

РЕЗУЛЬТАТИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ВСТАНОВЛЕННЯ ІЗОЛЯЦІЙНИХ МОСТІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ТЕОРІЇ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБРАЗІВ

© Тершак Б.А., 2006

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Розглянуто особливості застосування теорії розпізнавання образів для контролю технологічних процесів ізоляційних робіт. Проаналізовано результати робіт по встановленню ізоляційних мостів через підвіску труб у глибоких свердловинах родовищ Дніпровсько-Донецької западини. Показано, що на якість встановлення ізоляційних мостів важливий вплив мають чинники, які визначають особливості формування структури томпонажного матеріалу з заданими технологічними властивостями у заданому інтервалі свердловини

Відомо, що успішність встановлення ізоляційного моста в процесі буріння глибоких свердловин залежить від впливу комплексу одночасно діючих геолого-технічних факторів, багаточисельність яких визначає стохастичну природу кінцевого результату. Слід відмітити, що середня успішність операцій по встановленню цементних мостів балансовим способом у глибоких свердловинах родовищ України не перевищує 50 % [1]. Аналогічні результати спостерігаються у більшості нафтогазовидобувних регіонів країн СНД, про що свідчить аналіз, виконаний М.О. Ашраф'яном на основі даних родовищ Північного Кавказу, Казахстану, Західного Сибіру, Білорусі [2]. За даними, опублікованими у США та наведеними в [3], із 143 операцій встановлення мостів із застосуванням латекс-цементів тільки 89 (62,3 %) виявилися успішними. Характерно, що частка невдалих операцій достатньо велика як у відкритому, так і в обсадженому стовбурах свердловини.

Слід зазначити, що ускладнення під час встановлення мостів в обсадних колонах, як правило, призводять до значних матеріальних затрат, а іноді і до ліквідації свердловин. Так у 2005 р. у свердловинах НГВУ «Чернігівнафтогаз» під час капітального ремонту було проведено 29 операцій по встановленню ізоляційних мостів з метою від'єднання нижнього пласта. Тривалість вказаних робіт склала 14 279 годин, а їх вартість 4 144 527 гривень.

З метою оцінки впливу різних факторів на якість операції нами було проаналізовано результати робіт по встановленню 178 мостів через підвіску труб. Для максимального виключення впливу

суб'єктивних чинників, обумовлених кваліфікацією виконавців та рівнем організації робіт, для діагностування відбирались операції, проведені в одному регіоні, а саме нафтогазових родовищах Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ), в тому числі і з нашою участю. З масиву даних (плани і акти про виконання робіт, справи свердловин, діаграми станції контролю цементування тощо) було використано 31 геолого-технічний фактор. Діагностування кінцевого результату операцій проводилось з допомогою коефіцієнтів якості [4].

Для визначення інформативності кожного з факторів весь масив даних було опрацьовано з використанням теорії розпізнавання образів [5]. Для побудови варіаційного ряду кожного з факторів визначались кількість інтервалів (діапазонів) L і величина кроку h , яка відповідає даному інтервалу, з умов

$$L = 1 + 1,5 \lg(N + M); \quad (1)$$

$$h = \frac{X_{max} - X_{min}}{l}, \quad (2)$$

де N , M – кількість об'єктів відповідно для першого (неуспішні) і для другого (успішні) класів; X_{max} , X_{min} – відповідно максимальні та мінімальні значення кожного із факторів.

Для факторів, які не можуть бути виражені кількісно, присвоєно умовні значення – цілі числа (ранги). Відповідно, для них число діапазонів дорівнює числу рангів. Діагностичний коефіцієнт $DK(x'_i)$ для кожного інтервалу (діапазону) визначався за формулою

$$ДК(x_j^i) = 10 \lg \frac{P_1(x_j^i)}{P_2(x_j^i)}, \quad (3)$$

де $P_1(x_j^i)$ і $P_2(x_j^i)$ – ймовірність прояву i -тої градації j компоненти серед об'єктів, що належать відповідно першому та другому класам.

У випадку, коли $P_1 = 0$ і $P_2 \neq 0$ ймовірності для розрахунку замінимо відповідно на $P_1 = 1/N$ і $P_2 = P_1 + P_2$. Отримавши, таким чином, діагностичні коефіцієнти для всіх градацій визначимо інформативність кожного з факторів таким чином:

$$I(x_j) = 0,5 \sum_{i=1}^k \hat{A}\hat{E}(x_n^i) [P_1(x_n^i) - P(x_n^i)]. \quad (4)$$

Дана методика опрацювання бази даних була реалізована у вигляді розробленого за нашою участю програмного комплексу, виконаного в середовищі Borland Delfi.

Розрахункові значення інформативностей та діагностичних коефіцієнтів наведені в табл.1. З отриманих результатів видно, що на ефективність робіт по встановленню цементних мостів, найбільший вплив мають керовані фактори, які складають відповідно 66,06% при найбільш позитивних та 74,70% при найменш позитивних умовах проведення операції.

До першої групи можна віднести фактори, які визначають надійну доставку тампонажного розчину в заданий інтервал свердловини ($X_2, X_{11}, X_{12}, X_{14}, X_{21}, X_{25}, X_{27}$). Сумарне значення інформативності даної групи факторів $I_j = 12,803$ або 29,37 % від загальної кількості. Аналіз показує, що при плануванні операцій по встановленні мостів найбільшої уваги заслуговують такі фактори, як використання вибієних контролюючих пристроїв ($I_{x_{11}} = 3,035$), роздільних пробок ($I_{x_{14}} = 2,237$), а також типорозмір підвіски труб ($I_{x_{12}} = 3,015$).

Аналіз даних, приведених в табл.1 дозволив виділити три основні групи факторів, які мають визначальний вплив на кінцевий результат операцій по встановленню мостів на родовищах ДДЗ.

Другою, найбільш чисельною, є група факторів, які визначають якісне заповнення тампонажним розчином заданого інтервалу стовбура свердловини. До них входять ($X_1, X_5, X_8, X_9, X_{16}, X_{19}, X_{20}, X_{23}, X_{24}, X_{26}, X_{28}, X_{29}, X_{31}$). Сумарне значення інформативності цієї групи факторів $I_j = 14,624$ або 33,55 % від загального значення. Для цієї групи характерною є досить рівномірна інформативність, серед яких можна відмітити: кількість буферної рідини ($I_{x_6} = 1,040$), яку закачують перед тампонажним розчином, коефіцієнт

кавернозності ($I_{x_1} = 1,66$) а також величина граничного статичного напруження зсуву промивальної рідини ($I_{x_9} = 1,52$).

Найбільш вагомим виявилась третя група факторів, що характеризують геолого-технічні умови формування ізоляційного екрана ($X_3, X_4, X_7, X_{10}, X_{13}, X_{15}, X_{18}, X_{22}, X_{30}$).

Сумарне значення інформативності даної групи факторів ($I_{III} = 16,163$) або 37,08 % від загальної кількості. З них визначальними є: механічний дія на міст в процесі його формування ($I_{x_{10}} = 3,055$), наявність проміжної опори та утримуюча здатність промивальної рідини ($I_{x_{15}} = 2,038$, $I_{x_{13}} = 2,69$), а також стан контактної поверхні стінок свердловини ($I_{x_{17}} = 1,79$).

Несподівано низькою виявилась інформативність фактора X_{30} , що свідчить про невідповідність властивостей серійних тампонажних матеріалів умовам формування та роботи обмежених за висотою екраїв.

Проведений аналіз даних по родовищах ДДЗ в основному підтвердив результати відомих досліджень, виконаних по регіону Північного Кавказу [3].

Виконане ранжування факторів дозволяє окреслити перспективні напрямки подальших досліджень, а також, стосовно до конкретної ситуації в свердловині, вибрати оптимальний варіант проведення операції. Відповідно, є можливість, використовуючи рекомендації [6], спрогнозувати очікуваний результат і, при потребі, спланувати необхідні значення керованих факторів для досягнення позитивного результату.

Для цього, маючи інформацію про геолого-технічні фактори, визначають значення їх діагностичних коефіцієнтів і, в подальшому, сумують до тих пір, поки не порушується одна з частин нерівності.

$$A < \sum_{i=1}^{30} ДК(X_i) < B, \quad (5)$$

де $A = 10 \lg \frac{1-\alpha}{\beta}$, $B = 10 \lg \frac{\alpha}{1-\beta}$ - пороги областей, що відповідають успішному та неуспішному результатам робіт; α і β - похибки першого і другого роду.

В цьому випадку $\alpha = 0,05$; $\beta = 0,2$, при яких $A = 6,8$; $B = -12$. Спочатку в нерівність (5) підставляють значення некерованих факторів. Якщо порушується права частина нерівності (5), то операція прогнозується як неуспішна, а якщо ліва - то як успішна.

Результати діагностування розглядуваних ($K_k = 1,41 - 1,60$) стовбура, у свердловині глибиною операцій подані в табл.2.

Таким чином встановлено, що найменш сприятливі умови виникають у випадку проведення операції при підвищеній кавернозності тиску ($K_k < 0,8$) та тиску гідророзриву ($K_n < 1,7$).

Таблиця 1 – Вагомість впливу геолого-технічних факторів на якість встановлення мостів у свердловинах нафтогазових родовищ ДДз ВАТ «Укрнафта»

Фактори	Інформативність, I_x	Умови установки мостів			
		Значення факторів	Діагностичний коефіцієнт (ДК)	Значення факторів	Діагностичний коефіцієнт (ДК)
1	2	3	4	5	6
НЕКЕРОВАНІ ФАКТОРИ					
X_1 – коефіцієнт кавернозності, K_k	1,66	1,0	-2,372	1,41-1,6	9,098
X_2 – глибина нижньої межі моста, H_M , м	1,57	<1500	-6,324	>5000	6,507
X_3 – коефіцієнт аномальності, K_a	1,32	1,1	-4,927	<0,8	4,835
X_4 – індекс тиску поглинання, K_n	1,28	>2,0	-4,549	<1,7	7,340
X_5 – характеристика стовбура свердловини	0,75	обсаджений	-2,478	відкритий	2,275
X_6 – номінальний діаметр стовбура свердловини, D_n , мм	0,73	126-150	-3,096	215,9	7,553
X_7 – відношення глибини свердловини до глибини установки моста, $H_{св}/H_M$	0,70	1,0	-4,538	2,5	7,255
X_8 – зенітний кут стовбура свердловини	0,65	<3,0	-2,140	>10	10,511
X_9 – густина промивальної рідини, $\rho_{пр}$, кг/м ³	0,52	1,28	-6,248	1,0	2,803
ВСЬОГО:	9,18		-56,672		58,177
КЕРОВАНІ ФАКТОРИ					
X_{10} – механічний дія на міст під час формування	3,055	0	-2,734	1,0	12,672
X_{11} – використання вибійних контролюючих пристроїв	3,035	1,0	-8,874	0	3,342
X_{12} – типорозмір підвіски труб	3,015	ТБПВ-114	-5,872	ТБВ-73	14,542
X_{13} – СНЗ промивальної рідини за 10 хв., θ_{10} , дПа	2,69	>90	-8,457	31-45	7,175
X_{14} – використання роздільних пробок, шт.	2,237	2	-4,559	0	5,220
X_{15} – наявність опори під мостом	2,038	1	-8,245	0	11,552
X_{16} – висота стовпа буферної рідини до тампонажного розчину, $H_{бр}$, м	1,963	>200	-3,238	<50	15,610
X_{17} – початкова товщина фільтраційної кірки, K , мм	1,79	<2,0	-4,191	10	19,184
X_{18} – тривалість періоду ОЗЦ, $T_{ОЗЦ}$, год.	1,57	72	-4,191	24	1,455
X_{19} – СНЗ промивальної рідини за 1 хв., θ_1 , дПа	1,52	15	-6,919	25-30	8,523
X_{20} – відношення тривалості операції до часу початку тужавіння тампонажного розчину, $T_{опер.}/T_{п.туж.}$	1,50	0,45	-8,010	0,75	9,313

Продовження табл.1

1	2	3	4	5	6
X ₂₁ – відношення об'єму використаного тампонажного розчину до теоретично необхідного, $V_{ц.ф.}/V_{ц.р.}$	1,29	1,25-1,50	-6,307	1,0	2,882
X ₂₂ – висота цементного моста, Нм, м	1,225	95-115	-6,919	15-30	5,334
X ₂₃ – різниця густин тампонажного та бурового розчинів, $\times 10^{-3}$, кг/м ³	1,23	0,50-0,55	-6,00	0,65-0,7	3,089
X ₂₄ – тип буферної рідини до тампонажного розчину	1,040	Вода	-1,130	дизельне пальне	9,313
X ₂₅ – відношення об'єму тампонажного розчину до об'єму протискувальної рідини, $V_{ц.ф.}/V_{пр.}$	0,873	0,45-0,5	-5,458	<0,2	4,542
X ₂₆ – відношення внутрішнього діаметра свердловини до діаметра підвіски труб, $D_{сд}/D_{мп}$	0,846	2,0-2,1	-4,489	1,5	9,313
X ₂₇ – відносна похибка визначення об'єму протискувальної рідини, $V_{пр.}, \%$	0,783	-1,0-0,5	-3,908	-9,5-7,0	4,524
X ₂₈ – швидкість висхідного потоку тампонажного розчину в затрубному проторі, $V_{висх.}, м/с$	0,675	1,50-1,75	-2,727	0,75-1,0	7,553
X ₂₉ – умовна в'язкість промивальної рідини, Т, сек	0,621	<30	-1,990	>60	7,553
X ₃₀ – тип тампонажного цементу	0,495	розширююча суміш	-3,908	ШПЦС-120	4,542
X ₃₁ – висота стовпа буферної рідини після тампонажного розчину, $H_{бр.}, м$	0,424	0,45-0,90	-2,141	>180	4,542
ВСЬОГО:	33,915		-110,267		171,775

Таблиця 2 - Результати діагностування операцій

Результат операцій	Кількість операцій	Розрахунок					
		Неправильний		Невизначений		Правильний	
		кількість операцій	доля від заг. кількості, %	кількість операцій	доля від заг. кількості, %	кількість операцій	доля від заг. кількості, %
Успішний	117	7	6	13	11,1	97	82,9
Неуспішний	61	6	9,8	13	21,3	42	68,9
ВСЬОГО:	178	13	7,3	26	14,7	139	78

Вказану обставину необхідно враховувати під час проектування та проведення робіт по встановленню мостів при бурінні та капітальному ремонті свердловин.

1. Коцкулич Я.С., Тищенко О.В. Закінчування свердловин. – К.: Інтерпрес, 2004. – 365с. 2. Ашрафьян М.О. Технология разобщения пластов в

осложненных условиях. – М.: Недра, 1989. – 227 с.3. Рябконов С.А. Современные технологии и технические средства для крепления нефтяных и газовых скважин. – Краснодар, 2003. – 183 с. 4. Тершак Б.А. Методика расчета конструкции изоляционных мостов. //Тези доповідей Всесоюзної науково-практичної конференції «Науково-технічний прогрес в галузі кріплення свердловин». – Долина,

1989. - С. 12-13. 5. Мирзаджанзаде А.Х., Лветисов А.Г., Булатов А.И. Методические указания по применению статистических методов в бурении нефтяных и газовых скважин –

Краснодар: ВНИИКРнефть, 1983. – 316 с.б. Мислюк М.А., Зарубін Ю.О. Моделювання явищ і процесів у нафтопромисловій справі: Навчальний посібник. – Івано-Франківськ: Екор, 1999. – 496 с.

УДК 681.515

РОБАСТНИЙ МЕТОД АНАЛІЗУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ПОРОДОРУЙНІВНОГО ІНСТРУМЕНТУ

©Семенцов Г.Н., Чигур І.І., 2006

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

На основі математичного та лінгвістичного опису процесу контролю породоруйнівого інструменту, запропоновано робастний метод аналізу технічного стану, що базується на детермінованій інформаційній моделі та нечіткій моделі. Метод дозволяє контролювати технічний стан опор і озброєння шарошкових доліт у реальному масштабі часу, в умовах інформаційної невизначеності процесу буріння свердловини

Впровадження сучасних методів контролю за технічним станом породоруйнівого інструменту в процесі буріння свердловини веде, без сумніву, до таких результатів: покращення продуктивності буріння і створення можливості керувати процесом буріння на основі повної і вірогідної інформації про нього.

В даній статті автори пропонують новий підхід щодо створення ефективного методу контролю за технічним станом породоруйнівого інструменту на вибої свердловини, який базується на аналізі інформації, джерелом якої є давачі системи СКУБ. Створення такого методу базується на повній математичній моделі породоруйнівого інструменту, як багатовимірного об'єкту контролю і на його фаззі моделі. Повну математичну модель породоруйнівого інструменту, як багатовимірного об'єкту контролю, можна представити у вигляді двох рівнянь – рівняння стану і рівняння спостереження, які записуються у вигляді векторних диференціальних рівнянь у формі Коші.

Рівняння стану, яке відображає динамічні властивості об'єкту (породоруйнівого інструмента), в загальному можна записати так:

$$\dot{y}(t) = Ay(t) + Bx(t) + \alpha(t), \quad (1)$$

де $y(t)$ – вектор стану з компонентами $\mu(t)$ – зношенням озброєння долота і $g(t)$ – його опор, які будемо називати змінними стану об'єкту; $x(t)$ –

вектор керування з компонентами $P(t)$, $n(t)$, $Q(t)$; $\alpha(t)$ – вектор збурень d_p , $d_{оп}$, n_p , $n_{оп}$, f , що діють на вході об'єкту; $A=[a_{ij}]_{n \times n}$; $B=[b_{ij}]_{n \times m}$ – матриці постійних коефіцієнтів, що залежать від параметрів об'єкту.

Векторне рівняння (1) еквівалентне системі n скалярних диференціальних рівнянь першого порядку

$$\dot{y}_i(t) = \sum_{j=1}^n a_{ij} y_j(t) + \sum_{j=1}^m b_{ij} x_j(t) + \alpha_i(t), \quad (2)$$

$i=1, 2, \dots, n.$

Але змінні стану $\mu(t)$ і $g(t)$ є неконтрольованими, тому скористаємося побічними показниками технічного стану породоруйнівого інструменту: механічною швидкістю проходки $v(t)$ і проходкою $h(t)$. Вони разом з інформацією про швидкість обертання долота $n(t)$ і осьове навантаження $P(t)$, є вихідними змінними $Y(t)$, що характеризують технічний стан породоруйнівого інструменту [1].

Всі змінні стану такої моделі контролювані і мають певний фізичний зміст.

Для такого вигляду функціональної структури контролюваного об'єкту повна математична модель містить ще рівняння спостережень, яке зв'язує змінні стану і керуючі впливи з вихідними змінними, що спостерігаються Y_c :

$$Y_c(t) = CY(t) + DX(t) + q(t), \quad (3)$$