

УДК 622.244

ДЕЯКІ ЗАДАЧІ ВИБОРУ РЕЦЕПТУРИ ОБРОБКИ БУРОВОГО РОЗЧИНУ

М. А. Мислюк, Ю. М. Салижін

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42153

e-mail: public@ifdtung.if.ua

Формализованы задачи выбора оптимальных рецептур обработки бурового раствора.

The problems of selection of the optimum mud formulations of drill fluid processing are formalized.

В процесі буріння свердловин часто виникає необхідність у регулюванні технологічних властивостей бурового розчину. Така задача постає, наприклад, при зміні гірничо-геологічних умов проходження свердловини, при розкритті зон можливих ускладнень, продуктивних горизонтів та ін. При цьому важливим є пошук таких рецептур обробки бурового розчину, які задовольняють умовам буріння і серед множини допустимих рецептур забезпечують оптимальність критерію їх вибору [1, 2].

Для прийняття рішень щодо рецептури обробки бурового розчину необхідно спочатку дослідити вплив хімічних реагентів на його технологічні властивості. При цьому експериментально спланувати так, щоб отримати максимум інформації з невеликої кількості дослідів. Це завдання можна вирішити з використанням методів теорії планування експерименту [3].

На даний час розроблена велика кількість оптимальних планів експериментів і математичний апарат для їх побудови та оцінки параметрів рівнянь регресії [3, 4]. Аналіз показує, що для вирішення поставленої задачі можуть бути вибрані: план дробового факторного експерименту, ортогональний центральний композиційний план другого порядку, неортогональний симетричний композиційний план, латинські плани (латинські квадрати, латинські куби та ін.), плани експериментальної оптимізації. Кожен з цих планів характеризується певними перевагами і недоліками. Перспективним є використання комбінованих алгоритмів пошуку оптимальних рецептур обробки бурових розчинів.

Аналіз інформаційного забезпечення досліджень багатокомпонентних систем показує, що вибір їх рецептур зводиться, як правило, до розв'язання задач оптимізації у вигляді

$$\begin{aligned} F(x, a) \rightarrow \min(\max), \quad x \in D \\ \varphi(x) \leq 0, \end{aligned} \quad (1)$$

де: $F(x, a)$ – критерій оптимальності, як функція концентрацій $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$ реагентів і вектора параметрів a ; $\varphi(x)$ – система обмежень на концентрації реагентів; D – область визначення вектора x .

Формалізація задачі (1) вимагає обґрунтування критерію оптимальності, системи переваг в області D та обмежень на керуючі параметри x . Розглянемо особливості задач пошуку оптимальних рецептур бурових розчинів.

Найбільш природна формалізація задачі (1) виникає при виборі як критерію оптимальності вартості обробки бурового розчину або, що майже еквівалентно, одиниці його об'єму

$$F(x, a) = a_0 + a^T x, \quad (2)$$

де: a_0 – витрати на обробку одиниці об'єму бурового розчину, які не залежать від кількості реагентів; $a^T = (a_1, a_2, \dots, a_n)$ – вартості одиниць концентрацій реагентів. Очевидно, що параметр a_0 не впливає на вибір оптимальної рецептури і його можна не враховувати в (2).

Система обмежень на концентрації реагентів може бути поданою через їх вплив на технологічні параметри

$$\begin{aligned} g_j^{\min} - g_j(x) \leq 0; \\ g_j(x) - g_j^{\max} \leq 0, \end{aligned} \quad (3)$$

де g_j^{\min} , g_j^{\max} – відповідно мінімальне і максимальне значення j -го технологічного параметра за регламентом на проведення бурових робіт.

В даному випадку задача (1) формулюється з урахуванням (2) і (3) таким чином:

$$\begin{aligned} F(x, a) \rightarrow \min, \quad x \geq 0; \\ g_j^{\min} - g_j(x) \leq 0, \\ g_j(x) - g_j^{\max} \leq 0, \quad j = \overline{1, m}, \end{aligned} \quad (4)$$

де m – кількість обмежень на технологічні параметри.

Інформацію про залежності $g_j(x)$ одержують з експерименту:

у методах експериментальної оптимізації – у кожній точці плану експерименту в процесі пошуку оптимальної рецептури бурового розчину;

у методах за моделями, одержаних з використанням планів першого або другого порядку,

$$g(x) = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i x_i + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{k=i+1}^n b_{ik} x_i x_k + \sum_{i=1}^n b_{ii} x_i^2, \quad (5)$$

де b_0, b_i, b_{ik}, b_{ii} — параметри регресійних моделей;

у методах за планом комбінаційних квадратів — з використанням сплайн-функцій [5]

$$g(x) = \sum_{j=1}^N b_j G_{mn}(x-p) + \sum_{j=1}^m b_{N+k} x^{aj}, \quad (6)$$

де: b_j, b_{N+k} — параметри аналітичного подання сплайну;

N — кількість експериментальних точок;

$p = (p_1, p_2, \dots, p_n)^T$ — вектор експериментальних спостережень концентрацій x ;

$$G_{mn}(x-p) = \begin{cases} \|x-p\|^{2m-n} \ln \|x-p\|, & \text{якщо } n \text{ парне;} \\ \|x-p\|^{2m-n}, & \text{якщо } n \text{ непарне;} \end{cases}$$

$$\|x-p\| = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - p_i)^2}; \quad ij = \frac{(n+m-1)!}{(m-1)! n!}$$

$\alpha_j = (\alpha_{1j}, \alpha_{2j}, \dots, \alpha_{nj})$ — мультиіндекс;

$$x^{\alpha_j} = x_1^{\alpha_{1j}} \cdot x_2^{\alpha_{2j}} \dots \cdot x_n^{\alpha_{nj}};$$

m — параметр варіаційного функціоналу.

В окремих ситуаціях (наприклад, при розбурюванні ускладнених зон) вибір рецептур обробки бурових розчинів може здійснюватись за критерієм оптимальності деяких технологічних властивостей. Тоді задача (1) формулюється у такому вигляді:

$$F(x, a) = \sum_{i=1}^k a_i (g_{ui}(x) - \tilde{g}_i)^2 \rightarrow \min, \quad x \geq 0;$$

$$g_j^{\min} - g_j(x) \leq 0, \quad j = \overline{1, m};$$

$$g_j(x) - g_j^{\max} \leq 0, \quad j = \overline{1, m};$$

$$B(x) - B_{\max} \leq 0,$$

де: \tilde{g}_i — бажані технологічні властивості бурового розчину;

a_i — вагові коефіцієнти;

$B(x)$ — вартість обробки одиниці об'єму бурового розчину;

B_{\max} — обмеження на величину $B(x)$.

Вагові коефіцієнти критерію оптимальності можуть бути прийнятні

$$a_i = \frac{1}{S_i^2},$$

де S_i^2 — дисперсія величини i -го технологічного параметра.

Задача (7) допускає оптимізацію рецептури бурового розчину за одним або декількома технологічними параметрами. Останній випадок характеризує багатокритеріальну оптимізацію у вигляді лінійної комбінації окремих критеріїв [4].

В [2] розглядається задача переведення бурового розчину об'ємом V_i з однієї рецептури в іншу рецептуру бурового розчину об'ємом V_{i1} за умови найменшої витрати хімічних реагентів. Розв'язок задачі базується на рівняннях матеріального балансу для всіх компонентів бурового розчину. При цьому допускається видалення деякого об'єму вихідного бурового розчину без його хімічної обробки.

Можлива також формалізація задачі вибору рецептури обробки бурового розчину з урахуванням її стійкості відносно впливу змін концентрацій на відповідні технологічні параметри. В даному випадку умова стійкості рецептури може бути поданою через обмеження на залежності $g(x)$.

Література

1. Оптимизация процессов промывки и крепления скважин / А.Г.Аветисов, В.И.Боднарев, А.И.Булатов, Е.И.Сукурено. — М.: Недра, 1980. — 221 с.
2. Борисенко Л.В., Вартумян В.Г. Об оптимальном переводе бурового раствора из одной рецептуры в другую // Нефтяное хозяйство. — 1993. — № 9. — С.9.
3. Джонсон Н., Лион Ф. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке: Методы планирования эксперимента. — М.: Мир, 1981. — 520 с.: ил.
4. Мислюк М.А., Зарубін Ю.О. Моделивання явищ і процесів у нафтогазопромисловій справі: Навчальний підручник. — Івано-Франківськ: Екор, 1999. — 496 с.
5. Василенко В.А. Сплайн-функции: теория, алгоритмы, программы. — Новосибирск: Наука, Сибирское отд., 1983. — 214 с.