

**Практичне заняття №3. РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ
ПРОВЕДЕННЯ ГРП, СКО, ГПП ТА ІНШИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ
ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРИПЛИВУ ГАЗУ ДО ВИБОЮ СВЕРДЛОВИН.**

Мета заняття: вивчити основи проектування різних методів дії на ПЗП, навчитись вибирати першочергові об'єкти для проведення оброблень.

Тривалість заняття: 2 години.

Короткі теоретичні відомості.

Гідропіскоструминна перфорація – створення каналів у експлуатаційній колоні, цементному камені і масиві гірських порід абразивною пульпою, яку подають у свердловину під тиском. Основою гідропіскоструминної перфорації є використання кінетичної енергії рідинно-піщаних струменів, що формуються в насадках спеціального апарату – гідропіскоструминного перфоратора.

Приклад розрахунку гідропіскоструминної перфорації. Вихідні дані наведено в таблиці 3.

Найменування	Одиниці вимірювання	Позначення величини
Діаметр експлуатаційної колони	м	0,146
Товщина стінки експлуатаційної колони	мм	7
Глибина свердловини	м	1124
Глибина розташування верхнього і нижнього отворів перфорації	м	1117-1124
Товщина перфорованих пластів	м	7
Пластовий тиск	МПа	2,33
Вибійний тиск	МПа	2,12
Депресія тиску на пласт	МПа	0,21
Коефіцієнт відкритої пористості	%	від 7 до 24,7

Пласт однорідний, міцність порід на стиснення – 32 МПа. Довжина інтервалів перфорації складає 7 м. Гідроніскоструминну перфорацію будемо проводити перфоратором АП-6М. Кількість насадок діаметром 4,5 мм становить 4. Витрата рідини через одну насадку становить $3,15 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$.

Витрата рідини через всі насадки становить:

$$Q := q \cdot n = 3.15 \cdot 10^{-3} \cdot 4 = 0.0126 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Швидкість руху висхідного потоку суміші в кільцевому просторі буде рівна:

$$V_c := \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot (D_{\text{вн}}^2 - d_{\text{зн}}^2)} = \frac{4 \cdot 0.0126}{3.14 \cdot (0.132^2 - 0.073^2)} = 1.327 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Як видно з розрахунку $V_c > 0,5$ – умова повного виносу піску буде забезпечена.

Концентрація піску становить 50 кг/м^3 густиною 2650 кг/м^3 .

Визначимо втрати тиску при русі суміші в колоні НКТ швидкість руху суміші:

$$V_{\text{НКТ}} := \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d_{\text{вн}}^2} = \frac{4 \cdot 0.0126}{3.14 \cdot 0.062^2} = 4.176 \text{ м}^3$$

Густина суміші:

$$\rho_c := \rho_v \cdot \left(1 - \frac{C_{\text{п}}}{\rho_{\text{п}}} \right) + C_{\text{п}} = 1009 \cdot \left(1 - \frac{50}{2650} \right) + 50 = 1040 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Об'ємна частка піску в суміші рівна:

$$C_o := \frac{\frac{C_{\text{п}}}{\rho_{\text{п}}}}{\left(\frac{C_{\text{п}}}{\rho_{\text{п}}} + 1 \right)} = \frac{\frac{50}{2650}}{\left(\frac{50}{2650} + 1 \right)} = 0.019 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Динамічна в'язкість суміші:

$$\mu_c := \mu_b \cdot e^{3.18 \cdot C_o} = 1.04 \cdot 10^{-3} \cdot e^{3.18 \cdot 0.019} = 1.105 \times 10^{-3} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Визначимо число Рейнольда:

$$\text{Re} := \frac{V_c \cdot d_{\text{вн}} \cdot \rho_c}{\mu_c} = \frac{1.327 \cdot 0.062 \cdot 1040}{1.105 \times 10^{-3}} = 7.743 \times 10^4$$

Так, як в суміші знаходиться пісок, то Re збільшуємо на 20 %:

$$\text{Re} := \text{Re} + 0.2 \cdot \text{Re} = 7.743 \times 10^4 + 0.2 \cdot 7.743 \times 10^4 = 9.292 \times 10^4$$

Коефіцієнт гідравлічного опору знаходимо за формулою Альтшуля:

$$\lambda := 0.11 \cdot \left(\frac{c}{d_{\text{вн}}} + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0.25} = 0.11 \cdot \left(\frac{0.2 \cdot 10^{-3}}{0.062} + \frac{68}{9.292 \times 10^4} \right)^{0.25} = 0.028$$

Тоді втрати тиску при русі суміші в НКТ будуть рівні:

$$P_{\text{НКТ}} := \lambda \cdot \frac{H_c \cdot V_c^2 \cdot \rho_c}{2 \cdot d_{\text{вн}}} = 0.028 \cdot \frac{1124 \cdot 1.327^2 \cdot 1040}{2 \cdot 0.062} = 4.648 \times 10^5 \text{ Па}$$

Розрахуємо втрати тиску при русі суміші в затрубному просторі. Число Рейнольда при русі суміші в затрубному просторі:

$$\begin{aligned} \text{Re}_{\text{зт}} &:= \frac{V_c \cdot (D_{\text{ек}} - d_{\text{зн}}) \cdot \rho_c}{\mu_c} = \\ &= \frac{1.327 \cdot (0.146 - 0.073) \cdot 1040}{1.105 \times 10^{-3}} = 9.117 \times 10^4 \end{aligned}$$

Так, як в суміші знаходиться пісок, то Re збільшується на 20 %:

$$\text{Re} := \text{Re}_{\text{зт}} + 0.2 \cdot \text{Re}_{\text{зт}} = 9.117 \times 10^4 + 0.2 \cdot 9.117 \times 10^4 = 1.094 \times 10^5$$

Коефіцієнт гідравлічного опору знаходимо за формулою Альтшуля:

$$\lambda := 0.11 \cdot \left(\frac{c}{D_{\text{ек}} - d_{\text{зн}}} + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0.25} =$$

$$= 0.11 \cdot \left(\frac{0.2 \cdot 10^{-3}}{0.146 - 0.073} + \frac{68}{1.094 \times 10^5} \right)^{0.25} = 0.026$$

Тоді втрати тиску при русі суміші в затрубному просторі:

$$P_{\text{зт}} := 1.2 \cdot \lambda \cdot \frac{H_c \cdot V_c^2 \cdot \rho_c}{2 \cdot (D_{\text{ек}} - d_{\text{зн}})} =$$

$$= 1.2 \cdot 0.026 \cdot \frac{1124 \cdot 1.327^2 \cdot 1040}{2 \cdot (0.146 - 0.073)} = 4.399 \times 10^5 \text{ Па}$$

Втрати тиску в насадці становлять 3-5 МПа.

$$\Delta P := P_{\text{нкт}} + P_{\text{зт}} + P_{\text{нас}} =$$

$$= 4.648 \cdot 10^5 + 4.399 \cdot 10^5 + 5 \cdot 10^6 = 5.905 \times 10^6 \text{ Па}$$

Зрушуюче зусилля для труб марки сталі К становить $387 \cdot 10^3 \text{ Н}$.

Вага одного погонного метру труби разом з муфтою становить 11,56 кг, а коефіцієнт запасу – 0,3.

Глибина опускання перфоратора становить 1117 м.

Площа поперечного перерізу труби:

$$F_{\text{тр}} := \frac{\pi \cdot (D_{\text{ек}}^2 - d_{\text{зн}}^2)}{4} = \frac{3.142 \cdot (0.146^2 - 0.073^2)}{4} = 0.013 \text{ м}^2$$

Допустимий тиск на усті:

$$P_{\text{доп}} := \frac{P_{\text{зр}} - q \cdot L}{F_{\text{тр}} \cdot k} = \frac{387 \cdot 10^3 - 11.56 \cdot 1117}{0.013 \cdot 1.3} = 2.214 \times 10^7 \text{ Па}$$

Таким чином, $P_{\text{доп}} = 22,14 \text{ МПа} > \Delta P = 5,905 \text{ МПа}$.

Тобто процес гідропіскоструминної перфорації можливий. Проведемо розрахунок видовження труб і необхідної кількості агрегатів.

Площа поперечного перерізу труби:

$$f_{\text{тр}} := \frac{\pi \cdot d_{\text{вн}}^2}{4} = \frac{3.14 \cdot 0.062^2}{4} = 3.018 \times 10^{-3} \text{ м}^2$$

Модуль Юнга становить $2 \cdot 10^{11}$ Па.

Коефіцієнт, який враховує тертя НКТ до стінки обсадної колони становить 1,5.

Видовження труб:

$$\Delta L := \frac{\Delta P \cdot f_{\text{тр}} \cdot L}{E \cdot F_{\text{тр}} \cdot Z} = \frac{5.905 \times 10^6 \cdot 3.018 \times 10^{-3} \cdot 1117}{2 \cdot 10^{11} \cdot 0.013 \cdot 1.5} = 5.104 \times 10^{-3} \text{ м}$$

Продуктивність агрегату АСF-700 становить $0,0173 \text{ м}^3/\text{с}$, тиск який створює агрегат 26 МПа.

Коефіцієнт, який враховує технічний стан насосних агрегатів становить 0,75.

Кількість насосних агрегатів:

$$N_a := \frac{Q \cdot P_{\text{доп}}}{\eta_a \cdot Q_a \cdot P_a} + 1 = \frac{0.0126 \cdot 2.214 \times 10^7}{0.75 \cdot 0.0173 \cdot 26 \cdot 10^6} + 1 = 1.827$$

Приймаємо, що будемо використовувати 2 агрегати АСF-700.

Приймаємо кількість інтервалів перфорації – 10.

Час обробки одного інтервалу – 1200 с.

Потрібна кількість робочої рідини:

$$V_{\text{рід}} := 10^{-3} \cdot Q \cdot N_a \cdot t \cdot N = 10^{-3} \cdot 0.0126 \cdot 2 \cdot 1200 \cdot 10 = 0.302 \text{ м}^3$$

Потрібна кількість піску:

$$G_{\text{п}} := V_{\text{рід}} \cdot 100 = 0.302 \cdot 100 = 30.2 \text{ кг}$$

Знайдемо загальну кількість рідини і піску, які необхідні для проведення ГПП. Необхідні кількість рідини встановлюється із врахування двох об'ємів

свердловини (один об'єм для транспортування піску на вибій свердловини і один об'єм для промивки свердловини після закінчення процесу) плюс 0,3 об'єму на поглинання пластом.

Таким чином

$$Q_p = 2.3 \cdot V$$

де $V = S \cdot H_c$ - об'єм свердловини, м³

S - площа поперечного перерізу свердловини.

$$S := \frac{\pi \cdot D_{\text{вн}}^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0.132^2}{4} = 0.01368 \text{ м}^2$$

$$V := S \cdot H_c = 0.01368 \cdot 1124 = 15.376 \text{ м}^3$$

Необхідна кількість рідини:

$$Q_p := 2.3 \cdot V = 2.3 \cdot 15.376 = 35.365 \text{ м}^3$$

Необхідна кількість кварцового піску:

$$Q_{\text{піску}} := 1.3 \cdot V \cdot C_0 = 1.3 \cdot 15.376 \cdot 100 = 1998.9 \text{ кг}$$

Для проведення гідропіскоструминної перфорації вибираємо кільцеву схему з поворотним використанням піску і рідини.

Типові задачі

1. Запроектуйте гідропіскоструминну перфорацію, якщо зовнішній діаметр експлуатаційної колони – $D_z = 0,168$ м; внутрішній діаметр експлуатаційної колони – $D_{\text{вн}} = 0,140$ м; зовнішній діаметр ліфтових труб – $d_z = 0,073$ м; внутрішній діаметр ліфтових труб – $d_{\text{вн}} = 0,062$ м; глибина свердловини – $L = 4850$ м; густина піску – $\rho_p = 2700$ кг/м³; в'язкість суміші – $\mu_{\text{см}} = 1,2$ мПа с; кількість насадок перфоратора і їх діаметр – $d = 4,5$ мм; продуктивність агрегата ЦАН – 700 – $q_a = 6,6$ л/с; максимально допустимий тиск при даній продуктивності – $P_a = 70$ МПа; інтервал перфорації – 4713,2-4732,8 м; кількість отворів однієї установки – 2 от/м.п.

Питання для контролю знань та обговорення

1. Яке основне завдання вирішується при проведенні перфорації пластів?
2. Який вид перфорації на сьогоднішній день знайшов найширше застосування?
3. Назвіть види перфорації, які застосовують в свердловинах.
4. В чому полягає суть гідро піскоструминної перфорації?
5. За якими факторами визначають ефективність ГПП?