

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ  
Івано-Франківський державний технічний університет  
нафти і газу

На правах рукопису

СТАСЕНКО ВОЛОДИМИР МИКОЛАЙОВИЧ

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНІКИ І ТЕХНОЛОГІЇ УСТАНОВКИ ЦЕМЕНТНИХ  
МОСТІВ В ГЛИБОКИХ СВЕРДЛОВИНАХ (НА ПРИКЛАДІ ДДЗ)

Спеціальність 05.15.10 - Буріння свердловин

АВТОРЕФЕРАТ  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Івано-Франківськ-1995



00778319 (Z)

Дисертація є рукописом.

Робота виконана в Івано-Франківському державному  
технічному університеті нафти і газуНАУКОВИЙ КЕРІВНИК: доктор технічних наук, професор,  
академік УНГА

КОЦКУЛИЧ Ярослав Степанович

ОФІЦІЙНІ ОПОНЕНТИ: доктор технічних наук, професор,  
ВОЙТЕНКО Володимир Сергійович;

кандидат технічних наук,

БОДНАРУК Тадей Михайлович

ПРОВІДНА ОРГАНІЗАЦІЯ: державне геологічне підприємство  
"ПОЛТАВНАФТОГАЗГЕОЛОГІЯ"

м. Полтава

Захист відбудеться "21" березня 1995 р. о 14<sup>30</sup>  
на засіданні спеціалізованої вченої ради Д.09.02.05  
Івано-Франківського державного технічного університету  
нафти і газу за адресою: 284018, Україна,  
м.Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15.  
З дисертацією можна ознайомитись в науково-технічній  
бібліотеці університету.

Автореферат розісланий "18" серпня 1995 р.

Вчений секретар

спеціалізованої вченої ради ВСУ ЛЕКЕРИК В.І.ДНБ ім. В. Стефаніка  
АН України

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОБЛЕМИ.** У відповідності з комплексною національною програмою "Нафта і газ України до 2010 року" в найближчі 3-4 роки передбачається досягти стабілізації нафтогазовидобутку з наступним зростанням видобування газу в 1,5-2,0 рази, щоб до 2005 року перейти на самозабезпечення потреб України. Успішне виконання народногосподарських планів видобутку вуглеводневої сировини в значній степені залежить від якості спорудження та ремонту глибоких свердловин. Ця проблема стає все більш актуальною, враховуючи збільшення діючого фонду свердловин, а також їх постійне старіння.

В нашій країні і за рубежом все ширше ставляться питання забезпечення тривалої безаварійної роботи свердловин. Визначаються вимоги до довговічності елементів кріплення, розробляються заходи, направлені на стадійність проведення робіт по забезпеченню експлуатаційної надійності свердловин, в тому числі установку ізоляційних екранів.

Розробці цих питань присвячені дослідження Білика С.Ф., Боднарука Т.М., Коцкулича Я.С., Круглицького М.М., Мислюка М.А., Мочецька Д.Ю., Навроцького Б.І., Терлака Б.А., Яремійчука Р.С., Ясова В.Г., а також Ашрафьяна М.О., Бакшутова В.С., Булатова А.І., Войтенко В.С., Гайворонського А.А., Дачишевського В.С., Ісамйлова Л.Б., Карімова Н.Х., Кузнецова Ю.С., Крилова Д.А., Мавлютова М.Р., Мар'ямпольського Н.А., Мірзаджанзаде А.Х., Новохатського Д.Ф., Овчинникова В.П., Песляка Ю.А., Прасолова В.А., Просьолкова Ю.М., Рахімбаєва А.М., Руцького А.М., Саркісова Г.М., Титкова Н.І., Хангильдіна Г.Н., Шибіне А.А. та інших.

Виникнення ускладнень, як показав аналіз, є наслідком

недостатнього вивчення ряду факторів, що визначають умови створення, формування та роботи ізоляційних екранів, а також ігнорування відомих рекомендацій.

Останнім часом спостерігається деяка тенденція підвищення успішності операцій по установці мостів. Однак, в зв'язку з ростом фонду діючих свердловин, їх глибин, абсолютна кількість цих ускладнень, а також втрати часу та засобів на їх ліквідацію постійно зростають.

Тому розробка методів і засобів підвищення ефективності операцій по установці мостів в глибоких свердловинах є актуальною.

**МЕТА РОБОТИ.** Розробка методів і засобів підвищення ефективності операцій по установці цементних мостів в глибоких свердловинах.

**ОСНОВНІ ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ.** I. Оцінка впливу основних геолого-технічних факторів на успішність установки цементних мостів в глибоких свердловинах Дніпровсько-Донецької западини.

2. Уточнення методики розрахунку конструкції мостів з врахуванням особливостей їх формування та умов роботи, типу тампонажних матеріалів, стану стінок свердловини.

3. Розробка метода активації тампонажних розчинів стосовно особливостей установки цементних мостів в глибоких свердловинах.

4. Розробка технічних засобів для надійної доставки тампонажних розчинів в заданий інтервал свердловини.

5. Вдосконалення методів установки цементних мостів в аномальних умовах.

6. Промислова перевірка результатів досліджень.

**НАУКОВА НОВИЗНА.** I. Встановлено ступінь впливу основних

геолого-технічних факторів на успішність установки цементних мостів в глибоких свердловинах.

2. Аналітичними і експериментальними дослідженнями визначені умови, що забезпечують надійну роботу мостів. Уточнено критерії міцності цементних мостів з врахуванням умов їх формування і навантаження, типів тампонажних матеріалів, стану стінки свердловини.

3. Комплексними фізико-хімічними дослідженнями уточнено механізм впливу режиму активації на процеси структуроутворення тампонажних матеріалів та їх технологічні властивості.

1. Експериментальними дослідженнями розкрито механізм впливу динамічних навантажень в заключній стадії формування мостів на їх міцність та герметичність.

ПРАКТИЧНА ЦІННІСТЬ. 1. Уточнено методику розрахунку конструкції цементних мостів.

2. Розроблено технологію форсованого режиму формування ізоляційних екранів при їх установці в глибоких свердловинах.

3. Розроблено комплект технічних засобів для надійної доставки тампонажного розчину в заданий інтервал свердловини.

4. Розроблено методику установки цементних мостів в аномальних умовах.

РЕАЛІЗАЦІЯ РОБОТИ В ПРОМИСЛОВОСТІ. Результати досліджень реалізовані на родовищах Дніпровсько-Донецької западини при проведенні операцій по установці цементних мостів при бурінні та капітальному ремонті глибоких свердловин в АТ "Укргазпром", АТ "Укрнафта".

Промислові випробування пройшли:

- методику розрахунку конструкції мостів;

- форсований режим формування ізоляційних екранів;
- технічні засоби для контрольованої установки мостів;
- технологія установки опорних мостів.

**АПРОБАЦІЯ РОБОТИ.** Основні результати дисертаційної роботи доповідались і обговорювались на: міжнародній науково-практичній конференції "Проблеми і шляхи енергозабезпечення України (м. Івано-Франківськ, 1993 р.); науково-технічній конференції професорсько-викладацького складу державного технічного університету нафти і газу (м. Івано-Франківськ, 1994 р.); науково-практичній конференції "Стан, проблеми і перспективи розвитку нафтогазового комплексу Західного регіону України (м. Львів, 1995 р.); науково-технічних нарадах ДП "Укрбургаз" (м. Красноград, 1993-1995 р.р.).

В повному обсязі дисертаційна робота доповідалась на розширеному науковому семінарі кафедри буріння нафтових і газових свердловин Івано-Франківського державного технічного університету нафти і газу (квітень, 1995 р.).

**ПУБЛІКАЦІЇ.** Основні положення дисертації викладені в опублікованих працях, з них 3 статті, 4 тези конференцій.

**СТРУКТУРА І ОБ'ЄМ РОБОТИ.** Дисертаційна робота складається із вступу, п'яти розділів, основних висновків і додатків. Загальний об'єм роботи 126 сторінок і включає 24 рисунки, 11 таблиць, список літератури із 87 найменувань та 4 додатки на 11 сторінках.

#### ЗМІСТ РОБОТИ

У ВСТУПІ обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету і задачі дослідження, дано загальну характеристику роботи.

ПЕРШИЙ РОЗДІЛ присвячено аналізу сучасного стану техніки і технології установки цементних мостів в глибоких свердловинах. Приводиться аналіз найбільш характерних ускладнень при установці цементних мостів в глибоких свердловинах родовищ України та інших регіонів, а також затрат на їх усунення.

З метов оцінки впливу геолого-технічних, технологічних та організаційних факторів на кінцевий результат операцій та їх взаємозв'язок між собою, нами були проаналізовані результати робіт по установці 178 цементних мостів в глибоких свердловинах Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ). На основі аналізу літературних та промислових даних, а також виходячи з можливості одержання достовірної інформації, було виділено 31 фактор, характеризуючий геологічні, технічні та технологічні умови проведення робіт. Діагностування кінцевого результату операцій проводилось згідно галузевого РД 39-047003-542-87.

В результаті обробки та опрацювання даних методом послідовно діагностичної процедури вдалося виділити три основні групи факторів, які мають визначальний вплив на кінцевий результат операцій по установці цементних мостів. Найбільш вагомим виявилась група факторів, які характеризують геолого-технічні умови формування ізоляційного екрана. Сумарне значення їх інформативності складає 37,08 % від загальної.

Другою, найбільш чисельною за кількістю, є група факторів, які визначають якісне заповнення тампонажним розчином заданого інтервала ствола свердловини. Сумарне значення інформативності цієї групи складає 33,55 % від загальної.

До третьої групи відносяться фактори, які визначають надійну доставку тампонажного розчину в заданий інтервал свердловини. Їх сумарна інформативність складає 29,37 %.

Проведений нами аналіз по родовищах ДДз в основному підтвердив результати відомих досліджень ВНДІКрнфта по регіону Північного Кавказу. Ранжування факторів дозволило визначити перспективні напрямки подальшої роботи та сформулювати основні задачі досліджень.

В розділі проаналізована також діюча методика розрахунку конструкції мостів, дано критичний аналіз вибору тампо-нажних матеріалів і технологічних рідин для проведення ієрархічних робіт, існуючої техніки і технології установки мостів в глибоких свердловинах.

ДРУГИЙ РОЗДІЛ присвячений аналітичним та експериментальним дослідженням умов роботи мостів в глибоких свердловинах. Аналітичними дослідженнями уточнено критерії міцності мостів, на основі яких одержано вирази для визначення гранично необхідної висоти цементного стакана. Показано, що при розрахунку міцності мостів необхідно враховувати характер їх навантаження.

Зокрема, висоту моста, навантаженого надлишковим тиском  $P_M$ , рекомендується розраховувати з умови

$$H_{M_1} = \frac{2\pi\gamma_c H_k \left[ \left( (1 + \frac{\Delta\gamma}{\gamma_c} E_n f_T) - \sigma_n \right) + \pi\gamma_c^2 P_M \right]}{2\pi\gamma_c \left( (1 + \frac{\Delta\gamma}{\gamma_c} E_n f_T) \right)} ; \quad (I)$$

При розрахунку висоти моста, навантаженого масою інструмента  $Q_T$ , необхідно враховувати тиск поглинання пластів, що ізолюються.

Таким чином, при умові, що:

a)  $P_M < P_{пл}$

$$H_{н_к} = \frac{\frac{2}{r_c} \left[ (1\tau) + \frac{\Delta r}{r_c} E_n f_T \right] + \sigma_n \} H_k - \frac{Q_k}{\pi r_c^2} - \rho_{пр} g H_{св}}{\frac{2}{r_c} \left[ (1\tau) + \frac{\Delta r}{r_c} E_n f_T \right] - |P_0| \frac{\eta_{в}}{\eta_0} e^{-\lambda \Delta t}} ; \quad (2)$$

б)  $P_M > P_{пл}$

$$H_{н_к} = \frac{Q_k + 2\pi r_c H_k \left[ (1\tau) + \frac{\Delta r}{r_c} E_n f_T \right] - \sigma_n \} + \pi r_c^2 (\rho_{пр} g H_{св} - P_{пл})}{2\pi r_c \left[ (1\tau) + \frac{\Delta r}{r_c} E_n f_T \right]} ; \quad (3)$$

де  $1\tau$  - напруження зсуву цементного каменя, визначеного за методом проф. М.О.Ашрафьяна,  $H/M^2$ ;

$\Delta r$  - фактична радіальна деформація цементного каменя, м;

$r_c$  - радіус ствола свердловини, м;

$E_n$  - модуль пружності цементного каменя, Па;

$f_T$  - коефіцієнт тертя по контактній поверхні;

$\sigma_n$  - міцність цементного каменя,  $H/M^2$ ;

$H_k$  - висота каверни, м;

$\rho_{пр}$  - середньозважена густина рідини в свердловині,  $кг/м^3$ ;

$H_{св}$  - висота стовпа рідини над мостом, м;

$|P_0|$  - градієнт тиску гідропрориву моста при нормальних ( $t_0 = 20^\circ C$ ,  $P_0 = 0.1$  МПа) умовах, Па/м;

$\eta_{в}$  - в'язкість опресовочного флюїда при нормальних умовах, Па·с;

$\eta_0$  - в'язкість прісної води при нормальних умовах, Па·с;

$\lambda$  - емпіричний коефіцієнт,  $1/град.С$  ( $\lambda = 0.02-0.03$ );

$\Delta t$  - різниця між температурою в інтервалі установки моста та нормальною, град.С.

Радіальна деформація може бути визначена з виразу

$$\Delta r = \Delta r_{\text{ц}} - \Delta r_{\text{к}} > 0, \quad (4)$$

де  $\Delta r_{\text{ц}}$  - сумарна радіальна деформація цементного каменя, м ;

$\Delta r_{\text{к}}$  - радіальне ущільнення глинистої кірки, м.

Аналіз виразів (1)+(3) дозволяє зробити висновок, що підвищення міцності мостів може бути досягнуто за рахунок:

- використання тампонажних матеріалів, що розширюються в процесі твердіння і володіють прискореним набором структури та підвищеною міцністю каменя ;

- використання в конструкції моста високов'язких герметизуючих тампонів ;

- підвищення шорсткості контактної поверхні стінок свердловини.

Одержані вирази, і результати багатofакторного аналізу покладені в основу методики планування операцій по установці цементних мостів в глибоких свердловинах на площах ДДз.

Відомо, що на цементні мости, крім статичних, діють також і динамічні навантаження. Аналіз показує, що визначальними є навантаження, обумовлені роботом бурильного інструмента. Особлива їх значимість полягає в тому, що вони, як правило, проявляються при завершенні формування ізоляційного екрана, на що вказується в роботах проф. А.І.Булатова та його школи.

З метою оцінки реальних значень динамічних навантажень, що діють на цементний міст при роботі в свердловині бурильного інструмента, нами, з участю співробітників кафедри "Теоретичних основ механіки" та АТ "УкрНГІ" на експериментальній свердловині були проведені дослідження по реєстрації параметрів коливань 163- мм обсадної колони при:

1. проведенні спуско-підіймальних операцій;

2. розбурюванні цементного стакану з каменя різної міцності роторним способом при наступному режимі:

- навантаження на долото,  $G_g = 15 \text{ кН}$  ;
- кутова швидкість обертання,  $\omega = 6,56 \text{ с}^{-1}$  ;
- миттєва витрата промивальної рідини,  $q = 1,4 \times 10^{-2} \text{ м}^3/\text{с}$  ;
- тиск на маніфольді,  $P = 5,0 \text{ МПа}$  ;

3. розбурюванні елементів технологічної оснастки обсадної колони при тому ж режимі;

4. холостому обертанні інструмента з кутовою швидкістю  $\omega = 6,56 \text{ с}^{-1}$ .

Таким чином, моделювались найбільш жорсткі умови роботи експлуатаційної колони, тобто, коли цементний камінь за нею відсутній, а обертання інструмента проводиться з допомогою ротора. Компонівка бурильного інструмента відповідала тій, що використовується в промисловій практиці.

Ре трація коливань як на усті, так і на вибої свердловини, здійснювалась з допомогою сейсмодатчиків СВ 20 і фіксувалась швидкісним самописцем Н 338-6П.

Дослідженнями встановлено, що обсадна колона служить каналом передачі коливань. Передача по експлуатаційній колоні динамічних навантажень, що реєструвались датчиком, встановленим на колонній головці кондуктора, дає можливість констатувати про відсутність жорсткого зчеплення між обсадними трубами, цементним каменем та гірськими породами.

Відмічено відповідність частот коливань при холостому обертанні інструмента, розбурюванні цементного каменя та елементів низу обсадної колони. Відрізняються вони тільки амплітудами, досягаючи максимуму в останньому випадку. Встановлена пряма залежність між амплітудами коливань, міцніс-

тв розбурюваних матеріалів та силою контакту зубків долота з вибоєм. Результати досліджень приведені в табл.І.

ТРЕТІЙ РОЗДІЛ присвячений експериментальним дослідженням умов формування та роботи ізоляційних екранів в глибоких свердловинах. З метою перевірки залежностей, проведено експериментальні дослідження на моделях мостів. При розробці методики досліджень використано методики моделювання, запропоновані проф. М.О.Ашрафьяном. Для приготування тампонажних розчинів використовувались серійні тампонажні цементи ПЦТ-ДО-50, ПЦТ-ДО-100 Здолбунівського заводу, а також розширююча суміш (РС) на основі ПЦТ-ДО-100 та золи естонських сланців, розроблена в АТ "УкрНГІ".

Дослідження підтвердили результати аналітичних досліджень, що підтверджує їх вірогідність.

Порівняння виразів (1)+(3) з розрахунковими формулами інших авторів показує, що вони дають більш точні результати (на 25-30%), оскільки вони враховують характер навантаження, тип і властивості тампонажних матеріалів та опресовочного флюїда, а також конфігурацію стінок свердловини.

Встановлено, що несуча здатність моста зростає при наявності під ним рідини з підвищеними реологічними параметрами.

На основі результатів досліджень, проведених на моделях мостів, встановлені залежності впливу кількості циклів навантаження на величину відносного градієнта гідропрориву, що обумовлено інтенсивним руйнуванням контактної поверхні. В той же час, використання в моделі високов'язкого герметизуючого екрана дозволяє підтримувати герметичність системи на заданому рівні практично незалежно від кількості циклів навантаження.

Таблиця 1

Частотно-амплітудна характеристика експлуатаційної колони при проведенні технологічних операцій

NN	Вид технологічної операції	Поперечні коливання на вибої		Поздовжні коливання на вибої		Поздовжні коливання на усті	
		Частота, Гц	Амплітуда, м	Частота, Гц	Амплітуда, м	Частота, Гц	Амплітуда, м
1.	Спуск-підйом інструмента	-	до $2,5 \cdot 10^{-7}$	-	до $3 \cdot 10^{-4}$	-	до $1 \cdot 10^{-4}$
2.	Холосте обертання інструмента	30	$1,5 \cdot 10^{-9}$	50	$8,5 \cdot 10^{-10}$	50	$1,8 \cdot 10^{-10}$
3.	Розбурювання цементного каменя міцністю:						
	$b_{зг} = 6,12 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$ ;	33	$5,3 \cdot 10^{-8}$	37	$1,8 \cdot 10^{-8}$	37	$1,5 \cdot 10^{-8}$
	$b_{зг} = 11,2 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$ ;	33	$1,65 \cdot 10^{-7}$	37	$2,8 \cdot 10^{-8}$	37	$2,1 \cdot 10^{-8}$
4.	Розбурювання елементів технологічної оснастки	30	до $1 \cdot 10^{-4}$	50	$2,8 \cdot 10^{-5}$	50	$7,7 \cdot 10^{-6}$

Для перевірки висновку, що динамічні навантаження на завершальній стадії формування ізоляційних екранів можуть суттєво впливати на надійність останніх, було проведено комплекс експериментальних досліджень по вивченню механізму його впливу. Динамічні навантаження на моделі мостів створювались з допомогою пневмовібратора і відповідали значенням, приведеним в табл.І. При виборі часу віброобробки виходили із нормативного часу розбуривання цементних стаканів (10 м за 30 хвилини). Активація тампонажного розчину проводилась за розробленим нами форсованим режимом формування ізоляційних екранів.

Результати досліджень дозволили встановити наступні закономірності:

1. Негативний вплив віброобробки на величину  $\tau$  в найбільшій мірі (зниження на 60%) спостерігається при низькій міцності цементного каменя (ОСЦ до 24 годин) та наявності на стінках моделі глинистої кірки. У випадку використання активованих за напружено-ущільнюючих сумішей зниження міцності не перевищувало відповідно 42 і 27 %.

2. Віброобробка аналогічно впливає і на величину відносного тиску гідропрориву ( $P_n/P_o$ ). Так, для моделі з ПЩТ-ДО-100 після 16 годин формування та 15 хвилин віброобробки відзначається різке падіння величини  $P_n/P_o$ , значення якого в даному випадку складає 80% від початкового. Із збільшенням тривалості формування моста, а відповідно і міцності контактної зони, спостерігається тенденція послаблення впливу віброобробки. Так, при відсутності на стінках свердловини глинистої кірки після 48 год. ОСЦ та 30 хвилин віброобробки зниження початкової герметичності не перевищує не більше 5%.

3. Віброобробка приводить до інтенсивного руйнування контактної поверхні глинистої кірки, розкриття в ній дрібних тріщин та шарування глинистих частинок.

4. Механізм впливу динамічних навантажень, на наш погляд, полягає в осциляції напружень на контактних поверхнях цементного каменя в результаті інтерференції хвиль з різними характеристиками.

Дослідження показали, що при плануванні операцій по установці мостів особливу увагу слід звертати а:

- максимальне видалення глинистої кірки із стінок свердловини в інтервалі установки моста;

- вимивання залишків цементного розчину з покрівлі моста;

- запобігання проведенню в свердловині технологічних операцій, які можуть привести до виникнення динамічних навантажень при ОЗЦ до 48 год.;

- при необхідності проведення робіт по розбуржуванню цементного стакана перевагу слід віддавати ерозійному бурінню.

На основі результатів досліджень рекомендуються оптимальні трюки ОЗЦ для різних умов формування мостів та типів тампонажних матеріалів.

При установці в глибоких свердловинах ізоляційних екранів, обмежених за висотою, особливі вимоги ставляться до якості тампонажних сумішей. Відомо, що важливою умовою одержання тампонажних матеріалів із заданими структурно-механічними властивостями є управління процесом структуроутворення в'язучого в коагуляційній стадії. Стосовно до процесів кріплення глибоких свердловин основними завданнями при виборі способу управління властивостями сумішей слід вважати: найбільш повну реалізацію потенційних можливостей в'язу-

чого; створення гранично зруйнованої структури в момент доставки розчину в заданий інтервал свердловини; прискорене структуроутворення після завершення технологічної операції.

З досліджень проф. Круглицького М.М. та його школи відомо, що активацію в'язучого найбільш доцільно проводити в кінці першої стадії структуроутворення, коли починають проявлятися деструктивні явища, викликані переходом частинок етtringіту в моносульфатну форму.

В розвиток цього положення нами розроблено форсований режим формування ізоляційних екранів, який базується на циклічній обробці в'язучого надлишковим тиском в режимі "репресія-депресія". Суть активації полягає в тому, що циклічне навантаження приводить до руйнування блокуючих плівок гідратних новоутворень на зернах цементу. Крім того, пульсація рідини в мікротріщинах зерен викликає в них додаткові напруження, які приводять до розширення наявних тріщин та утворення нових. В результаті відбувається збільшення активної питомої поверхні зерен в'язучого матеріалу і зв'язування надлишкової води в суспензії.

Вивчення впливу запропонованого методу активації на технологічні властивості розчину та каменю проводились у відповідності з ГОСТ 1581-85, ГОСТ 26798,0+26798,2-85. Використовувались тампонажні цементи ПШТ-Д0-100 Здолунівського заводу та ШПС-120 Конс. антинівського заводу "Утяжелитель".

Дослідження показали, що як з точки зору впливу на активовану суміш, так і технологічних особливостей ізоляційних робіт, оптимальна кількість циклів навантаження знаходиться в межах 8+15 при величині репресії 10-15% від величини гідростатичного тиску в свердловині.

При цьому спостерігається інтенсифікація гідратації

в'яжучого і покращення основних технологічних властивостей тампонажної сумішей (табл. 2).

Підвищення міцнісних характеристик зразків насамперед викликане зміною мікроструктури цементного каменю; що підтверджується результатами ртутної порометрії. Так, кількість макропор, розміром понад 0,85 мкм знизилась з 30,3 до 20,2%, при цьому об'єм мікропор, менших від 0,074 мкм, збільшився на 3%. Очевидно, цьому сприяє і більш рівномірний розподіл гідратів у гелевій масі гідросилікатів, краща впорядкованість контактних зон зрощування та підвищення кількості зрощених волокон в блоках гідросилікатів. Це приводить до утворення щільнішої структури каменя, замикання більшого числа активних центрів поверхні гідратів у контактних взаємодіях.

Вказане підтверджується результатами проведених нами дериватографічних досліджень. Для активованого розчину характерна більша інтенсивність низькотемпературного ефекту (50+240°C), зумовленого виділенням зв'язаної води, а також дегідратацією гідроферритів, моно- і гідровалікатів тобто моритованого геля. Аналогічна тенденція характерна і для ендотермічних ефектів в діапазоні температур (460+570°C) та (670+780°C). В результаті спостерігається прискорений перехід до третьої стадії структуроутворення.

Газопроникність цементного каменя з активованого ПЦТ-ДО-100 через 48 годин ОЗЦ практично удвічі нижча, ніж у контрольних зразків. В результаті підвищується його корозійна стійкість  $K_{\text{ср}} = 0,84$  порівняно із  $K_{\text{ср}} = 0,77$  у контрольного зразка.

Характерно, що приріст міцності каменя та зниження його газопроникності особливо інтенсивні на ранній стадії твердіння. Відповідно, появляється можливість підвищення несучої

Таблиця 2

## Технологічні властивості тампонажних розчинів

N п/п	Тип тампонажного розчину	Густина, кг/м <sup>3</sup>	Початок тужавіння, П. т, год-хв	Тзаг. П. т.	Водовідділення, %	Водовіддача по УВД-1, см <sup>3</sup> /30хв	Напруження зсуву, МПа	Газопроникність через 48 год, млд.	Границя міцності, МПа	
									на згин	на стиск
			T = 75 °C			P = 30,0 МПа				
1.	Контрольний з ПЦТ-ДО-100	1810	4-50	0,73	2,1	211	0,70	0,60	6,21	18,7
2.	Активований з ПЦТ-ДО-100	1810	4-10	0,80	1,5	163	1,20	0,34	8,93	23,1
			T = 100 °C			P = 30,0 МПа				
3.	Контрольний з ШПС-120	1760	5-10	0,72	4,2	257	0,38	3,90	1,70	11,3
4.	Активований з ШПС-120	1760	40	0,78	2,7	198	0,47	0,83	1,83	13,2

здатності мостів за рахунок збільшення  $\tau$ , а також скорочення строків ОЗЦ на 6+8 год.

ЧЕТВЕРТИЙ РОЗДІЛ присвячений розробці технічних засобів та вдосконаленню технологічних методів проведення операцій по установці цементних мостів в глибоких свердловинах.

В даний час в найбільш широко використовується "балансовий" метод, коли контроль за технологічним процесом ведуть по об'єму закачаної продавочної рідини із розрахунку співпадіння рівнів тампонажного розчину в трубах і затрубному просторі. З метою оцінки точності продавки тампонажного розчину проаналізовано результати 148 операцій по установці цементних мостів в свердловинах ДДз, проведених з використанням вибієних контролюючих пристроїв. Одержано полігон розподілу кількості операцій в залежності від відносної похибки в продавці. В результаті обробки даних показано, що для підвищення надійності доставки тампонажного розчину з вихідними властивостями в заданий інтервал свердловини і успішності робіт по установці мостів, особливо в складних геолого-технічних умовах, необхідно використовувати вибієні контролюючі пристрої.

Враховуючи складність та багатоплановість проведення операцій в глибоких свердловинах, розроблено комплект технічних засобів для контрольованої установки цементних мостів при різних гірничо-технічних умовах, до складу якого входять: пристрої для контрольованого вибієного цементування УКЗЦ-140, УКЗЦ-140М, УКЗЦ-2Н та комплект пробок-амортизаторів.

Пристрій УКЗЦ-140 призначений для контрольованого цементування відхилювачів ("уіпс оків"), а також проведення ізоляційних робіт через колону труб різного типорозміру.

Пристрій УКЗЦ-І4ОН призначений для проєднання багатократних ізоляційних операцій через комбіновану колоду труб, а також ізоляційних робіт в аварійних свердловинах в незбалансованим розчином без використання зворотного клапана.

Пристрій УКЗЦ-2Н призначений для контрольованої установки ізоляційних екранів на колостатичному рівні.

Комплект пробок-амортизаторів складається з нижньої, верхньої та комбінованої пробки. Їх особливістю є наявність в конструкції амортизаційної камери для зменшення величини гідравлічного удару.

Порівняно з відомими, розроблені технічні засоби мають такі переваги:

- простота виготовлення та експлуатації, надійність в роботі;

- можливість багатократного використання без підйому із свердловини (УКЗЦ-І4ОН, УКЗЦ-2Н), регульована величина імпульса сигналу "стоп".

В результаті виявляється можливість з достатньою технологічною гнучкістю використовувати альтернативні варіанти проведення операцій, досягаючи найкращого результату. Це дозволяє скоротити непродуктивні втрати, а також підвищити надійність установки мостів в глибоких свердловинах.

Для установки мостів в аномальних умовах розроблено ряд технологічних методів. Так, технологія селективної ізоляції кріплення свердловини розрахована на використання як на стадії спорудження, так і при її експлуатації. Принциповою особливістю є те, що перфораційні канали виконуються безпосередньо в тампонажному розчині. Це дозволяє забезпечити надійну доставку розчину в канал перетоку, виключити вплив пластових флюїдів на екран, що формується, скоротити затрати

як на проведення самої операції, так і в період ОЗЦ.

З метою створення умов для успішного проведення робіт при селективній ізоляції кріплення без глушіння нефонтануючих свердловин розроблено конструкцію тампонажного снаряда, яка відрізняється від відомих виконанням корпусу з термоізоляованого матеріалу, наявністю скребків, термоплавкого контейнера під тампонажний розчин, а також вмонтованих перфораторе та армувчого каркаса.

Технологія установки опорних мостів базується на використанні пристроїв УКЗЦ-І40 або УКЗЦ-І40І, ексцентричного перехідника та лопатевого калібратора. В її основу покладено результати досліджень, які підтвердили перспективу збільшення шорсткості стінок свердловини, наприклад, за рахунок утримуючих каверн. При цьому, в залежності від геолого-технічних умов, каверна може створюватись як в зоні розміщення буферної рідини, так і безпосередньо в зоні тампонажного розчину.

Технологія установки ізоляційних мостів на колостатичному рівні базується на застосуванні пристрою УКЗЦ-2Н або пробок-амортизаторів. Головними перевагами даного способу є відсутність впливу рідини глушіння на проникність продуктивних пластів, виключення ефекту гідравлічного удару і, відповідно, додаткових сил розтягу на колону труб.

Технологія ізоляції зон по лінань базується на використанні продавочних пробок-амортизаторів та ексцентрично розміщеного в підвісці труб лопатевого калібратора. При цьому формування швидкоотжужавлючої суміші відбувається за рахунок поступлення шлама із стінок свердловини в вихідний тампонажний розчин.

В П'ЯТОМУ РОЗДІЛІ приведено результати промислової пе-

ревірки результатів досліджень та розроблених рекомендацій.

Перевірка методики розрахунку конструкції цементних мостів проведені в Полтавському УБР АТ "Укргазпром" та Полтавському тампонажному управлінні АТ "Укрнафта".

Промислові випробування пристроїв УКЗЦ-І40 та УКЗЦ-І40Н проведені при установці цементних мостів в АТ "Укргазпром" та АТ "Укрнафта". З їх використанням проведено понад 30 свердловино-операцій по установці мостів в глибоких свердловинах на площах ДДз. Середня успішність операцій становить близько 94%.

Працездатність пробки-амортизатора випробувана при цементуванні І68 мм експлуатаційної колони в свердловині № ІІІ Яблунівського ГКР.

Технологія установки ізоляційних мостів, включаючи і форсований режим формування, успішно використана при проведенні 4 операцій в свердловині № І00 Гадацького ГКР.

Технологія установки опорних мостів пройшла промислові випробування в свердловині № ІІІ Яблунівського ГКР, де в інтервалі 3977+3910 м після двох невдалих спроб установи моста традиційним методом, з першої спроби успішно була проведена установка моста для забуривання нового ствола.

Результати досліджень покладені в основу розробленої з нашою участю технологічної інструкції по установці цементних мостів при бурінні та випробуванні свердловин на родовищах Полтавського УБР.

#### ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

І. На основі результатів статистичної обробки промислових даних встановлено вагомість впливу основних геолого-

технічних факторів на успішність установки цементних мостів в свердловинах Дніпровсько-Донецької за ділини.

2. Теоретичними та експериментальними дослідженнями встановлено, що надійність роботи цементних мостів залежить від умов їх формування та навантаження, типу і технологічних властивостей тампонажних розчинів та опресовочного флюїда, стану поверхні стінки свердловини. Уточнені критерії міцності та методика розрахунку конструкції цементних мостів.

3. Експериментальними дослідженнями розкрито механізм впливу динамічних навантажень при завершенні формування моста на його міцність та герметичність.

4. Комплексними фізико-хімічними дослідженнями уточнено механізм впливу режиму активації на процес структуроутворення тампонажних розчинів і їх технологічні властивості. Розроблена технологія форсованого режиму формування ізоляційних екранів.

5. Розроблені технічні засоби для надійної доставки тампонажного розчину в заданий інтервал свердловини, способи контрольованої установки опорних мостів, ізоляції зон поглинання і ізоляційних мостів при ремонті елементів кріплення свердловин. Вказані розробки пройшли успішні промислові випробування в свердловинах АТ "УкрГазпром", АТ "Укрнафта".

Основні положення дисертації опубліковані в наступних роботах:

1. Стасенко В.М. Оцінка міцності цементного моста, навантаженого бурильним інструментом // Івано-Франківський державний технічний університет нафти і газу. - Івано-Франківськ. - 1995. - 9с. Деп. в ДНТБ України, 13.0.95. № 867-Укр95.

2. Терш Б.А., Стасенко В.М. Вплив способу установки

моста на якість ізоляційного екрана //Івано-Франківський державний технічний університет нафти і газу. - Івано-Франківськ.-1995.-7с. Деп. в ДНТБ України, ІЗ.04.95 № 869-Ук95.

3. Стасенко В.М. До питання оцінки герметичності ізоляційних мостів //Івано-Франківський державний технічний університет нафти і газу. - Івано-Франківськ. - 1995. - 6с. Деп. в ДНТБ України, ІЗ.04.95. № 870-Ук 95.

4. Коцкулич Я.С., Тершак Б.А., Стасенко В.М. Резерви підвищення надійності установки мостів //Матеріали міжнародної науково-практичної конференції "Проблеми і шляхи енергозабезпечення України". Івано-Франківськ, 1993.

5. Коцкулич Я.С., Тершак Б.А., Стасенко В.М. Принципи розрахунку конструкції ізоляційних мостів //Науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу державного технічного університету нафти і газу, Буріння нафтових і газових свердловин: Тези.- Івано-Франківськ.- 1994.- с. 67-68.

6.Стасенко В.М. Стан і проблеми установки мостів в глибоких свердловинах //Там же. - с. 57-58.

7. Тершак Б.А., Стасенко В.М. Методика розрахунку цементних мостів //Матеріали науково-практичної конференції "Стан, проблеми і перспективи розвитку нафтогазового комплексу Західного регіону України", Львів, 1995. - С. 154.

Stasenko V.N. The Improvement of Techniques and Technology of Installation of Cement Bridges in Deep Wells (on the example of DDR).

The dissertation for a Master's Degree in engineering in the field of of welis drilling (05.15.10). States Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, 1995.

The thesis presents 7 scientific papers containing

theoretical and experimental grounds for technological decisions aimed at the increase of effectiveness of installation of bridges in deep wells.

The methods of calculation of construction of bridges, forced rate of forming of screens, technical means and technological methods of carrying out operations in anomalous conditions have been elaborated.

Стасенко В.Н. Совершенствование техники и технологии установки цементных мостов в глубоких скважинах (на примере ДДв).

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.15.10 - бурение скважин. Ивано-Франковский государственный технический университет нефти и газа, 1995.

Защищается 7 научных работ, которые содержат теоретическое и экспериментальное обоснование технических решений, направленных на повышение эффективности установки мостов в глубоких скважинах. Разработаны методики расчета конструкции мостов, форсированный режим формирования экранов, технические средства и технологические методы проведения операций в осложненных (аномальных) условиях.

Ключові слова: тампонажний розчин, режим формування, цементний камінь, контролюючий пристрій, технологія установки цементних мостів.

*Stasenko*

Підписано до друку 95 р., ф. 60 x 84,  
I/16, зам. 167, др. арк. I, тир. 100 прим.  
Івано-Франківський державний технічний  
університет нафти і газу.  
Дільниця оперативної поліграфії, Карпатська 15.

454572

AB3291

**AB 32.911**