

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования  
«ЮГОРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Индустриальный институт

**СТРОИТЕЛЬСТВО И РЕМОНТ СКВАЖИН**  
методические указания к выполнению практических работ и организации  
самостоятельной работы обучающихся

Составитель старший преподаватель Гагарина О.В.

Нефтеюганск, 2024

## **Введение**

Данные методические указания предназначены в помощь студентам по направлению 21.03.01 «Нефтегазовое дело» профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов добычи нефти» по приобретению знаний и навыков по расчету цементированию обсадной колонны.

## Расчет цементированной обсадной колонны

Исходные данные:

глубина скважины по стволу, $L$	3233м.
высота столба буферной жидкости за колонной, $l_1$	573м.
высота столба гелцементного раствора, $l_2$	2010м.
высота столба цементного раствора, $l_3$	650м.
глубина спуска кондуктора, $H_k$	723м.
диаметр кондуктора, $D_k$	0,245м.
диаметр эксплуатационной колонны, $D_{эк}$	0,168м.
внутренний диаметр эксплуатационной колонны, $D$	0,152м.
высота цементного стакана, $h_{ст}$	20м.

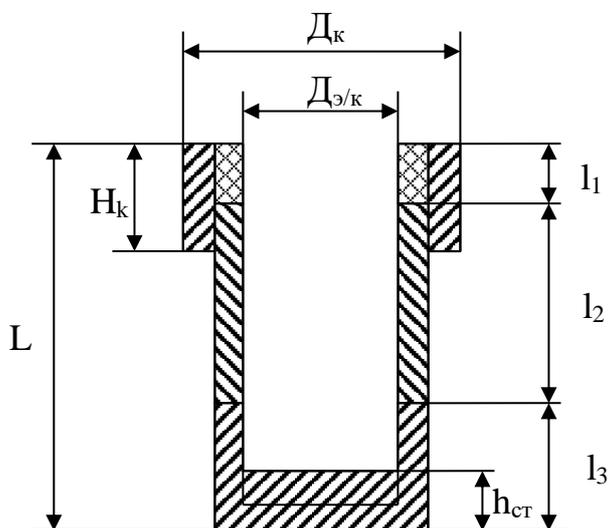


Рисунок 1 – Схема основных обозначений

1 Определяем объем гелцементного раствора:

$$V_{гц} = 0,785 \left[ (D_{скв}^2 - D_{эк}^2) \times (l_2 - 100) + (D_k^2 - D_{эк}^2) \times 100 \right] \quad (1.1)$$

2 Определяем объем цементного раствора:

$$V_{ц} = 0,785 \left[ (D_{скв}^2 - D_{эк}^2) \times l_3 + d_{эк}^2 \times h_{ст} \right] \quad (1.2)$$

3 Определяем количество цемента для приготовления цементного раствора:

$$Q_{ц} = \frac{1}{1 + 0,5} \rho_{цр} \times V_{цр} \quad (1.3)$$

где  $m$  – водоцементные отношения ( $m = 0,5$ )  
 $\rho_{цр}$  – плотность цементного раствора г/см<sup>3</sup>

4 Определяем количество воды для приготовления 1м<sup>3</sup> гельцементного раствора:

$$Qв = m \times Qц^3 \quad (1.4)$$

5 Определяем количество глины для приготовления 1м<sup>3</sup> гельцементного раствора:

$$gгг = \frac{\rho_{гц}}{\left(1 + \frac{100}{d}\right) - \left(\frac{100}{d\rho_{ц}} + \frac{1}{\rho_{гц}}\right)} \quad (1.5)$$

где  $\rho_{пл}$  – плотность гельцементного раствора, г/см<sup>3</sup>  
 $\rho_{ц}$  – плотность цемента, г/см<sup>3</sup>  
 $d$  – содержание глины порошка в процентном отношении массы цемента в гельцементном растворе ( $d = 10 - 20$ )

6 Определяем количество цемента для приготовления 1м<sup>3</sup> гельцементного раствора:

$$qц = \left(\frac{100}{d}\right) \times qгг \quad (1.6)$$

7 Определяем количество воды для приготовления 1м<sup>3</sup> гельцементного раствора:

$$qв = \rho_{гц} - qгг - qц^3 \quad (1.7)$$

8 Определяем количество глины, цемента и воды для приготовления всего объема гельцементного раствора:

$$\begin{aligned} Q_{гг} &= q_{гг} \times V_{гц} = \dots m \\ Q_{ц} &= q_{ц} \times V_{гц} = \dots m \\ Q_{в} &= q_{в} \times V_{гц} = \dots m^3 \end{aligned}$$

9 Определяем количество продавочной жидкости:

$$V_{пр} = 0,785 \times d_{ср}^2 \times (L - h_{ст}) \times K_c \quad (1.8)$$

где  $d_{ср}$  – средний внутренний диаметр эксплуатационной колонны, мм.  
 $h_{ст}$  – высота цементного стакана, м.  
 $K_c$  – коэффициент сжимаемости газа ( $K_c = 1,05$ )

10 Определяем суммарную подачу цементного агрегата в процессе цементирования:

$$Q = V \times F_{затр} = \dots \text{м}^3/\text{с} \quad (1.9)$$

$$F_{затр} = \frac{V_{ц} + V_{см} + V_{зц}}{l_2 + l_3} = \dots \text{м}^2 \quad (1.10)$$

где  $F_{затр}$  – площадь затрубного пространства,  $\text{м}^2$

$$V_{см} = \frac{\pi d_{ср}^2}{4} h \quad (1.11)$$

где  $V_{ст}$  – объем цементного стакана,  $\text{м}^3$

11 Определяем максимальное давление в процессе цементирования:

$$P_{\text{макс}} = P_1 + P_2 ,$$

где  $P_1$  – разность гидростатических давлений в затрубном и трубном пространстве

$$P_{затр} = 0,01(\rho_{цр} \times h_3 + \rho_{зц} \times h_2 + \rho_{ожс} \times h_1)$$

$$P_{тр} = 0,01 \times H \times \rho_{ожс}$$

$$P_1 = P_{затр} - P_{тр} , \quad (1.12)$$

где  $P_2$  – давление на преодоление гидравлических сопротивлений, МПа

$$P_2 = 0,001 * L + 1,6 \quad (1.13)$$

В соответствии с  $Q$  и  $P_{\text{макс}}$  выбираем тип цементировочного агрегата:

$$\text{ЦА} = 320\text{М}; P_{\text{III}} = 18 \text{ МПа}; d_{\text{бт}} = 115\text{мм}; q_{\text{III}} = 5,2 \text{ дм}^3/\text{с}. \quad (1.14)$$

12 Определяем количество цементно-смесительных машин под сухой цемент:

$$m_1 = \frac{Q_{ц}}{V_{\text{бун}} \times \delta} \quad (1.15)$$

где  $V_{\text{бун}}$  – объем бункера ( $V_{\text{бун}} = 14,5\text{м}^3$ )

$\delta$  - насыпная масса цемента ( $\delta = 1,20 - 1,25$ )

13 Определяем количество цементно-смесительных машин под сухой цемент и глину:

$$m_2 = \frac{Q_{ц} + Q_{гл}}{V_{\text{бун}} \times \gamma_{гн}} \quad (1.16)$$

14 Определяем число цементировочных агрегатов:

$$n = \frac{Q}{q} + 1 \quad (1.17)$$

15 Число цементных агрегатов при закачке буферной жидкости:

$$n = \frac{V_{буф}}{V_{ца}} \quad (1.18)$$

где  $V_{буф}$  – объем буферной жидкости, м<sup>3</sup>  
 $V_{бун} = 15 - 20$  м<sup>3</sup>  
 $V_{ца}$  – объем цементного агрегата (6,4м<sup>3</sup>)

16 Число цементных агрегатов при закачке цементного и гелецементного растворов:

$$\begin{aligned} n_{ц} &= 2 * m_1 = 2 * 1 = 2 \\ n_{гц} &= 2 * m_2 = 2 * 2 = 4 \end{aligned}$$

17 Определяем максимальное давление при закачке буферной жидкости:

$$P = P_1 + P_2 \quad (1.19)$$

$$P_1 = 0,01 * h_{буф} (\rho_{бр} - \rho_{буф})$$

где  $P_1$  – разность гидростатического давления бурового раствора и буферной жидкости

$$V_{в.обск} = \frac{\pi d^2}{4} \times L \quad (1.20)$$

$$h = V_{буф} / V_{вн.обск}$$

18 Определяем время цементирования:

$$t = \frac{10^3}{60} \left( \frac{V_{буф}}{n \times g} \right) + \frac{V_{гц}}{n_2 \times g} + \frac{V_{ц}}{n_3 \times g} + \frac{0,98 \times V_{np}}{(n-1) \times g} + \frac{0,02 \times V_{np}}{1 \times g} + 10 \text{ мин} \quad (1.21)$$

19 Определяем время схватывания:

$$t_{схв} = \frac{t_{ц}}{0,75} \quad (1.22)$$

Выбираем тип цемента ПЦТ-I-100

