасность неустойчивости стенок скважины, снижение естественной проницаемости пластов, химическое диспергирование глин.



ТЕМА 2.

Проектирование параметров режима бурения для проектирования скважины



Проектирование осевой нагрузки

1. Статистический анализ отработки долот в аналогичных геолого-технических условиях.

$$G_{o1} = g * D_d,$$

где g – удельная нагрузка на один сантиметр долота, кг/см³;

D_d – диаметр долота, см;

G_o – осевая нагрузка, кН.

2. Аналитический расчет на основе качественных показателей механических свойств горной породы и характеристик шарошечных долот, применения базовых зависимостей долговечности долота и механической скорости бурения от основных параметров бурения.

$$G_1 = \alpha P_{ш} F$$

где α – коэффициент забойных условий, $\alpha = 0,33 - 0,59$, в проектировочных условиях $\alpha = 1$;

$P_{ш}$ – средневзвешенная твердость горных пород по штампу для данной пачки пород по буримости, кг/см²;

F – опорная площадь рабочей поверхности долота, определяется по формуле, см².

$$F = 0,03 D_c k_T$$

где k_T – число зубцов на рабочей поверхности;

D_c – средний диаметр зубцов, мм.



Проектирование осевой нагрузки

3. Расчет из условия допустимой нагрузки на долото.

$$G_3 = 0,8 G_{\text{пред}}$$

Наиболее правильной считается последовательность, когда используются аналитический и статистический методы расчета осевой нагрузки. После расчетов большее из полученных значений сравнивается с допустимой нагрузкой по паспорту долота. Если расчетная нагрузка больше паспортного значения, то принимается последнее. При обратной ситуации – принимается расчетная величина.



Проектирование частоты вращения

1. Статистический метод (по предельной линейной скорости).

$$n = (60 \cdot V_{\text{лин}}) / (\pi \cdot D_{\text{д}}),$$

где n - частота оборотов долота, об/мин;

$V_{\text{лин}}$ - рекомендуемая линейная скорость на периферии долота, м/с.

2. Технологический метод (по износу опор долота).

$$n = T_0 / (0,02 \cdot (\alpha + 2))$$

где α – коэффициент характеризующий свойства горных пород (для

$M=0,7 \dots 0,9$; для $C=0,5 \dots 0,7$);

T_0 – константа, характеризующая стойкость опор долота,

$$T_0 = 0,0935 \cdot D_{\text{д}}$$

где $D_{\text{д}}$ - диаметр долота мм;



Проектирование частоты вращения

3. Аналитический метод (по времени контакта зубьев долота с породой).

$$n_2 = 39 / (t_k * z) \text{ об/мин,}$$

где t_k – минимальное время контакта зуба долота с горной породой, с (для упругопластичных пород $t_k = 6 \cdot 10^{-3}$ сек; для пластичных пород $t_k = 3 \dots 6 \cdot 10^{-3}$ сек; для упругохрупких пород $t_k = 6 \dots 8 \cdot 10^{-3}$ сек.);

z – число зубьев.

4. При использовании забойных двигателей – корректировка значений.

Согласно рассчитанным значениям частоты вращения выбираются проектные, не превышающие максимально допустимую частоту вращения долота, которая обеспечивает минимально необходимую продолжительность контактов зубьев с породой.



Проектирование расхода бурового раствора

1. Расчет расхода промывочной жидкости для эффективности очистки забоя скважины

$$Q = K \cdot S_{\text{ЗАБ}},$$

где K – коэффициент удельного расхода жидкости равный $0,3 \dots 0,65 \text{ м}^3/\text{с}$ на 1 м^2 забоя, принимается $K=0,65$;

$S_{\text{ЗАБ}}$ – площадь забоя м^2 , определяется по формуле:

$$S_{\text{ЗАБ}} = 0,785 \cdot D_{\text{д}}^2$$

2. Расчет расхода промывочной жидкости по скорости восходящего потока:

$$Q = V_{\text{ВОСХ}} \cdot S_{\text{КП}},$$

где $V_{\text{ВОСХ}}$ – скорость восходящего потока; рекомендуемая скорость согласно промышленной классификации горных пород находится в пределах: $M=0,9 \dots 1,3 \text{ м/с}$, $C=0,7 \dots 0,9 \text{ м/с}$.

$S_{\text{КП}}$ – площадь кольцевого пространства,

$$S_{\text{КП}} = 0,785 \cdot (D_{\text{д}}^2 - d_{\text{БТ}}^2)$$

где $d_{\text{БТ}}$ – диаметр буровых труб, м ; принимаем $d_{\text{БТ}}=0,147$ метра.



Проектирование расхода бурового раствора

3. Расчет расхода промывочной жидкости, исходя из условия создания гидромониторного эффекта:

$$Q = F_n \cdot 0,75 \text{ м}^3/\text{с},$$

где F_n – площадь поперечного сечения насадок, м^2 ; определяется по формуле:

$$F_n = \pi \cdot d_n^2 / 4 \cdot m, \text{ м}^2,$$

где d_n – диаметр насадок, м;

m – число насадок, $m=3$.

4. Расчет расхода промывочной жидкости, предотвращающего размыв стенок скважины

$$Q = V_{\text{кп макс}} \cdot S_{\text{мин}}$$

где $S_{\text{мин}}$ – минимальная площадь кольцевого пространства;

$V_{\text{кп макс}}$ - максимально допустимая скорость течения, жидкости в кольцевом пространстве, м/сек; принимаем $V_{\text{кп макс}} = 1,5 \text{ м/с}$.



Проектирование расхода бурового раствора

5. Расчет расхода промывочной жидкости, обеспечивающий вынос шлама ведется по формуле:

$$Q = V_{\text{КР}} \cdot S_{\text{МАХ}} + (S_{\text{ЗАБ}} \cdot V_{\text{МЕХ}} \cdot (j_{\text{П}} - j_{\text{Ж}})) / (j_{\text{СМ}} - j_{\text{Ж}}),$$

где $V_{\text{КР}}$ – скорость частиц шлама относительно промывочной жидкости, м/с; $V_{\text{КР}} = 0,5$ м/сек;

$S_{\text{МАХ}}$ – максимальная площадь кольцевого пространства в открытом стволе, м²,

$V_{\text{МЕХ}}$ – механическая скорость бурения, м/с; принимается $V_{\text{МЕХ}} = 0,005$ м/с;

$j_{\text{П}}$ – удельный вес породы, Н/м³;

$j_{\text{Ж}}$ – удельный вес промывочной жидкости, Н/м³;

$j_{\text{СМ}}$ – удельный вес смеси шлама и промывочной жидкости, Н/м³;

$j_{\text{СМ}} - j_{\text{Ж}} = 0,01 \dots 0,02 \cdot 10^4$ Н/м³; принимаем $0,02 \cdot 10^4$ Н/м³.



Проектирование расхода бурового раствора

6. Расчет расхода промывочной жидкости, для предотвращения прихватов

$$Q = V_{\text{КП МИН}} \cdot S_{\text{МАХ}},$$

где $V_{\text{КП МИН}}$ – минимально допустимая скорость промывочной жидкости в кольцевом пространстве; принимается $V_{\text{КП МИН}} = 0,5$ м/с;

$S_{\text{МАХ}}$ – максимальная площадь кольцевого пространства..

7. Расчет расхода по производительности насосов при заданном коэффициенте наполнения по формуле

$$Q = m \cdot n \cdot Q_n,$$

где m – коэффициент наполнения ($m = 0,8$);

n – число насосов;

Q_n – производительность насоса с коэффициент наполнения $m = 1,0$.



Проектирование расхода бурового раствора

7. Построение области допустимых расходов и подходящих областей.



Интервал, м		G, кН	n, об/мин	Q, л/с
От	До			



Проектирование параметров бурового раствора

1. Расчет плотности бурового раствора

$$\rho_{БР} = (1,05 \dots 1,1) \rho_{пл} / g \cdot H$$

где g – ускорение свободного падения, m/c^2 ; $g = 9,8 m/c^2$

0,05...0,1 – необходимое превышение гидростатического давления над пластовым.

Глубина скважины (интервал), м	Минимальное превышение гидростатического давления раствора над пластовым (репрессия) ΔP_{min} , МПа	
	для нефтенасыщенных пластов	для газоносных, газоконденсатных пластов, а также пластов в неизученных интервалах разведочных скважин
≤ 1000	1	1,5
1001-2500	1,5	2,0
2501-4500	2,0	2,25
≥ 4501	2,5	2,7



Проектирование параметров бурового раствора

2. Расчет условной вязкости промывочной жидкости

$$УВ \leq 21 \cdot 10^{-3} \cdot \rho_{БР} \text{ сек},$$

где $\rho_{БР}$ – плотность бурового раствора, кг/м³.

3. Расчет фильтрации промывочной жидкости

$$\Phi \leq ((6 \cdot 10^3 / \rho_{БР}) + 3) \text{ см}^3 / 30 \text{ сек}$$

4. Расчет статического напряжения сдвига бурового раствора

4.1. через одну минуту

$$СНС_1 \geq 5 \cdot (2 - \exp(-110 \cdot d)) \cdot d \cdot (\rho_{П} - \rho_{БР}),$$

где d – диаметр частиц шлама, м;

$\rho_{П}$ - плотность горной породы, кг/м³.

4.2. через 10 минут

$$СНС_{10} \geq (d \cdot (q_{П} - q_{БР}) \cdot g \cdot K) / 6,$$

где K – коэффициент, учитывающий реальную форму частицы шлама, принимается $K=1,5$.



Проектирование параметров бурового раствора

Интервал бурения, м		Удельный вес, г/см ³	СНС ₁ , дПа	СНС ₁₀ , дПа	Условная вязкость, сек	Водоотдача, см ³ /30 мин	рН	Содержание песка, %
от	до							
0	50	1,14	10-30	32-50	23	6-8	8-9	2
50	1000	1,14	7-15	19-35	23	6-8	8-9	2
1000	2510	1,12	5-15	15-25	23	6-8	8-9	1





Вопросы для самопроверки

1. Что такое режим бурения?
2. Что такое оптимальный режим бурения?
3. Что такое специальный режим бурения?
4. Параметры режима бурения.
5. Что определяют параметры режима бурения?
6. За счет чего создается осевая нагрузка на долото?
7. Чем измеряется осевая нагрузка на долото?
8. Как зависит механическая скорость бурения от осевой нагрузки?
9. За счет чего создается частота вращения долота?
10. Чем измеряется частота вращения долота?
11. Как зависит механическая скорость бурения от частоты вращения долота?
12. За счет чего создается расход бурового раствора?
13. Чем измеряется расход бурового раствора?
14. Как зависит механическая скорость бурения от расхода бурового раствора?
15. Параметры бурового раствора и их назначение.
16. Технология проектирования осевой нагрузки.
17. Технология проектирования частоты вращения инструмента.
18. Технология проектирования расхода бурового раствора.
19. Технология расчета параметров бурового раствора.

Спасибо за внимание!!!