

**Практичне заняття №2. 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.

Солянокислотне оброблення свердловин — технологія фізико-хімічного діяння на привибійну зону пласта, яка призначена для підвищення продуктивності свердловини шляхом нагнітання розчину соляної кислоти в привибійну зону з наступним розчиненням карбонатів гірських порід в карбонатних колекторах і пісковиках з карбонатним цементом.

Приклад розрахунку глинокислотного оброблення пласта. Вихідні дані наведено в таблиці 2.

Таблиця 2 - Вихідні дані для проведення розрахунку ГКО

Найменування	Одиниці вимірювання	Позначення величини
Діаметр експлуатаційної колони	м	0,146
Товщина стінки експлуатаційної колони	мм	9,5
Глибина свердловини	м	1840

Глибина розташування верхнього і нижнього отворів перфорації	м	1778-1821
Середня газонасичена товщина	м	28
Пластовий тиск	МПа	11,45
Глибина спуску колони НКТ	м	1778
Зовнішній діаметр НКТ	м	0,073
Внутрішній діаметр НКТ	м	0,062
Дебіт свердловини до ГКО	тис.м ³ /д	11,5
Коефіцієнт збільшення проникності		2,5
Радіус свердловини	м	0,1
Коефіцієнт відкритої пористості	ч.од.	0,132
Коефіцієнт проникності	м ²	$8,3 \cdot 10^{-15}$

Отже, як основу в даному випадку, приймаємо ГКР, основними компонентами якого є суміш плавникової і соляної кислоти.

Проведемо розрахунки необхідної кількості реагентів для приготування глинокислотного розчину, який будемо встановлювати на вибої свердловини

Для обробки свердловини застосовуємо ГКО, нагнітаючи в пласт СКР і ГКР у співвідношенні 1:1.

Рецептура СКР: 10 % HCl + 0,5 % оцтової кислоти + 1,0 % савенолу NWP.

Рецептура ГКР така ж, як СКР і, окрім цього, 4 % HF.

Об'єм соляної кислоти:

$$W = N \cdot h$$

де N – норма розходу кислоти на 1 м інтервалу перфорації, приймаємо $0,8 \text{ м}^3$;

h – товщина продуктивного пласта.

$$W := N \cdot h = 0,8 \cdot 28 = 22,4 \text{ м}^3$$

Необхідна кількість концентрованої соляної кислоти (HCl) для 10 % соляно-кислотного розчину:

$$W_k = A \cdot x \cdot W \cdot \frac{B - z}{B \cdot z \cdot (A - x)}$$

де A, B – числові коефіцієнти (таблиця VII I.4 [1]. В нашому випадку для 10 % кислоти числовий коефіцієнт $A=214$, а для 27 % кислоти коефіцієнт $B=226$;

W – об'єм соляно-кислотного розчину;

x – 10 % концентрація солянокислотного розчину;

z – 27,5 % концентрація товарної соляної кислоти.

$$W_k := A \cdot x \cdot W \cdot \frac{B - z}{B \cdot z \cdot (A - x)} = 214 \cdot 10 \cdot 22.4 \cdot \frac{226 - 27.5}{226 \cdot 27.5 \cdot (214 - 10)} = 7.51 \quad \text{м}^3$$

В якості інгібітора приймаємо катіонно-активний реагент – катіон А в кількості 0,01 % об'єму кислотного розчину.

$$Q_i := 0.01\% \cdot W = 0.01\% \cdot 22.4 = 2.24 \times 10^{-3} \quad \text{м}^3$$

Для запобігання випадання із солянокислотного розчину солей заліза додаємо оцтову кислоту в кількості:

$$Q_{\text{ок}} = 1000 \cdot \frac{b \cdot W}{c} \quad \text{дм}^3$$

де b – процент добавки оцтової кислоти до об'єму розчину
($b = f + 0,8 = 0,7 + 0,8 = 1,5$ %;

f – вміст в соляній кислоті солей заліза, приймаємо рівною 0,7 %);

W – об'єм солянокислотного розчину;

c – концентрація оцтової кислоти (приймаємо рівною 80 %).

$$Q_{\text{ок}} := \frac{b \cdot W}{c} = \frac{1.5 \cdot 22.4}{80} = 0.42 \quad \text{м}^3$$

В товарній соляній кислоті другого сорту міститься суміш сірчаної кислоти до 0,6 % (в перерахунку на SO_3), яка після реакції з вуглекислим кальцієм утворює гіпс, який випадає у вигляді кристалів. Для запобігання випадання гіпсу додаємо до соляної кислоти хлористий барій:

$$Q_{\text{х.б}} = 21.3 \cdot W \cdot \left(\frac{a \cdot x}{z} - 0.02 \right) \quad \text{кг}$$

де W – об'єм соляно-кислотного розчину;

a – вміст SO_3 в товарній соляній кислоті, становить 0,6;

x – концентрація соляно-кислотного розчину;

z – концентрація товарної кислоти.

$$Q_{\text{х.б}} := 21.3 \cdot W \cdot \left(\frac{a \cdot x}{z} - 0.02 \right) = 21.3 \cdot 22.4 \cdot \left(\frac{0.6 \cdot 10}{27.5} - 0.02 \right) = 94.56 \quad \text{кг}$$

Густина хлористого барію 4000 кг/м^3 .

$$Q_{\text{х.б}} := \frac{Q_{\text{х.б}}}{\rho_{\text{х.б}}} = \frac{94.557}{4000} = 0.02 \text{ м}^3$$

В якості інтенсифікатора для пониження поверхневого натягу приймаємо піноутворювач савенол NWP, який одночасно являється інгібитором і найбільш активним понижувачем швидкості реакції соляної кислоти з породою.

Необхідна кількість савенолу NWP складає 1-1,5 % від об'єму солянокислотного розчину:

$$Q_{\text{NWP}} := 1\% \cdot W = \% \cdot 22.4 = 0.224 \text{ м}^3$$

Сумарний об'єм всіх добавок для солянокислотного розчину:

$$\Sigma Q := Q_i + Q_{\text{ок}} + Q_{\text{х.б}} + Q_{\text{NWP}} = 0.00224 + 0.42 + 0.0236 + 0.224 = 0.67 \text{ м}^3$$

Необхідна кількість метилового спирту (CH_3OH). Розбавляють солянокислотний розчин метанолом до 30-50 % за об'ємом.

$$V_{\text{м.с}} := 30\% \cdot \Sigma Q \cdot W_k = 30\% \cdot 0.6698 \cdot 7.51 = 1.51 \text{ м}^3$$

$$V_{\text{в}} := W - W_k - \Sigma Q - V_{\text{м.с}} = 22.4 - 7.51 - 0.6698 - 1.51 = 12.71 \text{ м}^3$$

Для ізоляції зумпфа при обробці свердловини знизу вверх приймаємо розчин хлористого кальцію (бланкет) відносною густиною 1,2.

Об'єм одного метра стовбура свердловини з внутрішнім діаметром експлуатаційної колони становить:

$$V_{1\text{м}} := 0.785 \cdot D_{\text{вн.ек}}^2 = 0.785 \cdot 0.127^2 = 0.013 \text{ м}^3$$

а об'єм зумпфа:

$$V_3 := V_{1\text{м}} \cdot h_3 = 0.013 \cdot 19 = 0.25 \text{ м}^3$$

Для отримання 1 м^3 розчину хлористого кальцію відносною густиною 1,2 потрібно 540 кг CaCl_2 і $0,66 \text{ м}^3$ води. Для ізоляції всього зумпфа потрібно взяти:

хлористого барію:

$$Q_{\text{хб}} := 540 \cdot V_3 = 540 \cdot 0.25 = 135 \quad \text{кг}$$

води:

$$V_B := 0.660 \cdot V_3 = 0.660 \cdot 0.25 = 0.17 \quad \text{м}^3$$

Після приготування кислотного розчину перевіряють ареометром отриману концентрацію розчину HCl, якщо вона не відповідає заданій концентрації, додають до розчину воду або концентровану кислоту.

При закачці кислотного розчину в свердловину необхідно щоб вона заповнила викидну лінію діаметром 0,062 м, довжиною 50 м від насосного агрегату:

$$\frac{\pi \cdot d_{\text{вн}}^2}{4} \cdot 50 = \frac{\pi \cdot 0.062^2}{4} \cdot 50 = 0.15 \quad \text{м}^3$$

насосно-компресорні труби діаметром 0,062 м, довжиною L м:

$$\frac{\pi \cdot d_{\text{вн}}^2}{4} \cdot L = \frac{\pi \cdot 0.062^2}{4} \cdot 1778 = 5.37 \quad \text{м}^3$$

нижню частину свердловини від підшви до покрівлі продуктивного пласта:

$$V_{1\text{м}} \cdot h = 0.013 \cdot 28 = 0.36 \quad \text{м}^3$$

Після цього гирло свердловини герметизують і розчин під тиском закачують в привибійну зону пласта.

Для продавлення глинокислотного розчину в пласт потрібно 5,88 м³ конденсату.

Для обробок привибійних зон свердловин застосовуються спеціальні агрегати АЗИНМАШ-30. При більш високих тисках краще застосовувати більш потужні агрегати – АЗИНМАШ-30А. Ці агрегати призначені для транспортування, змішування і нагнітання розчину кислоти в свердловину, а також для проведення ГРП.

Час проведення процесу СКО, з подачею агрегату на V швидкості $0,0082 \text{ м}^3/\text{с}$, при тиску закачки $14,4 \text{ МПа}$ становить:

$$t := \frac{W}{Q_{\text{агр}}} = \frac{22.4}{6.4 \cdot 10^{-3}} = 3.5 \times 10^3 \quad \text{с}$$

Час проведення процесу СКО, хв:

$$t := \frac{t}{60} = \frac{3500.0}{60} = 58.33 \quad \text{хв}$$

Розрахунок необхідної кількості реагентів, кислоти, води для ГКО

Норма витрати кислотного розчину $0,8 \text{ м}^3/\text{м}$ концентрацією 10%

$$N_{\text{к.р}} := 0.8 \quad \frac{\text{м}^3}{\text{м}} \quad C_{\text{к.р}} := 10 \quad \%$$

Об'єм робочого кислотного розчину:

$$V_{\text{р.к.р}} := N_{\text{к.р}} \cdot h = 0.8 \cdot 28 = 22.4 \quad \text{м}^3$$

Концентрація товарної соляної кислоти становить $27,5 \%$, тоді об'єм товарної соляної кислоти у розчині становить:

$$C_{\text{т.сол.кисл}} := 27.5 \quad \%$$

$$V_{\text{т.сол.кисл}} := \frac{V_{\text{р.к.р}} \cdot C_{\text{к.р}} \cdot (5.09 \cdot C_{\text{к.р}} + 999)}{C_{\text{т.сол.кисл}} \cdot (5.09 \cdot C_{\text{т.сол.кисл}} + 999)} =$$

$$V_{\text{т.сол.кисл}} = \frac{22.4 \cdot 10 \cdot (5.09 \cdot 10 + 999)}{27.5 \cdot (5.09 \cdot 27.5 + 999)} = 7.508 \quad \text{м}^3$$

Необхідний об'єм товарної плавикової кислоти концентрацією в товарному розчині 40% , в робочому розчині 4% .

$$C_{\text{т.плав.кисл}} := 40 \quad \% \quad b_{\text{роб.пл}} := 4 \quad \%$$

$$V_{\text{т.плав.кисл}} := \frac{b_{\text{роб.пл}} \cdot V_{\text{р.к.р}}}{C_{\text{т.плав.кисл}}} = \frac{4 \cdot 22.4}{40} = 2.24 \quad \text{м}^3$$

Необхідний об'єм товарної оцтової кислоти концентрацією в товарному розчині 80% , в робочому розчині $1,5 \%$.

$$C_{\text{т.оцт.кисл}} := 80 \quad \% \quad b_{\text{роб.лим}} := 1.5 \quad \%$$

$$V_{\text{т.оцт.к}} := \frac{b_{\text{роб.лим}} \cdot V_{\text{р.к.р}}}{C_{\text{т.оцт.кисл}}} = \frac{1.5 \cdot 22.4}{80} = 0.42 \quad \text{м}^3$$

Необхідний об'єм інгібітора АНП-2 для зменшення корозії труб при транспортуванні через них кислот.

Робоча концентрація інгібітора АНП-2 0,5 %, а товарна 92 %.

$$C_{\text{інгіб}} := 92 \quad b_{\text{інгіб}} := 0.5$$

$$V_{\text{інгіб}} := \frac{b_{\text{інгіб}} \cdot V_{\text{р.к.р}}}{C_{\text{інгіб}}} = \frac{0.5 \cdot 22.4}{92} = 0.122 \quad \text{м}^3$$

Для створення стабільної піни використовуємо поверхневоактивну речовину савенол NWP з концентрацією в робочому розчині 1%, при товарній концентрації 98%.

$$C_{\text{ПАР}} := 98 \quad b_{\text{ПАР}} := 1$$

$$V_{\text{ПАР}} := \frac{b_{\text{ПАР}} \cdot V_{\text{р.к.р}}}{C_{\text{ПАР}}} = \frac{22.4}{98} = 0.229 \quad \text{м}^3$$

Об'єм розчинної рідини, який необхідно додати в товарний розчин

$$V_{\text{рр}} := V_{\text{р.к.р}} - (V_{\text{т.сол.кисл}} + V_{\text{т.плав.кисл}} + V_{\text{т.оцт.к}} + V_{\text{інгіб}} + V_{\text{ПАР}}) =$$

$$V_{\text{рр}} = 22.4 - (7.5084 + 2.24 + 0.42 + 0.122 + 0.229) = 11.88 \quad \text{м}^3$$

Об'єм води приймаємо 50% від об'єму розчинної рідини

$$V_{\text{води}} := 50\% \cdot V_{\text{рр}} = 50\% \cdot 11.88 = 5.94 \quad \text{м}^3$$

Глинокислотну обробку проводимо по трубам НКТ.

Об'єм рідини продавки (конденсату) становить

$$V_{\text{р.пр}} := 1.3 \cdot 0.785 \cdot d_{\text{вн}}^2 \cdot L = 1.3 \cdot 0.785 \cdot 0.062^2 \cdot 1778 = 6.97 \quad \text{м}^3$$

Час проведення процесу ГКО, з подачею агрегату 0,0064 м³/с, становить:

$$t := \frac{V_{\text{р.к.р}}}{Q_{\text{агр}}} = \frac{22.4}{6.4 \cdot 10^{-3}} = 3.5 \times 10^3 \quad \text{с}$$

Час проведення процесу ГКО, хв:

$$t := \frac{t}{60} = \frac{3499.0}{60} = 58.32 \quad \text{хв}$$

Час проведення процесу ГКО, год:

$$t := \frac{t}{60} = \frac{58.32}{60} = 0.972 \quad \text{год}$$

Типові задачі

1. Розрахуйте ефективність оброблення привибійної зони газової свердловини кислотним розчином, якщо за розрахунками реагент проникає у пласт на відстань 2,8 м. Відомо, що проникність у цій зоні зростає в 7 разів. Радіус контура живлення пласта 1000 м, радіус свердловини - 0,1 м. Фільтрація відбувається за законом Дарсі.

2. Визначити у скільки разів зросте пористість породи після проведення солянокислотного оброблення, якщо густина скелету породи, що розчиняється у СКР 2700 кг/м^3 , середня густина пористої породи 2300 кг/м^3 , вміст глини у породі 6,6%, карбонатність породи 3,2%. Пористість породи перед обробленням становила 14%.

3. Запроектуйте солянокислотне оброблення ПЗП свердловини.

Глибина свердловини Н, м	2100
Діаметр експлуатаційної колони $D_{\text{вн}}$, м	0,146
Інтервал перфорації, м	2000-2070
Поточний пластовий тиск $P_{\text{пл}}$, МПа	8
Карбонатність породи $k_{\text{п}}$, %	22
Пористість пласта m , %	20
Внутрішній діаметр НКТ $d_{\text{вн}}$, м	0,062
Довжина нагнітальної лінії l , м	30
Внутрішній діаметр нагнітальної лінії d , м	0,05

Питання для контролю знань та обговорення

1. З якою метою проводять обробку при вибійної зони пласта соляною кислотою?
2. Наведіть основні добавки застосовують для солянокислотного розчину.
3. Яка типова схема обв'язки гирла та техніка використовується для проведення СКО?
4. З якою метою використовують хлористий барі при проведенні СКО?
5. Яким чином обчислюється час проведення процесу СКО?