



КОМТЭК

КУРС ОБУЧЕНИЯ ПО БУРОВЫМ РАСТВОРАМ





КОМТЭК

Расчет объемов и времени циркуляции

Для эффективного удаления выбуренной породы (шлама) необходимо знать параметры конструкции скважины и используемого бурового инструмента на текущем интервале (для расчета объемов скважины, трубного и затрубного пространств) и производительность буровых насосов (для расчета времени подъема шлама с забоя и общего времени цикла).

Очевидно, что форма обсаженной части и открытого ствола скважины представляет собой цилиндр. Следовательно объем скважины рассчитывается по формуле:

$$V = \pi \cdot R^2 \cdot H \quad (1)$$

V	объем, м ³ ;
R	радиус (половина диаметра), м;
H	высота, м.



КОМТЭК

Расчет объемов и времени циркуляции

Для упрощения расчета объема цилиндра применяют модифицированную формулу:

V	объем, м ³	$V = 0,785 \cdot D^2 \cdot H$	(2)
R	диаметр, м;		
H	высота, м.		

Но такая формула годится только для вычисления объема обсаженного ствола, например, для вычисления объема бурового раствора, оставшегося после продавки при цементировании обсадной колонны.



Расчет объемов и времени циркуляции

В процессе бурения объем скважины без бурового инструмента состоит минимум из двух частей – обсаженной части и открытого ствола:

$$V_{OK-внутр.} = 0,785 \cdot D_{OK-внутр.}^2 \cdot H_{OK-башм.} \quad (3)$$

$$V_{откр.ств.} = 0,785 \cdot D_{дол.}^2 \cdot H_{забой} \cdot k_{каверн.} \quad (4)$$

Таким образом, суммарный объем скважины без бурового инструмента равен:

$$V_{скв.} = V_{OK-внутр.} + V_{откр.ств.} \quad (5)$$



КОМТЭК

Расчет объемов и времени циркуляции

Для расчета объема бурового инструмента необходимо учитывать, что профиль инструмента представляет собой кольцо, следовательно, из объема, рассчитанного по внешнему диаметру инструмента, необходимо вычесть объем внутреннего (трубного) пространства:

$$V_{\text{трубн.}} = 0,785 \cdot D_{\text{инстр.внутр.}}^2 \cdot L_{\text{инстр.}} \quad (6)$$

$$V_{\text{инстр.}} = 0,785 \cdot D_{\text{инстр.наружн.}}^2 \cdot L_{\text{инстр.}} - V_{\text{трубн.}} \quad (7)$$

$$V_{\text{инстр.}} = 0,785 \cdot (D_{\text{инстр.наружн.}}^2 - D_{\text{инстр.внутр.}}^2) \cdot L_{\text{инстр.}} \quad (8)$$

Объем скважины с инструментом:

$$V_{\text{скв.с.инстр.}} = V_{\text{скв.}} - V_{\text{инстр.}} \quad (9)$$



Расчет объемов и времени циркуляции

Для расчета времени подъема шлама необходимо знать объем затрубного пространства и производительность буровых насосов. Такое время называется временем выхода забойной пачки.

$$V_{\text{затруб.}} = V_{\text{скв.}} - V_{\text{инстр.}} - V_{\text{трубн.}} \quad (10)$$

$$t_{\text{вых.забой.пачки.}} = V_{\text{затруб.}} / Q_{\text{бур.насос.}} \quad (11)$$

t	время выхода забойной пачки, мин;
V	объем затрубного пространства, м ³ ;
Q	производительность буровых насосов, м ³ /мин.



Расчет объемов и времени циркуляции

При бурении не вертикальных скважин для полного выноса шлама требуется больше времени.

Для расчета необходимого времени применяется коэффициент промывки, зависящий от угла наклона и диаметра открытого ствола скважины.

Угол наклона	Коэффициент промывки			
	$\varnothing 17\frac{1}{2}''$	$\varnothing 16''$	$\varnothing 12\frac{1}{4}''$	$\varnothing 8\frac{1}{2}''$
Вертикальная (<10 град)	$1,5 \times V_{\text{затруб}}$	$1,5 \times V_{\text{затруб}}$	$1,3 \times V_{\text{затруб}}$	$1,3 \times V_{\text{затруб}}$
10 - 30 град	$1,7 \times V_{\text{затруб}}$	$1,7 \times V_{\text{затруб}}$	$1,4 \times V_{\text{затруб}}$	$1,4 \times V_{\text{затруб}}$
30 - 60 град	$2,5 \times V_{\text{затруб}}$	$2,5 \times V_{\text{затруб}}$	$1,8 \times V_{\text{затруб}}$	$1,6 \times V_{\text{затруб}}$
> 60 град	$3,0 \times V_{\text{затруб}}$	$3,0 \times V_{\text{затруб}}$	$2,0 \times V_{\text{затруб}}$	$1,7 \times V_{\text{затруб}}$



КОМТЭК

Расчет объемов и времени циркуляции

Время с момента попадания бурового раствора в буровой инструмент на уровне устья скважины и до момента выхода его из затрубного пространства на устье называется временем цикла.

Время цикла необходимо для понимания затрат времени на обработку (утяжеление, разбавление) бурового раствора в общем объеме циркуляции.

$$t_{\text{цикла}} = V_{\text{скв.с.инстр.}} / Q_{\text{бур.насос.}} \quad (12)$$

t время цикла, мин;

V объем скважины с инструментом, м³;

Q производительность буровых насосов, м³/мин.



Инженерные расчеты: обоснование плотности раствора

В пределах одной зоны относительная плотность бурового раствора $\rho_{БР}$, с одной стороны, должна обеспечивать необходимую репрессию на флюидосодержащие пласты для предотвращения проявлений и выбросов, а с другой стороны, в скважине не должно возникать условий для гидроразрыва пород и поглощений бурового раствора:

$$K_{пгд} \cdot P_{пл} < \rho_{БР} < P_{грп} / K_6 \quad (13)$$

$\rho_{БР}$ расчетная плотность бурового раствора;

$P_{пл}$ предполагаемое пластовое давление;

$K_{пгд}$ коэффициент превышения гидростатического давления над пластовым:
- для интервалов до 1200м принимается 1,1 (+10%);
- для интервалов глубже 1200м принимается 1,05 (+5%);

$P_{грп}$ давление гидроразрыва пласта;

K_6 коэффициент безопасности для предотвращения гидроразрыва = 1,2.



КОМТЭК

Инженерные расчеты: обоснование плотности раствора

Из условий создания противодействия на пласт плотность бурового раствора рассчитывается по формуле:

$$\rho_{БР} = K_{ПГД} \cdot \frac{P_{пл} \cdot 10^6}{g \cdot H_{пл}} \quad (14)$$

$\rho_{БР}$ плотность бурового раствора, кг/м³;

$K_{ПГД}$ коэффициент превышения гидростатического давления бурового раствора в скважине над пластовым в зависимости от глубины;

$P_{пл}$ пластовое давление, МПа;

$H_{пл}$ глубина залегания кровли пласта, м;

g ускорение свободного падения (= 9,8 м/с²).



Инженерные расчеты: обоснование плотности раствора

Рассчитанное по формуле значение плотности $\rho_{БР}$ необходимо проверить, чтобы не допустить гидроразрыва слабого пласта гидростатическим давлением промывочной жидкости.

$$\rho_{Г} = \frac{P_{ГРП} \cdot 10^6}{g \cdot H_{СП}} \quad (16)$$

$\rho_{Г}$ расчетная плотность гидроразрыва, кг/м³;

$P_{ГРП}$ давление гидроразрыва слабого пласта, МПа;

$H_{СП}$ глубина залегания подошвы слабого пласта, м;

Необходимо, чтобы $\rho_{Г} > \rho_{БР}$. Проверочный расчет на гидроразрыв выполняется при наличии в геологическом разрезе слабого пласта.



КОМТЭК

Инженерные расчеты: Объемы и плотность

Знание правил расчета объемов и плотности позволяет производить приготовление бурового раствора заданной плотности, рассчитывать конечную плотность объема бурового раствора после утяжеления, смешения и разбавления.

Исходя из постоянства массы, равной произведению плотности на объем:

$$m = \rho \cdot V \quad (17)$$

получаем универсальную формулу расчета:

$$m_1 = m_2 \Rightarrow \rho_1 \cdot V_1 = \rho_2 \cdot V_2 \quad (18)$$



Инженерные расчеты: Смешение и разбавление

Исходя из пропорции формулы (2) можно вывести любое значение:

1. При смешении объемов разных плотностей сохраняется масса:

$$m_1 + m_2 = m_3 \Rightarrow$$

$$\rho_1 \cdot V_1 + \rho_2 \cdot V_2 = \rho_3 \cdot V_3 \quad (19)$$

2. Используя это соотношение можно рассчитать плотность смеси:

$$\rho_3 = (\rho_1 \cdot V_1 + \rho_2 \cdot V_2) / V_3 \quad (20)$$

А также рассчитать необходимый объем для разбавления до нужной плотности:

$$V_2 = (\rho_3 \cdot V_3 - \rho_1 \cdot V_1) / \rho_2 \quad (21)$$



КОМТЭК

Инженерные расчеты: Утяжеление бурового раствора

Расчет утяжеления бурового раствора производится по формуле:

$$G = \frac{P1 \cdot (P3 - P2) \cdot (1 - W/100\%)}{P1 - P3 \cdot (1 - W/100\%) + P1 \cdot (W/100\%)} \quad (22)$$

G расчетное количество утяжелителя на 1 м³ бурового раствора, кг;

P1 плотность утяжелителя;

P2 плотность раствора до утяжеления (исходная);

P3 плотность раствора после утяжеления (необходимая);

W влажность утяжелителя, %.

Инженерные расчеты:

Предел утяжеления раствора = плотность утяжелителя / 2

Плотность бентонита	2,5 т/куб.м
Плотность глины	2,6 т/куб.м
Плотность мела	2,6-2,8 т/куб.м
Плотность утяжелителя на мраморной основе	2,6-2,8 т/куб.м
Плотность доломита (карбонатный утяжелитель)	2,8-2,9 т/куб.м
Плотность магнетита	4,2-4,35 т/куб.м
Плотность ЖРК, гематита	4,15-4,4 т/куб.м
Плотность бромистого кальция	1,83 т/куб.м
Плотность барита	4,2 (до 4,5) т/куб.м влажность до 2 %