

Нечітке моделювання процесу буріння нафтових і газових свердловин в умовах ускладнень

В.М. Шавранський¹

Annotation - the unclear design of process of the boring drilling of oil and gas mining holes is Examined in the conditions of complications. Unclear logical equalizations that is built on the base of knowledge of experts and give an opportunity to calculate the value of functions of belonging of different complications at the fixed клерувальних actions are used.

Keywords are a design, fuzzy logic, process of the boring drilling, complication.

I. ВСТУП

В теперішній час використовуються контролюючі системи, які включають майже до двох десятків і більше контролюючих параметрів. Потік інформації, що поступає від контрольно-вимірювальних систем, стає настільки об'ємним, що її неможливо охопити навіть освіченому спеціалісту і тому необхідні автоматичні проміжні ланки для її обробки і видачі директив. Таким чином, на сучасному етапі розвитку техніки і технології бурових робіт вимагаються достатньо складні інформаційно-вимірювальні системи, які в автоматичному режимі здійснювали б неперервний контроль процесу буріння, збір і обробку даних, що поступають від контрольно-вимірювальної апаратури, і від експертів, обробку інформації і на її основі видачу директивних вказівок по керуванню процесом буріння і, зрештою, реєстрацію і накопичення інформації в банку даних.

II. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Процес механічного буріння – це результат руйнування гірських порід долотом, що обертається з певною швидкістю, яке знаходиться під деяким навантаженням при сталому очищенні вибою свердловини від вибуреної породи буровим розчином певної якості і тим, що рухається з деякою заданою швидкістю.

До числа основних параметрів керування в механічному обертвовому бурінні відносять: осьову силу на долото; частоту обертання долота (або ротора); кількість (витрата) бурового розчину, що циркулює; якість бурового розчину, що подається на вибій (фільтрація, статична напруга зсуву, в'язкість, густина) [1].

Під *ускладненням* розуміють порушення нормального процесу будівництва свердловини, які вимагають прийняття безвідкладних і ефективних мір для його усунення і продовження буріння. На відміну від аварії

ускладнення, як правило, не пов'язане з перервою в процесі проходки свердловини.

В арсеналі ефективних засобів попередження ускладнень при бурінні свердловин є такі основні технологічні: обґрунтування конструкції свердловини з урахуванням всіх специфічних особливостей розрізу; правильний підбір промивних агентів за складом і властивостями для кожного специфічного інтервалу і грамотне оперативне коректування режиму промивки в залежності від властивостей пройдених гірських порід; використання системи раннього виявлення ускладнень на основі оперативної обробки даних комплексного контролю за процесом буріння (методи технологічного контролю, методи геофізичного контролю); використання методів прогнозування небезпечних зон за даними регіональних і промислових геофізичних досліджень.

Як видно із описаних вище засобів попередження ускладнень ні одне з них не враховує досвід і інтуїцію висококваліфікованих спеціалістів в області буріння глибоких свердловин, що є також не мало важним. Для врахування досвіду і інтуїції визначено основні ознаки при ускладненнях, що дає змогу на основі експертних опитувань розробити нечітку модель, яка враховує досвід і інтуїцію експертів.

Ускладнення розглядається, як процес прийняття рішень в системі з одним вихідним параметром ψ і n вхідними параметрами процесу буріння. Ідея, яка лежить в основі формалізації причинно-наслідкових зв'язків між параметрами процесу буріння і ускладненням, полягає в описі цих зв'язків на природній мові з застосуванням теорії нечітких множин і лінгвістичних змінних [2,3].

Система логічних висловлювань типу «ЯКЩО – ТО – ІНАКШЕ», які зумовлюють значення параметрів $x_1 \div x_n$ з одним з ускладнень ψ_j , $j = \overline{1, m}$, має наступний вигляд:

$$\begin{aligned} &\text{ЯКЩО } (x_1 = a_1^{11}) \text{ I } (x_2 = a_2^{11}) \dots \text{ I } (x_n = a_n^{11}) \text{ АБО } \dots \\ &(x_1 = a_1^{12}) \text{ I } (x_2 = a_2^{12}) \dots \text{ I } (x_n = a_n^{12}) \text{ АБО } \dots \\ &(x_1 = a_1^{1k_1}) \text{ I } (x_2 = a_2^{1k_1}) \dots \text{ I } (x_n = a_n^{1k_1}), \end{aligned}$$

ТО $\psi = \psi_1$, ІНАКШЕ

$$\begin{aligned} &\text{ЯКЩО } (x_1 = a_1^{21}) \text{ I } (x_2 = a_2^{21}) \dots \text{ I } (x_n = a_n^{21}) \text{ АБО } \dots \\ &(x_1 = a_1^{22}) \text{ I } (x_2 = a_2^{22}) \dots \text{ I } (x_n = a_n^{22}) \text{ АБО } \dots \\ &(x_1 = a_1^{2k_2}) \text{ I } (x_2 = a_2^{2k_2}) \dots \text{ I } (x_n = a_n^{2k_2}), \end{aligned}$$

ТО $\psi = \psi_2$, ІНАКШЕ

$$\begin{aligned} &\text{ЯКЩО } (x_1 = a_1^{m1}) \text{ I } (x_2 = a_2^{m1}) \dots \text{ I } (x_n = a_n^{m1}) \text{ АБО } \dots \\ &(x_1 = a_1^{m2}) \text{ I } (x_2 = a_2^{m2}) \dots \text{ I } (x_n = a_n^{m2}) \text{ АБО } \dots \\ &(x_1 = a_1^{mk_m}) \text{ I } (x_2 = a_2^{mk_m}) \dots \text{ I } (x_n = a_n^{mk_m}), \end{aligned}$$

¹ Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, вул. Карпатська, 15, Івано-Франківськ, 76019, УКРАЇНА, E-mail: kafatp@ukr.net; shavranskyu@i.ua

ТО $\psi = \psi_m$.

де $11, 12, \dots, 1k_1$ – номери з ускладненням Ψ_1 ; $21, 22, \dots, 2k_2$ – номери з ускладненням Ψ_2 ; $j1, j2, \dots, jk_j$ – номери з ускладненням Ψ_j ; $m1, m2, \dots, mk_m$ – номери з ускладненням Ψ_m .

З використанням операцій \cup (АБО) і \cap (І) ця система висловлювань, запишеться в компактній формі:

$$\left[\bigcap_{i=1}^n (x_i = a_i^{j1}) \right] \cup \left[\bigcap_{i=1}^n (x_i = a_i^{j2}) \right] \dots \cup \left[\bigcap_{i=1}^n (x_i = a_i^{jk_j}) \right] \longrightarrow \psi_j, \\ j = \overline{1, m},$$

або ще компактніше:

$$\bigcup_{d=1}^{k_j} \left[\bigcap_{i=1}^n (x_i = a_i^{jd}) \right] \longrightarrow \psi_j, \quad j = \overline{1, m} \quad (1)$$

Слід відмітити, що інформація, яка необхідна для формування системи (1) може бути отримана не тільки з статистичних даних, але й безпосередньо від висококваліфікованих спеціалістів-експертів в області буріння.

Нечітке моделювання ускладнень полягає у використанні нечітких логічних рівнянь. Ці рівняння будуються на базі знань або системі логічних висловлювань (1) і дозволяють вирахувати значення функцій належностей різних ускладнень при фіксованих значеннях параметрів процесу буріння. Як можливе ускладнення вибирається ситуація з найбільшим значенням функції належності.

Зв'язок між цими функціями визначається логічними висловлюваннями, які вище розглянуті, і може бути представлений у вигляді наступних рівнянь:

$$\begin{aligned} \mu^{\Psi_1}(x_1, x_2, \dots, x_n) &= \mu^{11}(x_1) \cdot \mu^{11}(x_2) \dots \mu^{11}(x_n) \vee \\ &\vee \mu^{12}(x_1) \cdot \mu^{12}(x_2) \dots \mu^{12}(x_n) \vee \dots \vee \mu^{1k_1}(x_1) \cdot \mu^{1k_1}(x_2) \dots \mu^{1k_1}(x_n); \\ \mu^{\Psi_2}(x_1, x_2, \dots, x_n) &= \mu^{21}(x_1) \cdot \mu^{21}(x_2) \dots \mu^{21}(x_n) \vee \\ &\vee \mu^{22}(x_1) \cdot \mu^{22}(x_2) \dots \mu^{22}(x_n) \vee \dots \vee \mu^{2k_2}(x_1) \cdot \mu^{2k_2}(x_2) \dots \mu^{2k_2}(x_n); \\ \mu^{\Psi_m}(x_1, x_2, \dots, x_n) &= \mu^{m1}(x_1) \cdot \mu^{m1}(x_2) \dots \mu^{m1}(x_n) \vee \\ &\vee \mu^{m2}(x_1) \cdot \mu^{m2}(x_2) \dots \mu^{m2}(x_n) \vee \dots \vee \mu^{mk_m}(x_1) \cdot \mu^{mk_m}(x_2) \dots \mu^{mk_m}(x_n); \end{aligned}$$

де \vee – логічні “АБО”, \cdot – логічні “І”.

Ці нечіткі логічні рівняння отримані з логічних висловлювань, шляхом заміни в них нечітких значень параметрів $x_1 \div x_n$, які відповідають функціям належності, а операції \cap і \cup на операції $\wedge(\cdot)$ і \vee .

В загальному вигляді система нечітких логічних рівнянь про ускладнення виглядає наступним чином:

$$\mu^{\Psi_j}(x_1, x_2, \dots, x_n) = \bigvee_{d=1}^{k_j} \left[\bigwedge_{i=1}^n \mu^{jd}(x_i) \right], \quad j = \overline{1, m} \quad (2)$$

Прийняття рішення про ускладнення $\psi^* \in \Psi(\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_m)$, здійснюємо в такій послідовності: зафіксуємо значення параметрів процесу буріння

$x^* = \langle x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^* \rangle$; задамо функції належності нечітких термів і визначимо значення цих функцій при фіксованих значеннях параметрів x_i^* , $i = \overline{1, n}$; користуючись логічним рівнянням (2), обчислюємо значення багатомірних функцій належності $\mu^{\Psi_j}(x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$ при векторі стану $x^* = \langle x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^* \rangle$ для всіх ускладнень $\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_m$. При цьому логічні операції $I(\wedge)$ і АБО (\vee) над функціями належності замінюються на операції \min і \max [4,5]

$$\mu(a) \wedge \mu(b) = \min[\mu(a), \mu(b)]$$

$$\mu(a) \vee \mu(b) = \max[\mu(a), \mu(b)].$$

Визначаємо рішення ψ^* , для якого $\mu^{\Psi^*}(x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*) =$

$$\max_{j=1, m} [\mu^{\Psi_j}(x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)].$$

Цьому рішення і буде відповідати певне ускладнення з вектором параметрів

$$x^* = \langle x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^* \rangle.$$

III. ВИСНОВОК

Запропоновано нечітке моделювання ускладнень процесу буріння свердловин, яке використовує ідею ідентифікації лінгвістичного терму за максимумом функції належності, і таке, що узагальнює цю ідею на всю базу знань.

Нечітке моделювання ускладнень реалізоване в програмному пакеті MATLAB [6,7] за допомогою бібліотеки Fuzzy Logic Toolbox.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

- [1] Семенцов Г.Н. Автоматизація процесу буріння свердловин. [Навчальний посібник]. Івано-Франківськ: ІФДТУНГ, 1999. – 300 с.
- [2] Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М.: Мир, 1976. – 166 с.
- [3] Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств. – М.: Радио и связь, 1982. – 432 с.
- [4] Степанов Н.В. Моделирование и прогноз осложненной при бурении скважин. – М.: Недра, 1989. – 252 с.
- [5] Калашников В.И., Справедливый В.И. Системы управления с фаззи-логикой. – Донецк, Магдебург: Новый мир, 1997. – 37 с.
- [6] Гульятев А.К. Визуальное моделирование в среде MATLAB: учебный курс – СПб: Питер, 2000.– 432 с.
- [7] Лазарев Ю.Ф. MatLAB 5.x. – К.: Издательская группа BHV, 2000. – 384 с.