

матеріалу балона, закачана речовина-каталізатор (РК) в об'ємі, необхідному для вибуху суміші, що була закачана в продуктивний горизонт. Можливі речовини каталізаторів наведено в табл. 2 [4].

Для розкриття в свердловині балона з каталізатором він обладнується гірляндою ПКС (перфоратор кумулятивний скляний) з напрямом прострелів у протилежні боки. Принцип дії цього перфоратора відомий і описаний в літературі [2].

При вибуху ПКС балон з каталізатором буде руйнуватися, і рідина спрямовується в пласт по отворах, зроблених вибухом ПКС. Цьому процесу сприяє розрядка тиску, який існував в рідині у дюралюмінієвому балоні.

Таким чином, на вибої свердловини здійснюється, по-перше, процес гідророзриву пласта за допомогою ВР, яка без додавання до неї каталізатора не є безпечною відносно непередбаченого вибуху. Вибух відбувається безпосередньо в середовищі пласта (в тріщинах і порах, в які була закачана горюча речовина). Гідровибуховий розрив пласта значно підвищить проникність продуктивного горизонту у привибійній зоні пласта більшої, порівняно з простим гідророзривом пласта, навіть у тому випадку, коли остання забруднена важкою промивальною речовиною (глинистим розчином з домішками бариту і гематиту).

На рисунках 1 і 2 наведені графічні зображення етапів запропонованого способу гідро-

вибухорозриву пласта з метою отримання припливу флюїду при його випробуванні, а також інтенсифікації видобутку нафтогазових вуглеводнів [5].

Примітка. Якщо продуктивний горизонт перекритий обсадною колоною з її цементажем, то передбачається спочатку перфорація обсадної колони і цементного каменю в затрубному просторі звичайними відомими перфораторами (ПВН90Т, ПВТ73, ПВК70, ПК105ДУ, ПК95Н, ПК80Н, ПКО89, ПКОС73, ПКС105Т, ПКС65, ПР54, ПР43 та іншими) [2].

Література

1. Довідник з нафтогазової справи / За заг. ред. д-рів техн. наук В.С.Бойка, Р.М.Кондрата, Р.С.Яремійчука. – К.-Львів, 1996. – С. 441-444.
2. Прострелочные и взрывные работы в скважинах / Григорян Н.Г., [Пометун Д.Е.], [Горбенко Л.А.], Ловля С.А. – М.: Недра, 1980. – С. 84-85.
3. Шадрин Я. Ядерный взрыв добывает нефть // Наука и жизнь. – М., 1973. – № 7. – С. 13-20.
4. Фриденсон Е.С. Основы ракетной техники. – М.: Воениздат, 1973. – С. 129.
5. Орлов О.О., Трубенко О.М., Локтев А.В., Омельченко В.Г. Спосіб гідровибухового розриву пласта. – К.: Декл. патент держ. департаменту промислової власності України, 2002. – 5 с.

УДК 622.279

ВИБІР РЕЦЕПТУРИ ОБРОБКИ БУРОВОГО РОЗЧИНУ З ВИКОРИСТАННЯМ СПЛАЙНОВИХ І ПОЛІНОМІАЛЬНИХ МОДЕЛЕЙ

Ю.М.Салижкін

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42153, 42453
e-mail: public@ifdtung.if.ua

Рассмотрены вопросы выбора оптимальной рецептуры обработки бурового раствора с использованием сплайн- и полиномиальных моделей а также сравниваются результаты выбора рецептуры.

The author consider problems of selection of the optimum mud formulations of drill fluid processing with using spline and polynomial models and results of formulations selection are compared.

В практиці буріння часто виникають ситуації, коли під впливом зовнішніх або внутрішніх факторів буровий розчин змінює свої властивості, і вони перестають відповідати регламентам на проведення бурових робіт. В таких випадках виникає необхідність регулювання технологічних параметрів бурового розчину, що досягається зміною його компонентного складу, наприклад, введенням в розчин реагентів за певною рецептурою. Під рецептурою обробки бурового розчину будемо розуміти набір кількості відповідних реагентів для обробки одиниці об'єму бурового розчину.

На даний час підбір рецептури обробки бурового розчину у вітчизняній практиці здійснюється, як правило, інтуїтивно. Спочатку формується множина реагентів, які впливають на параметри розчину, що не задовольняють умовам буріння. На основі досвіду вибираються концентрації цих реагентів, проводиться експериментальна обробка за вибраною рецептурою. Якщо виявиться, що вибрана рецептура обробки не призводить до бажаних результатів, то збільшують концентрацію деяких реагентів, вилучають їх або вводять додаткові реагенти і проводять наступні експерименти. Якщо в про-

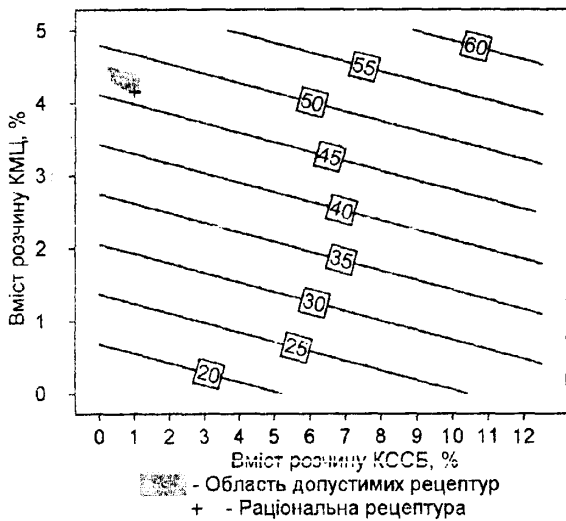


Рисунок 1 — Залежність вартості рецептури обробки від вмісту хімреагентів

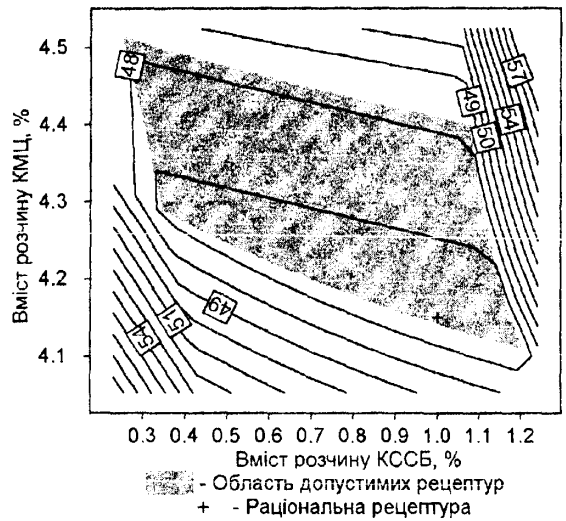


Рисунок 2 — Залежність суми цільової і штрафної функцій від вмісту хімреагентів

цесі проведення такої серії експериментів отримують рецептуру, яка дає змогу відновити технологічні параметри, то її рекомендують для проведення обробки бурового розчину.

Зрозуміло, що одержана таким чином рецептура обробки бурового розчину не є оптимальною за її вартістю або будь-яким іншим критерієм. Вона є однією з допустимих рецептур, що отримана дослідником.

Розглянемо вибір оптимальної щодо вартості рецептури обробки бурового розчину, який зводиться до розв'язання задачі

$$F(x, a) \rightarrow \min, x \in D;$$

$$D = \left\{ \begin{array}{l} x \in R^+ : g_i^{\min} - g_i(x) \leq 0, \\ g_i(x) - g_i^{\max} \leq 0, i = \overline{1, k}; \\ x_j^{\min} \leq x_j \leq x_j^{\max}, j = \overline{1, n} \end{array} \right\}, \quad (1)$$

де: $F(x, a)$ – вартість обробки бурового розчину як функція концентрацій $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$ реагентів і вектора параметрів a ;

D – множина допустимих значень x ;

x_j^{\min}, x_j^{\max} – відповідно мінімальна і максимальна концентрація j – того реагенту;

g_i^{\min}, g_i^{\max} – відповідно мінімальне і максимальне значення i – го технологічного параметра за регламентом на проведення бурових робіт;

$g_i(x)$ – функція, яка відображає залежність i – го технологічного параметра від концентрації реагентів. Вона може бути представлена у вигляді полінома [1,3], або сплайну [2].

Оцінку параметрів рівнянь регресії можна здійснити за результатами проведення експериментів у відповідності з ортогональним центральним композиційним планом другого

порядку. Його перевагою є те, що в результаті обробки експериментальних даних ми можемо отримати незалежні оцінки параметрів рівнянь регресії. Побудова цього плану виконується згідно з [1, 3]. Оцінка параметрів рівнянь регресії в цьому випадку здійснюється за допомогою методу найменших квадратів.

Задача (1) є задачею умовної оптимізації. За допомогою методу штрафів її можна звести до задачі безумовної оптимізації

$$F(x) + \rho \cdot S(x) \rightarrow \min, x \in D, \quad (4)$$

де $S(x)$ – штрафна функція

$$S(x) = \sum_{i=1}^k S_i(x)$$

$$S_i(x) = \begin{cases} (g_i^+(x) - 1)^2 + 1, & \text{якщо } g_i^+(x) > 1, \\ g_i^+(x), & \text{якщо } g_i^+(x) \leq 1; \end{cases}$$

$$g_i^+(x) = \alpha_i \max\{0, g(x) - g_i^{\max}, g_i^{\min} - g(x)\};$$

α_i – параметр штрафу.

Ілюстрацією перетворення задачі умовної оптимізації в задачу безумовної оптимізації можуть слугувати рисунки 1 і 2. На них відповідно представлені цільова функція і сума цільової та штрафної функції при значенні параметра штрафу $\rho = 10$.

Розв'язок задачі (2) збігається з розв'язком задачі (1) при достатньо великому ρ . Критерієм, який свідчить про те, що величина параметра штрафу є достатньою для того, щоб розв'язки задачі (1) і (2) збігалися, є попадання розв'язку задачі (2) в область допустимих значень за умови її існування.

Для розв'язку задачі (2) можна скористатися методами пошуку мінімуму функції, такими як: метод покоординатного спуску, симплекс-метод та ін.

Таблиця 1 — Вихідні і необхідні значення параметрів бурового розчину

Параметри	Значення параметрів бурового розчину	
	вихідні	необхідні
Густина, кг/м ³	1210	1180-1200
Умовна в'язкість, с	Не тече	30-50
Фільтрація, мл/30хв	40	0-10
СНЗ ₁ , Па	7.2	0.5-1.5
СНЗ ₁₀ , Па	не вимірюється	1.5-3

Таблиця 2 — План і результати експерименту

Концентрації реагентів і параметри бурового розчину	Досліди								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
С(КССБ), %	0	0	12,5	12,5	12,5	0	6,25	6,25	6,25
С(КМЦ), %	0	5	0	5	2,5	2,5	5	0	2,5
С(КСІ), %	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Густина, кг/м ³	1190	1200	1180	1170	1180	1200	1180	1190	1190
Умовна в'язкість, с	200*	40	28	32	28	60	32	42	28
Фільтрація, мл/30хв	36,6	8	8,7	6	6,9	18,5	8	19	10,6
СНЗ ₁ , Па	5,7	0,9	1,4	0,5	0,33	4,43	1	0,9	0,82
СНЗ ₁₀ , Па	3,1	0,25	0,33	0,08	0	1,87	0,33	0,5	0,16

Примітка: * Значення прийнято умовно, для забезпечення можливості використання його в обчисленнях.

Таблиця 3 — Рецептури обробки і прогнозовані значення параметрів після обробки

	Модель	
	поліноміальна	сплайнова
Реагент	Концентрації реагентів, %	
КССБ	1,88	1
КМЦ	4,15	4,15
КСІ	5	5
Параметр	Значення параметрів	
Густина, кг/м ³	1196	1199
Умовна в'язкість, с	31	31
Фільтрація, мл/30хв	10	10
СНЗ ₁ , Па	0,51	0,64
СНЗ ₁₀ , Па	1,53	1,88
Вартість обробки бурового розчину, грн/м ³	47,10	46,23

З метою ілюстрації алгоритму пошуку раціональної рецептури обробки бурового розчину розглянемо підбір рецептури обробки бурового розчину для свердловини Гуцулівська-2 (Калуська НГРЕ). В табл. 1 наведені вихідні параметри бурового розчину після цементування кондуктора і наступної обробки, а також необхідні для подальшого буріння свердловини.

Було прийнято рішення обробляти розчин 5%-ним розчином КМЦ, 15%-ним розчином КССБ і 30%-ним розчином хлориду калію. Вартість відповідних сухих речовин становить:

КМЦ – 14600 грн/т, КССБ – 640 грн/т, хлориду калію – 1000 грн/т. В табл. 2 наведений план експерименту і результати вимірів технологічних параметрів при дослідженні впливу вказаних реагентів на властивості розчину. Оскільки в даному випадку хлорид калію додавався як нормована домішка з метою інгібування набухання глин, то в усіх експериментах його домішок є однаковим. Відповідно у рекомендованих рецептурах частка хлориду калію буде на рівні заданої.

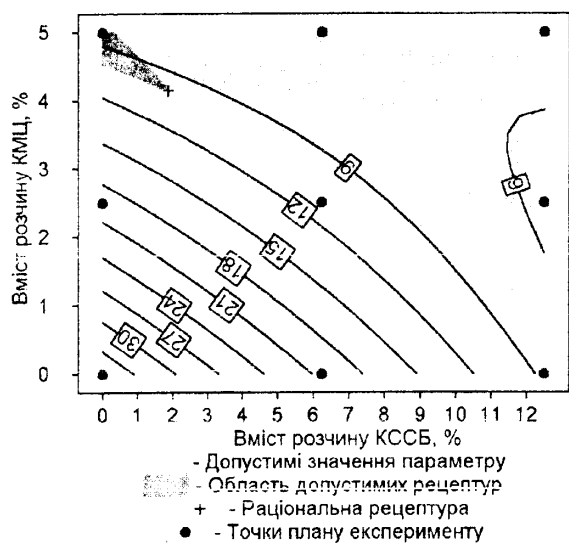


Рисунок 3 — Залежність фільтрації від вмісту реагентів

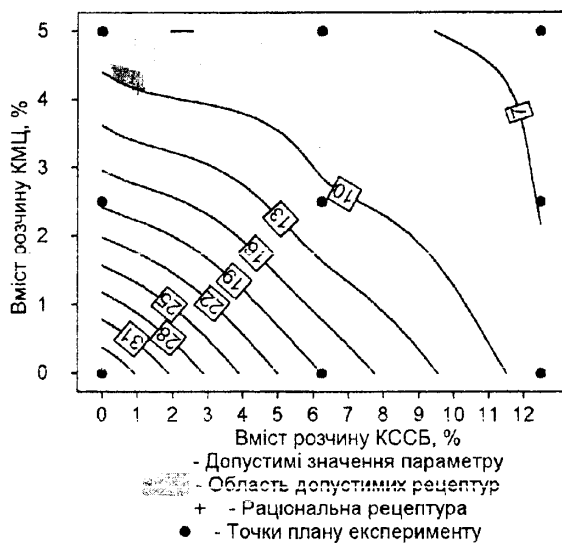


Рисунок 4 — Залежність фільтрації від вмісту реагентів

За результатами експериментів побудовано регресійні залежності у вигляді поліномів

$$\begin{aligned} \rho &= 1191,7 - 0,8x_1 + 5,33x_2 - \\ &\quad - 0,32x_1x_2 - 0,8x_2^2; \\ T &= 176,6 - 22,03x_1 - 46,4x_2 + \\ &\quad + 0,785x_1^2 + 2,624x_1x_2 + 3,787x_2^2; \\ \Phi &= 35,35 - 2,65x_1 - 7,32x_2 + \\ &\quad + 0,041x_1^2 + 0,414x_1x_2 + 0,381x_2^2; \\ \theta_1 &= 2,964 - 0,427x_1 - 0,549x_2 + \\ &\quad + 0,016x_1^2 + 0,042x_1x_2 + 0,014x_2^2; \\ \theta_{10} &= 5,543 - 0,808x_1 - 0,662x_2 + \\ &\quad + 0,033x_1^2 + 0,062x_1x_2 - 0,02x_2^2 \end{aligned} \quad (5)$$

і сплайнів.

На рисунках 3 і 4 наведено ізолінії залежності фільтрації від вмісту реагентів для відповідних моделей. В результаті перетину областей допустимих значень усіх реагентів утворюється область допустимих рецептур обробки.

Для кожного випадку підібрано рецептури обробки і оцінено прогнозні значення технологічних параметрів розчину після обробки за кожною з рецептур (табл. 3).

Як видно з таблиці, відмінність між рецептурами, отриманими в результаті обробки експериментів за поліноміальними і сплайнними моделями, незначна. Не виключено, що в інших випадках ситуація може виявитись іншою. Використання декількох методів дає можливість їх контролювати і більш ґрунтовно судити про рецептуру обробки бурового розчину.

Література

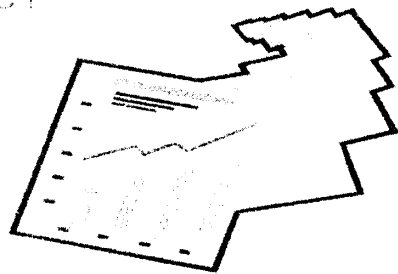
1. Мислюк М.А., Зарубін Ю.О. Моделирование явищ і процесів у нафтогазопромисловій справі: Навчальний підручник. – Івано-Франківськ: Екор, 1999. – 496 с.
2. Василенко В.А. Сплайн-функции: теория, алгоритмы, программы. – Новосибирск: Наука, Сибирское отд., 1983. – 214 с.
3. Зедгинидзе И.Г. Планирование эксперимента для исследования многокомпонентных систем. – М.: Наука, 1976. – 390 с.

МІСЦЕ

ВАШОЇ

РЕКЛАМИ

МИ ЧЕКАЄМО НА ВАС!



З питань виготовлення і розміщення реклами звертатися:
м. Івано-Франківськ, 76019, вул. Карпатська 15, ІФНТУНГ.
Редакція журналу "Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ" тел.: (03422) 42002, тел./факс: (03422) 42139,
e-mail: rozvidka@ifdtung.if.ua