

Актуальні питання нафтогазової галузі

УДК 622.248

ПЛАНУВАННЯ РІШЕНЬ В УСКЛАДНЕНИХ УМОВАХ БУРІННЯ СВЕРДЛОВИН НА НАФТУ Й ГАЗ

^{1,2}О.В.Аніськовцев, ³В.М. Чарковський, ⁴А.С.Непомнящий, ²І.Д.Щербатюк, ³В.Д.Середюк

¹ ТЗОВ «Інноваційне товариство ІНВЕП», м. Івано-Франківськ, вул. Г. Мазени, 179

² ВАТ «Живиця», смт. Вигода Івано-Франківської обл., вул. Заводська, 4

² ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15

⁴ ДГП «Чернігівнафтогазгеологія», м. Чернігів, вул. Шевченка, 15

Изложены основные результаты методологической разработки, которая позволяет прогнозировать вероятности состояний скважины в зависимости от применяемых технологий предупреждения та ликвидации аварий и брака в бурении. Рассмотрены основные схемы ресурсного обеспечения, которые имеют отношение к желаемому состоянию. Установлено, что с помощью экспертных оценок ресурсным затратам можно сформулировать задачу линейного программирования для расчета вероятностей состояний скважины.

Basic results of methodological development that permits to forecast the probability of borehole conditions in depends on used technology of prevention and elimination of failures and rejects during drilling are presented. The basic schemes of resources supplying which relating to desired conditions in borehole are also considered. It is established that with help of expert judgements for resources supplying the linear programming problem can be formulated for estimation of the probability of borehole conditions.

Процес спорудження нафтових і газових свердловин у складних геологічних умовах часто супроводжується різного роду аваріями та ускладненнями. Як аварії, так і ускладнення пов'язані з невизначеністю та випадковістю різних факторів, що мають місце в процесі проводки свердловини.

Багаторічна практика виробництва бурових робіт у різних геологічних регіонах затвердила серед інженерів-буровиків думку, що основна увага повинна приділятися попередженню аварій та ускладнень. Накопичення з роками статистичної інформації стосовно проводки свердловин в різноманітних геологічних умовах сприяли появі більш досконалих типів бурового обладнання та бурильного інструменту, компонок низу бурильної колони та бурових доліт, типів бурових розчинів та рецептур їх додаткової обробки з метою профілактики аварійних ситуацій. Вдосконалювалася й технологія проводки свердловин, що призвело до появи відповідних спеціальних режимів буріння з відповідним, у свою чергу, ресурсним забезпеченням (матеріальним, техніко-технологічним та кваліфікаційним).

Разом з тим, у практиці буріння не є поодинокими випадки, коли відкладення на деякий час профілактичних заходів з метою попередження аварії чи ускладнення може призвести до економії ресурсів. У роботі [1] розглядаються математичні моделі, мета яких – визначити оптимальну стратегію вибору моменту часу проведення профілактичних робіт на основі застосування теорії ігор. Відомі й інші методи моделювання виробничих процесів, на протікання яких впливають випадкові величини [2]. Проблема, однак, полягає в тому, що ціна «виграшу» та відповідно «програшу» насправді виражена далеко не одним тільки вартісним показником. Деякі аварії та ускладнення в бурінні можуть з часом набути екологічного характеру, а деякі є загрозою здоров'ю та життю людей.

Систему вибору рішень в ускладнених умовах буріння нафтових і газових свердловин можна розглядати як постановку ігрової задачі типу «дуелі» [1]. З одного боку, маємо виконавця бурових робіт, який зацікавлений у якійсь та безаварійній проводці свердловини. З іншого боку – свердловину, яка на тому чи ін-

шому етапі свого спорудження вимагає витрат тих же ресурсів у різній кількості та різних видів. Поєднання цих ресурсів відповідно до технології буріння з певними параметрами забезпечує певний стан свердловини, який можна охарактеризувати показниками темпів проводки, стійкістю стінок свердловини і т.п. Треба також мати на увазі, що реалізація деяких заходів, спрямованих на підвищення темпів проводки, може вступати у протиріччя з деякими профілактичними заходами, спрямованими на попередження аварій та ускладнень, хоча у кінцевому результаті скорочення часу спорудження свердловини є умовою попередження багатьох видів геологічних та технологічних ускладнень, що виникають під час буріння.

Метою даної статті є методологічне встановлення вимог до кількості та якості ресурсного забезпечення за умови прогнозування бажаного результату в процесі спорудження свердловини.

Розглянемо деякі профілактичні заходи для попередження, а також способи ліквідації геологічних ускладнень, аварій та браку в бурінні з точки зору відносної оцінки їх ресурсного забезпечення (табл. 1). Відносна оцінка ресурсним витратам для кожного заходу чи способу виставлялася прямим експертним методом [3] як функція приналежності з діапазону оцінок $[0,1]$, де 0 – «нульові витрати додаткових ресурсів», 1 – «максимальні витрати додаткових ресурсів». Оцінюючи таким чином витрати, ми зовсім не враховуємо обсяги виконання різного роду робіт та їх тривалість, а оскільки під додатковими ресурсами мається на увазі додаткова витрата всіх видів ресурсів на попередження чи ліквідацію ускладнень або аварій, то окрему оцінку витратам для кожного виду (матеріального, техніко-технологічного, кваліфікаційного) можна знайти за методом аналізу ієрархій [4].

Перемножуючи отримані за двома методами оцінки, знаходимо уточнені оцінки ресурсним витратам, які б відображали умови виконання додаткових робіт на профілактику або ліквідацію геологічного ускладнення чи аварії на конкретній свердловині. Звичайно, що найточнішу відносну оцінку ресурсним витратам можна дати, знаючи витрати у вартісній оцінці на виконання тих чи інших робіт у певному обсязі та, відповідно, структуру цих витрат.

Представлену на рис.1 узагальнену ієрархію задачі визначення оцінки ресурсних витрат, а також класифікацію профілактичних заходів і способів ліквідації ускладнень, аварій та браку в бурінні (табл.1) можна використати для створення нечіткої моделі [3] управління процесом проводки свердловини в ускладнених умовах.

Виставлення відносних оцінок для технологій (табл. 1) виконувалося у такому порядку. Спочатку визначили ті технології попередження та ліквідації ускладнень і аварій, які вимагають максимальної кількості ресурсів для їх реалізації. Серед цих технологій, в першу чергу, перебування свердловини або її частини, опускання обсадних колон для перекривання зони ускладнення, вибір спеціальної технології

розкриття продуктивного пласта. Відповідно цим технологіям оцінка ресурсних витрат в тих чи інших умовах є максимальною – 1. В другу чергу, оцінювалися такі технології, як: перебування інтервалу прихоплення, глушіння свердловини, додаткова обробка пласта з метою інтенсифікації припливу. Витрати ресурсів для реалізації цих технологій залежать від низки інших факторів, а тому відносна їх оцінка визначена інтервалом від 0.5 до 1. Після цього перейшли до робіт, які не потребують додаткових ресурсів. У деяких випадках, коли дозволяють геологічні умови, продовжуючи буріння без циркуляції або з частковим виходом потоку бурового розчину, можна закупорити канали та тріщини поглинання вибуреною породою і, таким чином, ліквідувати ускладнення за мінімальної додаткової величини ресурсів (відповідна оцінка – 0).

Решту технологій оцінювали за ресурсними витратами відносно вказаних. Якщо реалізація робіт залежить від обсягів, часу та інших факторів, то витрати оцінювали інтервалом оцінок. У зв'язку з цим необхідно відмітити ті заходи профілактики, які за рахунок підвищення темпів спорудження свердловини та економії часу дають змогу економити основні витрати на буріння і кріплення більшою мірою, ніж збільшувати їх за рахунок залучення додаткових витрат на реалізацію технологій попередження та ліквідації ускладнень і аварій. У табл. 1 такі технології наведені під узагальненими назвами: обмеження кількості та швидкості СПО, обмеження часу спорудження свердловини. Якщо технології інтенсифікації спорудження свердловини дають змогу економити сумарні витрати, то відповідна оцінка повинна бути вже з від'ємним знаком.

В узагальнену ієрархію, зображену на рис. 1, увійшли ускладнення, аварії та брак, які можуть бути оцінені у вартісній оцінці; розмір втрат порівняно незначний, а небезпечні умови роботи для виконавців зведені до мінімуму. Не розглядаються: поглинання бурових розчинів, флюїдопрояви, відхилення траєкторії стовбура свердловини. Флюїдопрояви є небезпечними для всього оточуючого, а тому неприпустимо розглядати їхню можливість, навіть короткочасну. Поглинання небезпечною загрозою інших аварій, у т.ч. флюїдопроявів, тому також виключене із розгляду. Відхилення траєкторії неприпустиме з точки зору великих витрат на ліквідацію цього виду браку бурових робіт.

У конкретних геологічних умовах спорудження свердловини необхідно уточнювати наведену вище ієрархію, виходячи з тих завдань та проблем, які виникають на певному етапі робіт. Досить часто, наприклад, доводиться вибирати між збільшенням частоти проробок і додаткових промивань свердловини та складністю програми хімообробки бурового розчину, оскільки останнє завжди збільшує витрати, а перше, окрім додаткових витрат, є свідченням того, що свердловина перебуває у стані загрози перед важкими геологічними ускладненнями, зокрема прихопленнями.

Таблиця 1 – Перелік профілактичних заходів та способів ліквідації геологічних ускладнень, аварій та браку в бурінні та оцінка їх відносного ресурсного забезпечення

Ускладнення, аварії та брак в бурінні	Заходи попередження	Оцінка витратам
X1 - Поглинання бурового розчину	x11 - Регулювання параметрів бурових розчинів	0.2 – 0.5
	x12 - Регулювання параметрів режиму буріння та гідродинамічних характеристик потоку	0.2
	x13 - Застосування спеціальних промивних агентів	0.6
	x14 - Обмеження кількості та швидкості СПО	0 – 0.8
X2 - Прихоплення бурильного інструменту	x21 - Вибір відповідних гідродинамічних характеристик потоку	0.2
	x22 - Проробки прихоплення небезпечного інтервалу	0.6 – 0.8
	x23 - Регулювання параметрів бурових розчинів та застосування спеціальних добавок до розчину	0.3 – 0.5
	x24 - Застосування спеціальних КНБК	0.3 – 0.4
	x25 - Застосування додаткових пристроїв у КНБК	0.3 – 0.6
X3 - Порушення стійкості стінок та зашлямування свердловини	x26 - Вибір кращого способу буріння та профілю свердловини з низки можливих альтернатив	0 – 0.8
	x31 - Вибір відповідних гідродинамічних характеристик потоку	0.2
	x32 - Регулювання параметрів та хімічних властивостей бурового розчину	0.4 – 0.6
X4 – Флюїдопрояви	x33 - Обмеження часу спорудження свердловини	0 – 0.9
	x41 - Регулювання параметрів бурового розчину	0.2 – 0.5
X5 - Відхилення траєкторії свердловини	x42 - Обмеження кількості та швидкості СПО	0 – 0.8
	x51 - Застосування спеціальних параметрів режиму буріння	0.2 – 0.4
	x53 - Застосування телеметричних систем	0.4
X6 - Забруднення продуктивного пласта	x52 - Застосування спеціальних КНБК	0.3 – 0.6
	x61 - Регулювання параметрів бурового розчину	0.3 – 0.6
	x62 - Вибір спеціальних типів бурових розчинів	0.6
	x63 - Вибір спеціальної технології розкриття продуктивного пласта	1

Ускладнення, аварії та брак в бурінні	Способи ліквідації	Оцінка витратам
X1 - Поглинання бурового розчину	x15 - Буріння без циркуляції розчину	0
	x16 - Застосування спеціальних добавок до бурового розчину	0.3
	x17 - Встановлення спеціальних ванн	0.3 – 0.5
	x18 - Кольматація поглинаючого пласта	0.5 – 0.7
	x19 - Перекривання інтервалу поглинання обсадною колоною	1
X2 - Прихоплення бурильного інструменту	x27 - Встановлення спеціальних ванн	0.4 – 0.6
	x28 - Створення статичних, ударних та вібраційних навантажень	0.3 – 0.6
	x29 - Перебурювання інтервалу прихоплення	0.5 – 1
X3 - Порушення стійкості стінок та зашлямування свердловини	x34 - Встановлення спеціальних ванн	0.4 – 0.6
	x35 - Кольматація нестійкого інтервалу	0.5 – 0.7
	x36 - Проробки інтервалу ускладнення	0.6 – 0.8
	x37 - Перекривання зони ускладнення обсадною колоною	1
X4 – Флюїдопрояви	x43 - Глушіння свердловини	0.5 – 1
X5 - Відхилення траєкторії свердловини	x54 - Перебурювання свердловини або її частини	1
	x55 - Виправлення траєкторії свердловини	0.6 – 1
X6 - Забруднення продуктивного пласта	x64 - Додаткова обробка пласта з метою інтенсифікації припливу на стадії освоєння свердловини	0.5 – 1

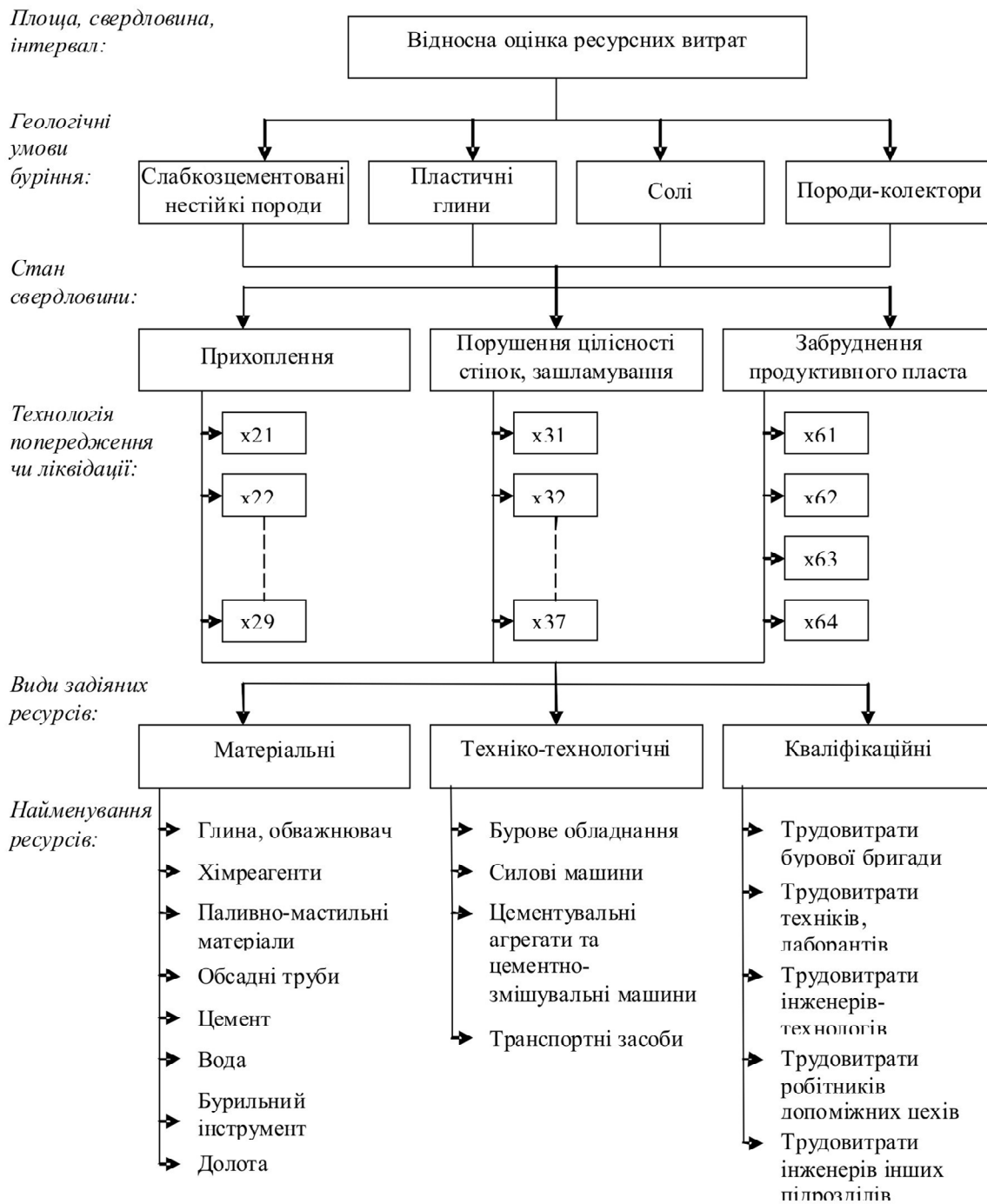


Рисунок 1 – Узагальнена ієрархія задачі відносного оцінювання ресурсних витрат

Для визначення ймовірності деякого стану свердловини як залежності від ступеня складності програми хімообробки бурового розчину застосуємо математичну модель, побудовану з використанням теорії ігор [5]. При цьому сумарні витрати представимо у вигляді суми оцінок витрат відповідних ресурсів, необхідних на певному етапі обробки, які визначаються за наведеною вище методикою. Оскільки різні програми хімообробки різняться в основному матеріальними витратами, то математичне моделювання на описовому етапі можна представити у вигляді ієрархії витрат (рис. 2) та відповідної таблиці (табл. 2).

Позначивши через $p_1, p_2 \dots p_j \dots p_m$ набір ймовірностей виникнення j -го стану свердловини, матимемо таку систему рівнянь залежності витрат в умовній оцінці у разі реалізації i -ої технології від остаточного результату (ціни гри)

$$\begin{aligned}
 o_{11}p_1 + o_{12}p_2 + \dots + o_{1j}p_j + \dots + o_{1m}p_m &\geq v \\
 o_{21}p_1 + o_{22}p_2 + \dots + o_{2j}p_j + \dots + o_{2m}p_m &\geq v \\
 \dots &\dots \\
 o_{n1}p_1 + o_{n2}p_2 + \dots + o_{nj}p_j + \dots + o_{nm}p_m &\geq v
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

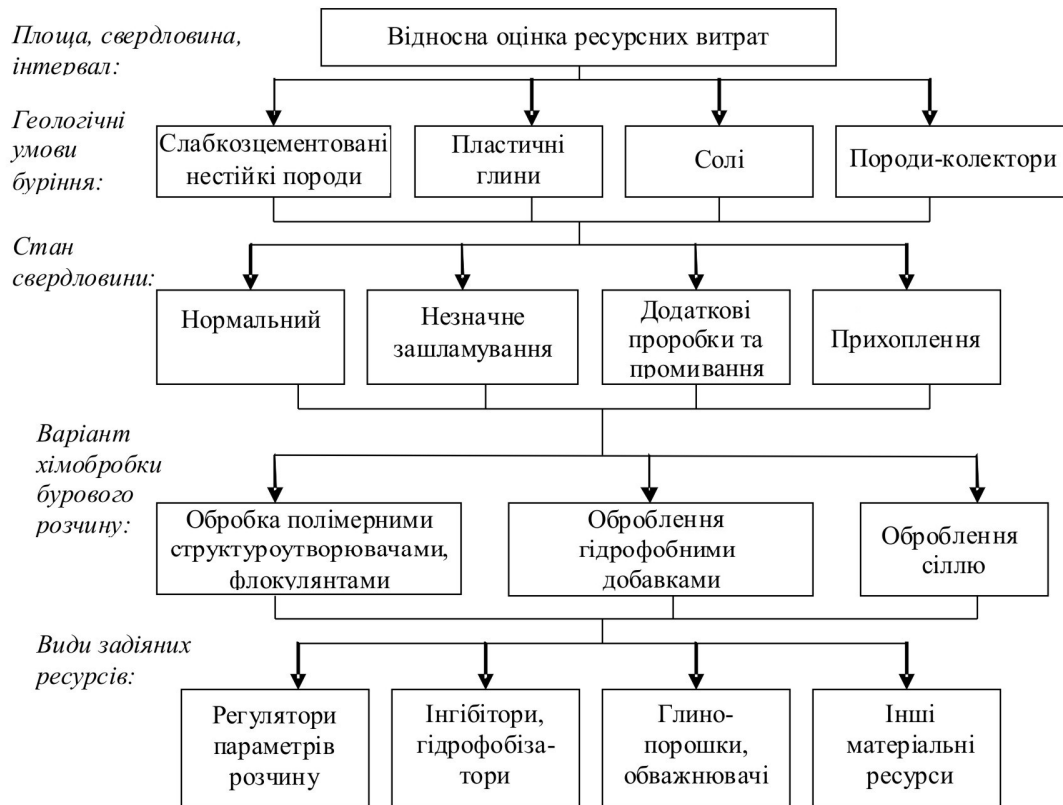


Рисунок 2 – Схема відносного оцінювання ресурсних витрат, пристосована до задачі вибору програми оброблення бурового розчину

Таблиця 2 – Форма представлення результатів математичного моделювання на описовому етапі

Види задіяних ресурсів	Стан свердловини			
	Нормальний	Незначне зашламування	Проробки, промивання	Прихоплення
Регулятори параметрів розчину	o_{11}	o_{12}	o_{13}	o_{14}
Інгібітори, гідрофобізатори	o_{21}	o_{22}	o_{23}	o_{24}
Глинопорошки, обважнювачі	o_{31}	o_{32}	o_{33}	o_{34}
Інші матеріальні ресурси	o_{41}	o_{42}	o_{43}	o_{44}

де: o_{ij} – сумарна оцінка ресурсних витрат для i -ої технології від реалізації якої отримують j -ий стан свердловини; v – остаточний результат за сумарними витратами в їх умовній оцінці, або ціна гри.

Оскільки ціна гри невідома, то систему (1) необхідно перетворити, виключивши v та ввівши нову змінну

$$\begin{aligned}
 o_{11}t_1 + o_{12}t_2 + \dots + o_{1j}t_j + \dots + o_{1m}t_m &\geq 1 \\
 o_{21}t_1 + o_{22}t_2 + \dots + o_{2j}t_j + \dots + o_{2m}t_m &\geq 1 \\
 \dots &\dots \\
 o_{n1}t_1 + o_{n2}t_2 + \dots + o_{ij}t_j + \dots + o_{nm}t_m &\geq 1
 \end{aligned}
 \quad (2)$$

Отриману таким чином типову задачу лінійного програмування необхідно доповнити цільовою функцією виду

$$F(t) = t_1 + t_2 + \dots + t_m \rightarrow \min. \quad (3)$$

Мінімізація цільової функції зумовлюється

тим, що $\sum_j t_j = \frac{1}{v}$, а ціну гри v , тобто витрати,

свердловина як «гравець» максимізує.

Насамкінець слід зауважити, що викладений підхід щодо планування рішень в ускладнених умовах буріння нафтових і газових свердловин потребує уточнення та видозміни для конкретної свердловини та відповідної ситуації, а кожний, наведений у схемі (рис. 2), варіант хіміобробки бурового розчину може характеризуватися додатковими комбінаціями задіяних матеріальних ресурсів.

Після розрахунку за моделлю (2, 3) ймовірностей того чи іншого стану свердловини для різних технологій можна поступити так:

1) вибрати найдешевшу технологію з декількох можливих альтернатив, які забезпечують прийнятну якість провідки свердловини на поточний момент;

2) оцінити витрати на кінцевому етапі буріння свердловини після впровадження альтернативних технологій та здійснити вибір найефективнішої за найменшими сумарними витратами на спорудження.

Для здійснення другого варіанту потрібно моделювати витрати, задіяні для провідки всієї свердловини, або відповідним чином корегувати кошторис витрат на спорудження свердловини, що вимагає більш глибокого аналізу виконуваних робіт та необхідних ресурсів. При цьому в ієрархічну модель (рис. 1) потрібно включати критерії та фактори не тільки вартісного характеру, а й такі, які б дали змогу оцінити вплив на умови праці, навколишнє середовище і т.п.

Викладену методика можна застосувати для оцінки доцільності впровадження (вибору кращої) наступних альтернативних технологій при спорудженні свердловин:

1. Ускладнення програми хімообробки бурового розчину та опускання додаткової обсадної колони для перекривання зони геологічного ускладнення.

2. Ускладнення програми хімообробки бурового розчину та застосування спеціальних КНБК і додаткових пристроїв, вмонтованих у КНБК, для попередження прихоплень бурильного інструменту.

3. Ускладнення програми хімообробки бурового розчину та застосування технології кольматації стінок свердловини.

4. Спеціальні технології розкриття продуктивного пласта на етапі буріння та додаткової обробки пласта на етапі освоєння чи експлуатації свердловини.

5. Перебурювання частини стовбура з метою ліквідації прихоплення та застосування технологій звільнення прихопленого інструменту.

6. Ускладнення програми хімообробки бурового розчину та керування гідродинамічними характеристиками потоку і параметрами режиму буріння.

Література

1 Мирзаджанзаде А.Х., Ширинзаде С.А. Повышение эффективности и качества бурения глубоких скважин. – М.: Недра, 1986. – 278 с.

2 Соболев И.М. Метод Монте-Карло // Популярные лекции по математике. – Вып.46. – М.: Наука, 1978. – 64 с.

3 Пивкин В.Я., Бакулин Е.П., Кореньков Д.И. Нечеткие множества в системах управления. – http://idisys.iae.nsk.su/fuzzy_book/fuzzy2.htm

4 Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н. Анализ, синтез и планирование решений в экономике. – М.: Финансы и статистика, 2001. – 368 с.

5 Крушевский А.В., Швецов К.И. Математическое программирование и моделирование в экономике: Уч. пособие. – К.: Вища школа, 1979. – 456 с.



5-А МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ «СУЧАСНІ ПРИЛАДИ, МАТЕРІАЛИ І ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ І ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ МАШИНОБУДІВНОГО І НАФТОГАЗОПРОМИСЛОВОГО ОБЛАДНАННЯ»

м. ІВАНО-ФРАНКІВСЬК, 02 – 05 грудня 2008 р.

ШАНОВНІ КОЛЕГИ!

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу 02–05 грудня 2008 р. буде проводити 5-у міжнародну науково-технічну конференцію і виставку «Сучасні прилади, матеріали і технології для неруйнівного контролю і технічної діагностики машинобудівного і нафтогазопромислового обладнання».

Для участі в роботі вказаної конференції і виставки запрошені відомі спеціалісти і науковці з неруйнівного контролю (НК) і технічної діагностики (ТД) України, Росії, Білорусії і Молдови, організації-виробники і постачальники засобів НК і ТД в Україні, представники нафтогазовидобувних, нафтогазотранспортних, машинобудівних підприємств України, де експлуатуються засоби НК і ТД, а також організації, які здійснюють контроль за проведенням НК і ТД на промислових підприємствах.

З питанням щодо організації і проведення конференції і виставки звертатись в Оргкомітет:

тел.: (+380 3422) 4-24-30, 4-60-77; факс (+380 3422) 4-00-89;

e-mail: zarichna@nung.edu.ua <http://www.nung.edu.ua>