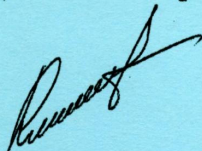


622.243.23
K91

ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ

КУНЦЯК Роман Ярославович



УДК 622.243.23-
622.243.24
K91 (093)

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ БУРІННЯ
ПОХИЛО-СКЕРОВАНИХ ТА ГОРИЗОНТАЛЬНИХ СВЕРДЛОВИН В
НЕСТІЙКИХ ПОРОДАХ
(НА ПРИКЛАДІ РОДОВИЩ ДНІПРОВО-ДОНЕЦЬКОЇ ЗАПАДИНИ)**

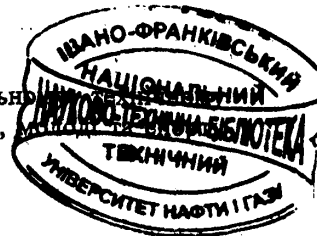
05.15.06 – Розробка нафтових та газових родовищ

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Івано-Франківськ – 2011

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Івано-Франківському національному університеті нафти і газу Міністерства освіти і науки, України.



Науковий керівник:

доктор технічних наук, професор
Чернов Борис Олександрович,
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, професор кафедри загальної та прикладної фізики

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор
Векерик Василь Іванович,
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, завідувач кафедри теоретичної механіки

кандидат технічних наук
Вітрик Віталій Григорович,
НТП «Бурова техніка», генеральний директор,
м. Київ

Захист відбудеться "08" грудня о 14³⁰ год. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 20.052.02 при Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу за адресою: 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу за адресою: 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15

Автореферат розісланий "04" листопада 2011 року

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Ковбасюк І.М.



an2228

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

єми. Перед нафтогазовою промисловістю України поставлено важливі завдання нарощування обсягів видобутку вуглеводневої сировини для забезпечення народного господарства енергоносіями. Одним із найбільш ефективних шляхів вирішення цієї проблеми є будівництво похило-скерованих і горизонтальних свердловин. Буріння похило-скерованих і горизонтальних свердловин охоплює надзвичайно широке коло питань, всебічно вирішити які з урахуванням специфіки кожного геологічного регіону практично неможливо. Вивченню проблем при бурінні таких свердловин та їх вирішенню присвячено багато робіт вітчизняних та зарубіжних вчених, зокрема Алієва М.А., Аскерова В.Б., Агаєва Г.Х., Балденка Д.Ф., Бітто Р., Безухова Н.І., Булатова А.І., Васька І.А., Глушича В.Г., Григоряна А.М., Іоанєсяна Р.А., Калініна А.Г. Каррісона Х., Краузе К., Крилова В.І., Кунцяка Я.В., Козлова А.В., Коцкулича Я.С., Лехніцького Г.С., Мессера О.Г., Мислюка М.А., Моррі В., Оганова О.С., Оганова Г.С., Поваліхіна А.С., Саковича Е.С., Сьювела М., Тахаутдінова Ш.Ф., Фурментро Д., Чернова Б.О., Ясова В.Г. та ін.

На основі наукових досліджень ними розроблено новітні технології та технічні засоби для ефективного будівництва похило-скерованих і горизонтальних свердловин, проте, як свідчить практика, дані технології не відповідають вимогам успішного буріння таких свердловин на родовищах ДДз та шельфі Чорного моря, де наявні горизонти нестійких порід, схильні до осипання і раптового обвалювання. Особливістю буріння похилих або горизонтальних стовбурів у нестійких породах є багатофакторна залежність збереження стійкості стінок свердловин від структурно-геологічних, геотермобаричних, фізико-хімічних, механічних та інших чинників.

Тому вирішення проблеми удосконалення технології буріння свердловин з зенітними кутами 55-90⁰ в інтервалах залягання нестійких відкладів і проводки горизонтального стовбура в нестійких продуктивних горизонтах є особливо актуальним і важливим завданням та потребує подальшого розвитку.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана у відповідності з програмами науково-дослідних робіт та угодами щодо удосконалення технології та технічних засобів в процесі буріння похило-скерованих і горизонтальних свердловин: №№ 39/05 і 40.2006 СП «Каштан Петролеум ЛТД», №№10/108-р і 10/168-р ПАТ «Укрнафта», №№ 10/1/6/379 і 482 ПАТ «Чорноморнафтогаз», № 9311/1108 ПрАТ «Природні ресурси», №№ 031-2002 і 10160410000 з Міністерством палива та енергетики України для виконання програми «Створення та організація виготовлення бурового, нафтопромислового, нафтопереробного устаткування і техніки для будівництва нафтогазопроводів з науково-технічною частиною на період до 2010 року», затвердженої Постановою Кабінету Міністрів України від 09 грудня 1999 року № 2245.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є вдосконалення технології будівництва похило-скерованих і горизонтальних свердловин з великими зенітними кутами (55-90⁰) в нестійких породах.

Основні завдання дослідження:

1. Дослідження основних чинників, які призводять до ускладнень та аварій,

an 2228 - an 2228

пов'язаних з втратою стійкості стінок свердловини при розкритті нестійких порід похило-скерованими і горизонтальними стовбурами.

2. Теоретичні, експериментальні та промислові дослідження стійкості порід в похило-скерованих свердловинах.

3. Розробка науково обґрунтованих рішень із вдосконалення технології і технічних засобів буріння похило-скерованих свердловин у нестійких породах.

4. Апробація і впровадження наукових розробок у процесі буріння похило-скерованих свердловин.

Об'єкт дослідження: Похило-скеровані та горизонтальні свердловини, що буряться в нестійких породах.

Предмет дослідження: Напружено-деформований стан стінок свердловини і компоновок низу бурильної колони при розкритті нестійких порід похило-скерованими та горизонтальними стовбурами.

Методи дослідження. Методологічною основою досліджень є комплексний підхід до вирішення основних завдань роботи, що полягає в сумісному використанні фізичного і математичного моделювання об'єктів досліджень та підтвердження адекватності отриманих результатів експериментальними і промисловими дослідженнями.

З метою підтвердження достовірності і ефективності наукових розробок дисертаційної роботи здійснено промислове впровадження технічних засобів і вдосконаленої на основі виконаних досліджень технології, що є практичним результатом роботи.

Наукова новизна одержаних результатів.

1. Аналітичними і промисловими дослідженнями вперше встановлено, що найбільш небезпечним з точки зору втрати стійкості стінок свердловини в нестійких породах є досягнення zenітного кута близько 65° .

2. Теоретичними та промисловими дослідженнями вперше встановлено вплив інтенсивності викривлення свердловини на стійкість її стінок під час буріння в інтервалах залягання нестійких порід, визначено діапазон гранично допустимих значень інтенсивності викривлення стовбура в таких породах.

3. Удосконалено математичну модель конструкції бурильної колони та отримано аналітичну залежність для визначення осьової сили, яка передається долотом на вибій похило-скерованої свердловини. Створено комп'ютерну програму для визначення величини цієї сили та допустимої інтенсивності викривлення свердловини.

4. Вперше отримано залежності для визначення значення сили прилипання бурильної колони і фактичного осьового навантаження на долото при різних zenітних кутах у свердловині.

Основні положення, що захищаються:

1. Результати теоретичних, експериментальних та промислових досліджень впливу геолого-технічних чинників на стійкість стінок стовбура похило-скерованих і горизонтальних свердловин при розкритті нестійких порід.

2. Удосконалену технологію буріння похило-скерованих і горизонтальних свердловин у складних геолого-технічних умовах Дніпрово-Донецької западини і шельфу Чорного моря.

Практичне значення одержаних результатів.

1. Удосконалено методику проектування траекторії похило-скерованих і горизонтальних свердловин, яка базується на врахуванні наявності критичних значень зенітного кута ($\alpha \approx 65^\circ$) з умов стійкості стінок їх стовбурів та критичних значень інтенсивності викривлення, в межах яких існує найбільша ймовірність ускладнень під час буріння в нестійких породах таких свердловин на родовищах ДДз та шельфі Чорного моря.

2. Розроблено, виготовлено і впроваджено ексцентричні протиприхоплюючі перехідники, які запобігають прилипанню бурильних труб до нижньої стінки свердловини і забезпечують доведення заданого осевого навантаження до долота.

3. Запропоновано нові компоновки низу бурильної колони для буріння похило-скерованих і горизонтальних свердловин, що містять опорно-центруючі елементи ексцентричної форми, які встановлюються між кожним різьбовим з'єднанням колони бурильних труб в похило-скерованій ділянці стовбура свердловини (пат. України №16717 і Росії №58151).

Особистий внесок здобувача.

Проведено аналітичні та промислові дослідження чинників, що впливають на стійкість стінок свердловини у процесі буріння похило-скерованих та горизонтальних свердловин в нестійких умовах [1,2,3,4,18,19].

Теоретично одержано та підтверджено експериментальними і промисловими дослідженнями вплив зенітного кута на стійкість стінок свердловини в нестійких горизонтах, визначено критичні значення зенітного кута ($\approx 65^\circ$) та запропоновано бурити такі породи за значенні кута нижче або вище критичного [11].

На основі теоретичних і промислових досліджень визначено граничні значення інтенсивності викривлення свердловини при бурінні в інтервалах залягання нестійких гірських порід [5,6,10].

Запропоновано удосконалену математичну модель конструкції бурильної колони, теоретичними та промисловими дослідженнями визначено граничні значення інтенсивності викривлення свердловини у процесі буріння в нестійких породах [12,16,17].

Отримано аналітичну залежність передачі осевого навантаження на долото від значення зенітного кута та інтенсивності викривлення свердловини [7,8,9].

Розроблено конструкцію ексцентричних протиприхоплюючих перехідників, компоновок низу бурильної колони, проведено їх промислове випробування і впровадження у виробництво [13,14,15].

Апробація результатів дисертації. Основні положення наукових розробок і досліджень дисертаційної роботи доповідались на Міжнародній науково-технічній конференції «Геопетрол» (м. Краків, Польща, 2002р.), Міжнародній науково-технічній конференції «Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения» (с.м.т. Морське, 2003р.), Міжнародній технічній конференції «10-ти річчя НДКБ бурового інструменту» (м. Київ, 2003р.), Міжнародній науковій конференції «Сучасні досягнення в науці і освіті» (м. Будва, Чорногорія, 2010р.). Результати досліджень доповідались на Науково-технічних радах ПрАТ «НДКБ бурового інструменту» з проблем будівництва похило-скерованих і горизонтальних

свердловин, інтенсифікації й відновлення видобутку в малодебітних та недіючих свердловинах шляхом буріння бокових стовбурів (м. Київ, 2003 + 2010 рр.), а також на засіданнях кафедри буріння нафтових і газових свердловин ІФНТУНГ (м. Івано-Франківськ, 2008 + 2010 рр.).

Результати дослідження реалізовано в процесі буріння похило-скерованих і горизонтальних свердловин під час відновлення недіючих свердловин за особистою участю і керівництвом автора технологічними процесами буріння на свердловинах №545 Бугруватівського родовища, №155 Качанівського родовища, №172 Південно-Панасівського родовища, №306 Леляківського родовища, шельфу Чорного моря №10 Одеського родовища, №36 Штормового родовища та ін.

Публікації. За результатами досліджень опубліковано 19 наукових праць, з них 15 у фахових виданнях, отримано 1 патент України та 1 патент Російської Федерації.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, бібліографії і шести додатків. Робота викладена на 159 сторінках машинописного тексту та містить 42 рисунки, 6 таблиць та список використаних літературних джерел у 129 найменуваннях.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету, основні завдання та методи досліджень, висвітлено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, подано загальну характеристику роботи, подано відомості про особистий внесок здобувача та апробацію результатів роботи.

У першому розділі наведено результати аналізу патентної і технічної літератури з питань сучасної техніки та технології буріння похило-скерованих і горизонтальних свердловин. Вказано особливості технології буріння таких свердловин для різних геолого-технічних умов суші і морського шельфу в різних регіонах світу. Надано порайонну геологічну будову нафтогазових родовищ України. Встановлено, що на родовищах ДДз і Чорноморського шельфу основні продуктивні горизонти знаходяться на значних глибинах і супроводжуються горизонтами нестійких порід. Проведено аналіз причин ускладнень у процесі буріння похило-скерованих і горизонтальних свердловин у нестійких породах.

Показано, що однією з важливих проблем під час буріння похило-скерованих і горизонтальних свердловин на родовищах ДДз та шельфі Чорного моря є осипання і обвалювання стінок свердловини, утворених нестійкими породами за великих значень zenітних кутів (більше 50°), інтенсивного набору кривизни, недосконалісті конструкцій КНБК та низької механічної швидкості буріння.

Отже для вирішення проблеми успішного буріння горизонтальних свердловин на родовищах з наявними горизонтами нестійких гірських порід необхідно дослідити:

- вплив інтенсивності набору кривизни стовбура свердловини на стійкість її стінок;
- вплив спеціальних елементів компоновки низу бурильної колони на

механічну швидкість буріння;

- вплив часу на збереження стійкості стінок похилого або горизонтального стовбура свердловини;

- вплив величини зенітного кута на стійкість гірських порід, що складають стінки свердловини;

Виходячи із сучасного стану проблеми сформульовано мету і завдання досліджень.

Другий розділ присвячено теоретичним та експериментальним дослідженням впливу технологічних чинників на стійкість стінок свердловини.

Оскільки ускладнення, пов'язані з втратою стійкості стінок свердловини, є одними із найбільш складних з точки зору їх попередження, було досліджено вплив інтенсивності викривлення на стійкість стінок стовбурів похило-скерованих свердловин із застосуванням графо-аналітичного способу визначення напружень в породі.

На основі проведених досліджень визначено величини радіальних, колових і тангенціальних напружень в породі на стінках вертикального і похилого стовбура свердловини. Свердловина змодельована циліндром із безмежною товщиною стінки, де r - поточний (проміжний) радіус, який охоплює всю товщину стінки циліндра. За умови суміщення осі z з зенітною прямою, координатні осі x , y , z є головними осями, за якими орієнтовані основні напруження у пружному гірському масиві.

Радіальні σ_r і колові σ_θ напруження, на стінках вертикального стовбура свердловини визначено за формулами С.Г. Лехницького:

$$\sigma_r = -k\sigma_z \left(1 - \frac{a^2}{r^2}\right) - P \frac{a^2}{r^2}, \quad (1)$$

$$\sigma_\theta = -k\sigma_z \left(1 + \frac{a^2}{r^2}\right) + P \frac{a^2}{r^2}, \quad (2)$$

де σ_z - геостатичне напруження, P , k - коефіцієнт бокового стиску.

Величини дотичних напружень, що виникають внаслідок концентрації напружень на площинах, паралельних до головних напрямків, мають вигляд:

$$\tau_{13} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} = \frac{\sigma_z(1 - C)}{2}, \quad (3)$$

$$\tau_{23} = \frac{\sigma_2 - \sigma_3}{2} = \frac{\sigma_z(1 + C - 2k)}{2}, \quad (4)$$

$$\tau_{12} = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} = \sigma_z(k - C), \quad (5)$$

де C - коефіцієнт, що характеризує співвідношення гідростатичного тиску і геостатичного напруження.

З аналізу цих залежностей випливає, що найбільші величини напружень σ_r і σ_θ виникають біля внутрішньої стінки свердловини, а компоненти найбільших дотичних напружень є функціями k і C .

Досліджено пружно-деформований стан похилої ділянки стовбура,

встановлено екстремальні умови щодо стійкості стінок свердловин з урахуванням фізико-механічних характеристик гірських порід та одержано аналітичні залежності з визначення величини напружень, що виникають в породі при зміні значень зенітного кута α . Відповідно, нормальні напруження σ_α і σ_β запишуться ($\beta = 90^\circ + \alpha$):

$$\sigma_\alpha = \left(\frac{\sigma_r - \sigma_z}{2} + \frac{\sigma_r + \sigma_z}{2} \cos 2\alpha \right), \quad (6)$$

$$\sigma_\beta = \left(\frac{\sigma_r - \sigma_z}{2} - \frac{\sigma_r + \sigma_z}{2} \cos 2\alpha \right), \quad (7)$$

Згідно з законом парності дотичні напруження визначаються залежністю:

$$\tau_\alpha = -\tau_\beta = \frac{\sigma_z - \sigma_r}{2} \sin 2\alpha. \quad (8)$$

Відповідно, пружно-деформований стан стовбура свердловини на викривленій ділянці запишеться:

$$(-\sigma_\alpha) + (-\sigma_\beta) = (-\sigma_r) + (-\sigma_z) = \text{const}. \quad (9)$$

З аналізу одержаних залежностей випливає, що при зенітному куті $\alpha = 45^\circ$ сума компонент нормальних напружень зменшується, а дотичні напруження зростають до максимального значення.

Таким чином, наявність максимальних значень дотичних напружень на стінках інтенсивно викривлених стовбурів свердловин, створює реальну загрозу втрати стійкості стінок свердловини, що необхідно враховувати при проектуванні траєкторії свердловини.

Ефективність буріння похило-скерованих і горизонтальних свердловин суттєво залежить від доведення до долота заданого осьового навантаження, яке є функцією механічної швидкості і календарного часу буріння.

Для розрахунку осьового навантаження на долото вибрана схема компоновки низу бурильної колони (рис.1), яка складається з долота 1, лопатевого спірального калібратора 2, гвинтового двигуна 3, телеметричної системи 4, бурильних труб 5 і опорно-центруючих перехідників 6.

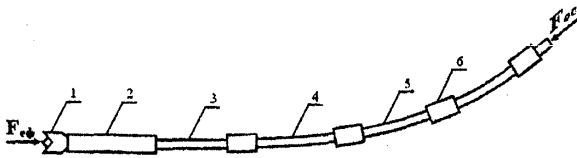


Рис. 1. Схема компоновки бурильної колони

Інтенсивність викривлення свердловини задається в межах від одного до трьох градусів на 10 метрів. Верхня частина КНБК стискається обважненими бурильними трубами, які створюють осьову силу F_{oc} . Задача зводиться до визначення ефективної сили F_{ef} , яка передається долотом на вибій свердловини при відомій осьовій силі створеної КНБК. Розрахункова схема дії сил при згинанні колони в свердловині зображена на рис. 2. Бурильна колона розбивається на ділянки — прямолінійні стержні, що шарнірно дотикаються стінок свердловини в точках, де знаходяться замкові з'єднання або спеціальні елементи компоновки. До першої ділянки відноситься

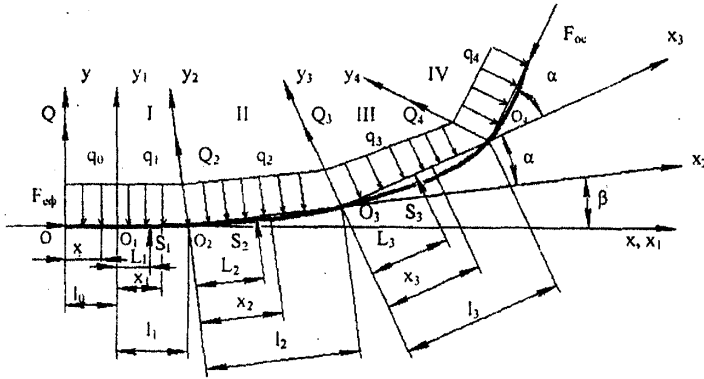


Рис. 2. Розрахункова схема дії сил, що виникають при згинанні колони в свердловині

бурильних труб; Q_1, Q_2, Q_3 - поперечні реакції на долоті і в замкових з'єднаннях; S_1, S_2, S_3 - реакції стінки свердловини в точках її контакту відповідно з 1, 2, 3 ділянками колони; l_0, l_1, l_2, l_3 - довжини калібратора, гвинтового двигуна, телеметричної системи, бурильних труб.

Розглянемо ділянку II - від точки O_2 до точки дотику колони з свердловиною. Диференціальне рівняння пружної лінії має вигляд:

$$EJ \frac{d^2 y_2}{dx_2^2} = -P_2 y_2 + Mo_2 + P'_2 x_2 - \frac{q_2 x_2^2}{2}, \quad (10)$$

де P_2, P'_2, Mo_2 - відповідно осьова сила, поперечна сила і згинаючий момент на початку другої ділянки.

Інтегруючи (6), отримаємо

$$y_2(x_2) = a_2 \sin k_2 x_2 + b_2 \cos k_2 x_2 + c_2 x_2 + \frac{1}{P_2} \left(-\frac{q_2 x_2^2}{2} + \frac{q_2}{k_2^2} + Mo_2 \right), \quad (11)$$

де a_2, b_2, c_2 - довільні сталі; $c_2 = \frac{P'_2}{P_2}$; $k_2 = \sqrt{\frac{P_2}{EJ}}$.

Граничні умови:

коли $x_2 = 0$, то $y_2 = 0$, $y'_2 = \theta = y'_1(l_1) - \beta$; коли $x_2 = L_2$, то $y_2 = -r_1$, $y'_2 = 0$. (12)

На основі граничних умов отримаємо систему чотирьох алгебраїчних рівнянь для визначення невідомих a_2, b_2, c_2 і довжини L_2 .

$$\begin{aligned} b_2 + \frac{q_2}{P_2 k_2^2} + \frac{Mo_2}{P_2} &= 0; \quad a_2 k_2 + c_2 = \theta \\ a_2 k_2 \cos k_2 L_2 - b_2 k_2 \sin k_2 L_2 + c_2 &= \frac{q_2 L_2}{P_2} \\ a_2 \sin k_2 L_2 + b_2 \cos k_2 L_2 + c_2 L_2 + \frac{1}{P_2} \left(-\frac{q_2 L_2^2}{2} + \frac{q_2}{k_2^2} + Mo_2 \right) &= -r_1. \end{aligned} \quad (13)$$

калібратор OO_1 , гвинтовий двигун і телесистема O_1O_2 . Друга та всі наступні ділянки є бурильними трубами, і крім того кожна наступна ділянка утворює з попередньою кут α . Введемо такі позначення: q_0, q_1, q_3, q_4 - відповідно поперечна складова від ваги одиниці довжини калібратора, гвинтового двигуна, телеметричної системи і

Аналогічно записуються рівняння для інших ділянок. Для розв'язання системи рівнянь розроблено комп'ютерну програму, де визначаються всі сили і реакції на наступних ділянках.

В таблиці 1 наведено результати розрахунку величини осьової сили на початку кожної ділянки. Як бачимо, осьова сила у напрямку з 1-ї до 8-ї ділянки P_i зростає, а далі спадає. Це пов'язано з тим, що з 1-ї до 8-ї ділянки рівнодійна сил тертя на кожній ділянці перевищує рівнодійну осьових сил на цій ділянці, а з 8 по 20 ділянку, навпаки, – сили тертя зменшуються, а осьові сили збільшуються.

Таблиця 1

Значення осьової сили в залежності від зенітного кута свердловини

№ ділянки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Зенітний кут викривлення свердловини, град	90	89,13	86,7	84,27	81,84	79,41	76,98	74,55	72,12	69,69	67,26	64,83	62,4	59,97	57,54	55,11	52,68	50,25	47,82	45,39
P_i , кН	78,48	78,88	80,57	81,11	81,53	81,84	82,02	82,07	82,01	81,82	81,5	81,07	80,51	79,83	79,04	78,12	77,09	75,95	74,7	73,33

За допомогою створеної комп'ютерної програми визначається F_{ef} і оптимальна інтенсивність викривлення свердловини.

Важливим чинником, що негативно впливає на стійкість стінок похило-скерованих свердловин, є значення зенітного кута. Для визначення впливу величини значень зенітного кута на стійкість стінок в похилому стовбурі досліджено пружно-деформований стан гірської породи.

Розглянуто елемент стінки осьового розрізу похило-скерованої свердловини, нормаль до якої складає з віссю x кут θ (рис.3).

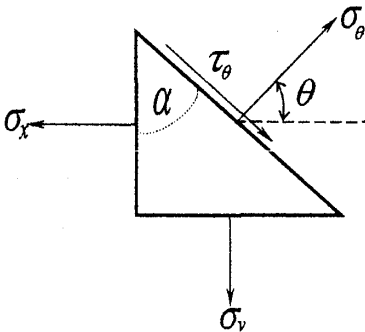


Рис. 3. Елемент плоско-напруженого стану твердого тіла:

σ_x, σ_y - відповідно нормальні напруження в напрямку осі x і y ;

α, θ - відповідно зенітний кут і кут між нормаллю і віссю x до похилої площини;

$\sigma_\theta, \tau_\theta$ - відповідно нормальне і дотичне напруження.

Нормальне σ_θ і дотичне τ_θ напруження, що виникають в цьому елементі, визначаються з умови рівноваги:

$$\sigma_\theta = \sigma_x \cos^2 \theta + \sigma_y \sin^2 \theta + 2\tau_{xy} \sin \theta \cos \theta, \quad (14)$$

$$\tau_\theta = (\sigma_x - \sigma_y) \sin \theta \cos \theta + \tau_{xy} (\sin^2 \theta - \cos^2 \theta), \quad (15)$$

де τ_{xy} - дотичні напруження в напрямку осі y .

Після відповідних перетворень з врахуванням умов одержано рівняння:

$$\sigma_\theta = \frac{1}{2}(\sigma_x + \sigma_y) + \frac{1}{2}(\sigma_x - \sigma_y) \cos 2\theta + \tau_{xy} \sin 2\theta, \quad (16)$$

$$\tau_\theta = \frac{1}{2}(\sigma_x - \sigma_y) \sin 2\theta - \tau_{xy} \cos 2\theta, \quad (17)$$

Дані рівняння описують нормальні і

дотичні напруження, що виникають на довільній похилій площині у похило-скерованому стовбурі свердловини.

У випадку зміни кута θ від 0 до 360° нормальні і тангенціальні напруження також змінюються. Максимальне і мінімальне значення нормального напруження є головними напруженнями, а положення головних площин, на яких вони виникають, визначаються рівнянням:

$$\operatorname{tg} 2\theta_m = \frac{2\tau_{xy}}{\sigma_x - \sigma_y}, \quad (18)$$

де кут θ_m , визначає головні площини. З цього рівняння отримано два значення кута $2\theta_m$, які лежать в межах $0+180^\circ$, та $180+360^\circ$. Для кута θ знайдено два значення: перше – в межах $0+90^\circ$, друге – в межах $90+180^\circ$. Одному з цих значень кута θ_m відповідає максимальне нормальне напруження σ_θ , другому – мінімальне.

Максимальні дотичні напруження і положення площин, в яких вони виникають, визначаються рівнянням:

$$\operatorname{ctg} 2\theta_0 = -\frac{2\tau_{xy}}{\sigma_x - \sigma_y}. \quad (19)$$

З аналізу (18) і (19) робимо висновок, що кути $2\theta_0$ і $2\theta_m$ повинні відрізнятися на 90° . Звідси випливає, що площини з максимальними дотичними напруженнями складають кут 45° з головними площинами.

З рівняння (19) видно, що площини з максимальними дотичними напруженнями складають кут 45° із zenітним кутом свердловини. Питома енергія деформації є функцією від дотичного напруження і в загальному вигляді описується рівнянням:

$$du = \frac{\tau_{\max}^2}{2G}, \quad (20)$$

де τ_{\max} – максимальне дотичне напруження, Па;

G – модуль зсуву, Па.

Оскільки напруження є пропорційним тангенсу кута і в межах кута нахилу свердловини $0+60^\circ$ $\operatorname{tg}\theta$ характеризується плавною зміною числових значень, а отже і плавною зміною градієнта енергії вздовж дотичної до поверхні стовбура свердловини, то в цьому інтервалі повинна спостерігатись стійкість стінок свердловини. Після цього інтервалу значень кута нахилу свердловини спостерігається різке зростання його числових значень $\operatorname{tg}\theta$, що, в свою чергу призводить до різкого збільшення питомої енергії, яка поглинається стінками свердловини. Тобто, найбільш небезпечним з точки зору нестійкості стінок свердловини є інтервал zenітного кута від 60° до 70° при умові горизонтального залягання порід, характерного для родовищ ДДз.

Для перевірки результатів теоретичних досліджень щодо впливу zenітного кута на стійкість стінок свердловини в інтервалі залягання нестійких порід проведено експериментальні дослідження міцності гірської породи методом одновісного стискування. У відповідності до міжнародного стандарту було виготовлено експериментальні зразки циліндричної форми з керна діаметром 100мм, складеного з паралельно розташованих прошарків аргілітів і пісковиків товщиною

2±3мм.,

Для визначення впливу зміни величини zenітного кута свердловини на міцність гірської породи з керового матеріалу, були виготовлені зразки під різними кутами нашарування від 0° до 90° з кроком 15° (рис. 4). Згідно методики, на

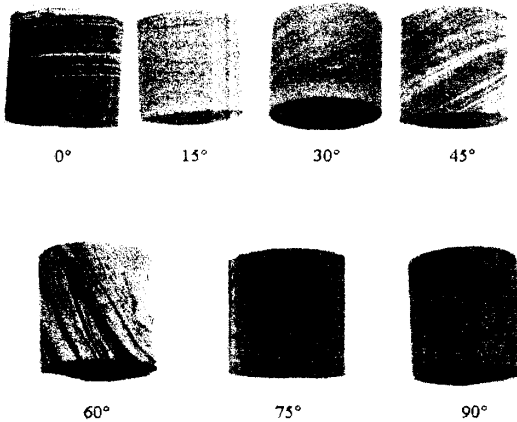


Рис. 4. Експериментальні зразки породи

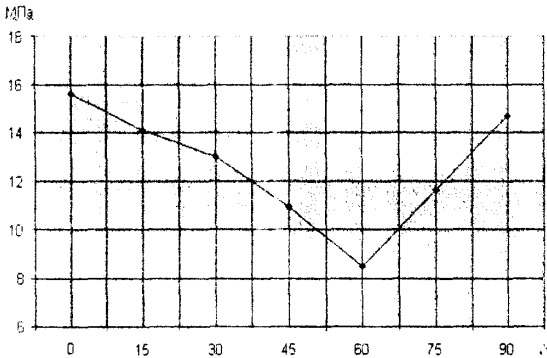


Рис.5. Залежність міцності гірської породи від кута залягання

У **третьому розділі** наведені результати промислово-експериментальних досліджень впливу геолого-технічних чинників на стійкість похило-скерованих ділянок стовбурів свердловин в нестійких породах.

Для визначення кількісних значень вказаних вище чинників, що негативно впливають на стійкість стінок похило-скерованих свердловин, проведено промислово-експериментальні дослідження в реальних гірничо-геологічних умовах Бугруватівського родовища.

В результаті аналізу умов буріння похило-скерованих і горизонтальних свердловин вибрано свердловини №545 і №553 в яких було пробурено 6 стовбурів. Похило-скеровані стовбури пробурені тією ж бригадою працівників, в однакових

міцність досліджувалося по 6 зразків кожної серії на гідравлічному пресі ПСУ-10. Результати експериментальних досліджень наведено на рис. 5.

Аналізуючи результати досліджень руйнування гірських порід, встановлено, що міцність анізотропних гірських порід залежить від кута залягання породи. Так, при 0° межа міцності на стискування становить 16 МПа, зі збільшенням кута залягання від 0° до 60° вона зменшується до 8,6 МПа, а далі

знову зростає, набуваючи при куті 90° максимального значення. Таким чином, результати експериментальних досліджень підтвердили результати теоретичних досліджень стосовно наявності критичних значень zenітного кута в діапазоні 60° до 70° , за якого існують передумови втрати стійкості стінок свердловини.

гірничо-геологічних умовах, із застосуванням однакових режимів буріння, бурових розчинів, гамми доліт, тощо.

У свердловині №545 було пробурено 4 похило-скеровані стовбури (не враховуючи пілот-стовбура). У процесі буріння цих стовбурів після розкриття підшовної частини нестійких порід горизонту В-15 та аргілітової пачки порід, які залягають нижче підшви горизонту В-15 та вище покрівлі горизонту В-16, спостерігались ускладнення, а згодом осипання і обвалювання нестійких аргілітів, внаслідок чого буріння закінчувалось прихопленням бурового інструменту з втратою циркуляції бурового розчину.

Аналогічна картина спостерігалась при бурінні свердловини №553 Бугруватівського родовища, де було пробурено два похило-скеровані стовбури. У зв'язку з великою кількістю ускладнень та аварій свердловина так і не була пробурена до проектного горизонту та переведена у консервацію.

За результатами аналізу понад 30 ускладнень та аварій, які спостерігались у процесі буріння цих свердловин встановлено, що основними чинниками, які негативно впливають на стійкість стінок свердловин, є величина zenітного кута, інтенсивність викривлення та календарний час буріння.

Вплив zenітного кута на стійкість стінок свердловин визначали на нестійких горизонтах В-14, В-15 і перемичках між ними, які залягають на глибині (по вертикалі) 3232-3264м. Досліджувались ділянки в пробурених шести стовбурах, з інтенсивністю викривлення не більше $1^0/10\text{м}$ і zenітними кутами від 55^0 до 82^0 . Аналіз досліджень показав, що всі ускладнення в процесі буріння спостерігались при zenітних кутах, близьких до 65^0 .

Дослідження впливу інтенсивності викривлення на стійкість стінок похило-скерованих свердловин проведено в аналогічних інтервалах шести пробурених стовбурах з інтенсивністю викривлення від $1^0/10\text{м}$ до $3^0/10\text{м}$. Аналіз досліджень засвідчив, що в нестійких породах у визначеному діапазоні інтенсивності спостерігались ускладнення, пов'язані з порушенням стійкості стінок, при різних значеннях zenітного кута в діапазоні від 55^0 до 82^0 .

Як вище вказувалось, вагомим чинником, який впливає на стійкість стінок при бурінні похило-скерованих свердловин в нестійких горизонтах, є час буріння (табл.2). Аналіз одержаних даних свідчить, що за інтенсивності викривлення стовбура свердловини, яка перевищує $1^0/10\text{ м}$, або при zenітному куті $\approx 65^0$ перші ознаки втрати стійкості стінок свердловини в інтервалах залягання нестійких гірських порід з'являються через 5÷6 діб з моменту їх розкриття. Через 15÷18 діб попри належне дотримання параметрів режиму буріння похило-скерованого стовбура, як свідчать результати буріння свердловин №545 і №553, настає момент повної втрати стійкості стінок свердловини з прихопленням бурового інструменту та втратою циркуляції промивальної рідини.

З аналізу фактичних даних по пробурених стовбурах свердловин №545 і №553 Бугруватівського родовища встановлено негативний вплив значення zenітного кута та інтенсивності викривлення на механічну швидкість. На рис. 6 показано, що зі збільшенням zenітного кута зменшується механічна швидкість. Як видно з рис. 7, збільшення інтенсивності викривлення похило-скерованих стовбурів також

призводить до зменшення механічної швидкості буріння. Так, при зміні інтенсивності викривлення від 0 до $1,8 \pm 2,0^\circ/10$ м механічна швидкість зменшується більше ніж у 2 рази.

Таблиця 2

Граничний час стійкості стінок похило-скерованих стовбурів свердловини №545-Бугруватівська

Час буріння від розкриття комплексу нестійких порід до:	Пілотний Стовбур	Похило-скеровані стовбури			
		I	II	III	IV
- появи першого ускладнення;	-----	5 діб.	6 діб.	6 діб.	-----
- прихоплення бурового інструменту;	-----	15 діб.	18 діб.	15 діб.	-----
- завершення буріння похило-скерованого стовбура;	10 діб.	-----	-----	-----	5 діб.
- завершення процесу кріплення інтервалу залягання нестійких порід;	-----	-----	-----	-----	7 діб.
- розкриття інтервалу під кутом 65°	-	+	+	+	-
Максимальне значення інтенсивності викривлення, $\frac{\text{град}}{10\text{м}}$	0,8	3,7	2,8	2,5	0,9

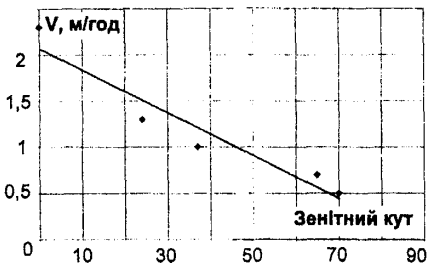


Рис. 6. Залежність механічної швидкості від кута нахилу осі свердловини

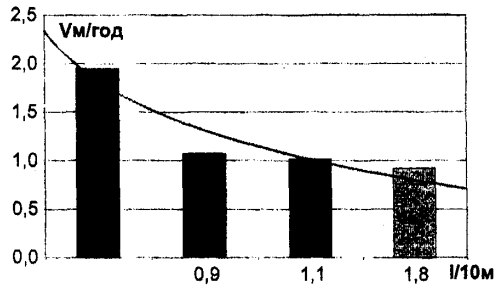


Рис. 7. Залежність механічної швидкості буріння від інтенсивності викривлення стовбура свердловини

Для підвищення механічної швидкості буріння за рахунок запобігання прилипання бурильної колони до нижньої стінки похило-скерованого стовбура свердловини запропонована компоновка низу бурильної колони (захищена патентами України і Російської Федерації), до складу якої входять опорно-центруючі елементи, що розміщуються між долотом і вибійним двигуном, на двигуні і над двигуном між різьбовими з'єднаннями бурильних труб на ділянці похило-скерованого стовбура. На рис.8 зображено запроповану КНБК: долото (1); вибійний двигун (2); опорно-центруючий елемент (3); що міститься між долотом і вибійним двигуном, опорно-центруючий елемент (4), розміщений на вибійному двигуні; бурильна труба (5); ексцентричний опорно-центруючий елемент (6), що міститься між різьбовими з'єднаннями бурильних труб.

Наявність ексцентричних опорно-центруючих елементів збільшує проміжок між колоною бурильних труб і нижньою стінкою в похило-скерованих і

горизонтальних ділянках стовбура свердловини, що покращує умови передачі осьового навантаження на долото.

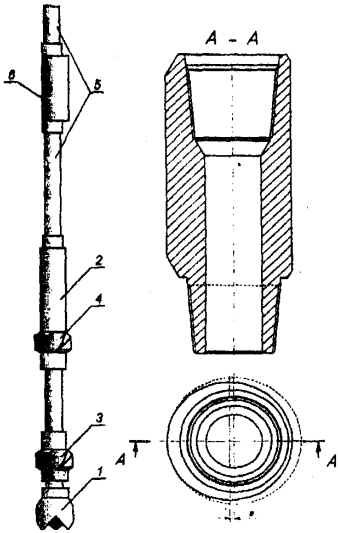


Рис. 8. Компонівка низу бурильної колони

діб, після чого спущена і зацементована обсадна колона. В процесі буріння четвертого стовбура механічна швидкість була на 35-40% більшою, ніж при бурінні попередніх трьох стовбурів.

У четвертому розділі наведено результати промислових випробувань і впровадження удосконаленої технології буріння похило-скерованих і горизонтальних свердловин у нестійких породах.

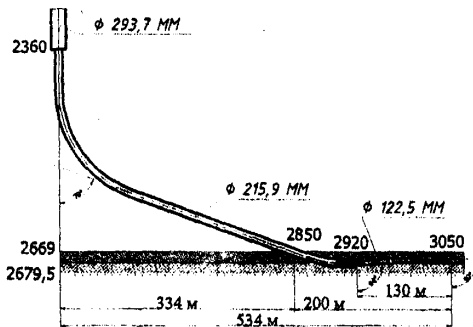


Рис. 9. Профіль свердловини №172 Південно-Панасівського родовища

На основі результатів теоретичних, експериментальних і промислових досліджень вдосконалена технологія буріння глибоко залягаючих нестійких горизонтів, на основі якої базується проектування траєкторії похило-скерованих свердловин з врахуванням, що зенітний кут свердловин повинен бути меншим або більшим від критичного ($\approx 65^\circ$), інтенсивність викривлення стовбура свердловини в нестійких горизонтах не повинна перевищувати 1 град/10м. Для підвищення механічної швидкості буріння рекомендовано застосовувати запропоновану компоновку і враховувати вплив значень зенітного кута та інтенсивності на механічну швидкість.

Вдосконалена технологія випробувана під час буріння четвертого стовбура в свердловині № 545-Бугруватівська. Завдяки проводці стовбура в нестійких породах зі значеннями зенітного кута нижче критичного, застосування запропонованої КНБК, інтенсивності викривлення не більше $0,9^\circ/10$ м, буріння свердловини завершено за 5

Промислові випробування та впровадження здійснювали на нафтових і газових родовищах ДДз та шельфі Чорного моря.

Вдосконалена технологія буріння похило-скерованих і горизонтальних свердловин у нестійких породах була успішно застосована при бурінні ряду свердловин на родовищах ДДз, зокрема на Південно-Панасівському, Лежаківському Бугруватівському, Качанівському та шельфі Чорного моря. На рис. 9 зображено профіль свердловини

№172 Південно-Панасівського родовища, де нестійкі горизонти були пройдені під zenітним кутом $73-76^{\circ}$, що є вищим критичного. Це дало можливість успішно пробурити значний інтервал нестійких порід та безаварійно закінчити проводку свердловини. Довжина ділянки стовбура в нестійких породах перевищила 700м.

Буріння свердловини №34 Штормового родовища (рис 10) в нестійких породах здійснювалось під zenітним кутом 45° , що є менше критичного, в КНБК включені опорно-центруючі елементи. Свердловина пробурена з горизонтальним закінченням та загальним відходом від гирла на 1883м.

Завдяки застосуванню вдосконаленої технології на родовищах ДДз та шельфі Чорного моря, де присутні глибоко залягаючі нестійкі породи, за особистої участі автора успішно пробурено понад два десятки похило-скерованих і горизонтальних свердловин.

Слід зауважити, що при розкритті продуктивних горизонтів похило-скерованими та горизонтальними стовбурами значно збільшується зона дренування та підвищується дебіт. Так, наприклад, в похило-скерованій свердловині №545 Бугруватівського родовища дебіт високов'язкої нафти становить 12,6 т/доб., а у вертикальних свердловинах з цього ж горизонту - від 3,5 до 5,7 т./доб. В свердловині

№155 Качанівського родовища дебіт нафти становить 105 т/доб. за максимального дебіту вертикальних свердловин на цьому родовищі не більше 30 т/доб.

За рахунок експлуатації трьох відновлених з застосуванням вдосконаленої технології буріння недіючих свердловин Качанівського родовища додатково видобуто понад 20 тисяч тон нафти і конденсату та понад 36 тисяч м³ газу на загальну суму більше 100 млн. грн.

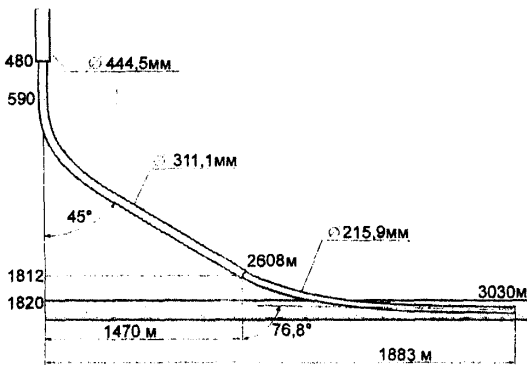


Рис. 10. Профіль свердловини №34 Штормового родовища

ВИСНОВКИ

У дисертації наведено теоретичне узагальнення і нове вирішення наукового завдання, що полягає у підвищенні ефективності спорудження похило-скерованих і горизонтальних свердловин, шляхом забезпечення стійкості стінок похилих і горизонтальних стовбурів у процесі буріння нестійких гірських порід, удосконалення технології буріння таких свердловин та розробки нових конструкцій протиприхоплюючих технічних пристроїв і удосконалених конструкцій компоновок низу бурильної колони.

Основні наукові та практичні результати, висновки і рекомендації, що

одержані під час виконання теоретичних, експериментальних і промислових досліджень, зводяться до наступного.

1. За результатами аналітичних, експериментальних і промислових досліджень зміни пружно-деформованого стану гірських порід у присвердловинній зоні похило-скерованих і горизонтальних свердловин визначено значення кута входження свердловини в пласт, при якому існує найвища ймовірність втрати стійкості стінок свердловини, складених нестійкими породами. Величина цього кута знаходиться близько 65° , тому пропонується розбурювання нестійких порід здійснювати поза межами значень цього кута.

2. За результатами теоретичних, експериментальних та промислових досліджень встановлено, що в інтервалі залягання нестійких порід при наборі зенітного кута похило-скерованої свердловини інтенсивність викривлення не повинна перевищувати $1,0^\circ/10$ м. В цьому разі забезпечується цілісність стінок свердловини, складених нестійкими породами.

3. Запропоновано та впроваджено нові компоновки низу бурильної колони для буріння похило-скерованих і горизонтальних свердловин, до складу яких входять опорно-центруючі елементи ексцентричної форми (патенти на винахід України та Російської Федерації), встановлені над вибійним двигуном та між різьбовими з'єднаннями бурильних труб в інтервалі викривлення стовбура свердловини.

4. На основі аналітичних досліджень одержано залежності для визначення осьового навантаження на долото в похило-скерованій свердловині, виходячи з умови доведення до вибою його оптимального значення, та врахуванням конструктивних особливостей бурильної колони і діючих на неї сил.

5. Розроблено і впроваджено рекомендації щодо проектування профілю траєкторії свердловини з врахуванням наявності критичного зенітного кута $\approx 65^\circ$ та граничної величини інтенсивності викривлення в інтервалах, у стратиграфічному розрізі яких наявні гірські породи, схильні до обваловання (глини, глинисті сланці тощо).

6. Удосконалено, випробувано і впроваджено технологію буріння похило-скерованих горизонтальних свердловин при будівництві свердловин №545 Бугруватівського родовища, №155 Качанівського родовища, № 172 Південно-Панасівського родовища, №306 Леяківського родовища, №10 Одеського родовища, №36 Штормового родовища на шельфі Чорного моря та ін. за рахунок чого отримано економічний ефект понад 100 млн. грн.

ОСНОВНІ ПУБЛІКАЦІЇ ПО РОБОТІ

1. Кунцяк Я.В. Бурение горизонтальных скважин на шельфе Черного моря / Я.В. Кунцяк, А.В.Козлов, К.В.Булатов, В.Г.Глушич, Н.В.Беляков, В.Д.Новиков, Р.Я.Кунцяк // Бурение и нефть. – 2008.-№10.- С.54-57.
2. Кунцяк Я.В. Вітчизняні технології та технічні засоби для будівництва горизонтальних свердловин / К.В. Булатов, В.Д. Новіков Кунцяк Р.Я Бражина Г.Й. Лилак М.М. Мрозек С.Р. Ключенко В.О. // Нафтова і газова промисловість. – 2003. – № 3. – С. 13-14.
3. Кунцяк Я.В. Будівництво горизонтальної свердловини на Південно-

Панасівському родовищі за вітчизняною технологією / Я.В. Кунцяк, К.В. Булатов, Р.Я. Кунцяк, Г.Й. Бражина, М.М. Лилак, В.О. Ключенко. Б.Й. Вовків, І. О. Новак // Нафтова і газова промисловість. – 2002. – № 6. – С. 17-19.

4. Кунцяк Я.В. Особливості буріння похило-спрямованих ділянок ствола горизонтальних свердловин / Я.В. Кунцяк, Р.Я. Кунцяк // Нафтова і газова промисловість. – 2006. – № 1. – С. 34-35.

5. Кунцяк Я.В. Експериментальні та промислові дослідження і прогнозування стійкості стовбурів горизонтальних свердловин в нестійких породах / Я.В. Кунцяк, Р.Я. Кунцяк // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2011. – № 1(38). – С. 62-68.

6. Кунцяк Я.В. Удосконалення технології буріння похило-спрямованих і горизонтальних свердловин для експлуатації водоплаваючих нафтових покладів Леляківського родовища / Я.В. Кунцяк, К.В. Булатов, В.Д. Новіков, Р.Я. Кунцяк, О.А. Білека, Д.М. Круль // Нафтова і газова промисловість. – 2008. – № 3. – С. 29-31.

7. Кунцяк Я.В., Удосконалення технології буріння похило-скерованих і горизонтальних свердловин у нестійких породах. / Я.В. Кунцяк М.Є. Чернова, Р.Я. Кунцяк // Науковий вісник. – 2010. – № 3(25). – С. 15-17.

8. Кунцяк Я.В. Визначення оцінки впливу сил опору на величину осьового навантаження на долото в похило-скерованій свердловині / Я.В. Кунцяк, Р.Я. Кунцяк, О.М. Лев // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2008. – №4(29). – С. 40-45

9. Кунцяк Я.В. Дослідження явища прилипання колони бурильних труб до нижньої стінки свердловини / Мочернюк Д.Ю. Кунцяк Я.В. Кунцяк Р.Я. Булатов К.В.// Нафтова і газова промисловість. – 2005. - №6. – С.9-10.

10. Кунцяк Я.В. Особливості буріння горизонтальних свердловин у зонах залягання нестійких гірських порід / Кунцяк Я.В. Кунцяк Р.Я. // Науковий вісник. – 2010. - №1(23).- С38-46.

11. Кунцяк Я.В. Удосконалення техніки і технології буріння горизонтальних свердловин в нестійких породах Бугруватівського родовища./ Кунцяк Я.В. Гнип М.П. Мрозек Є.Р. Кунцяк Р.Я. Булатов К.В. Новіков В.Д.// Нафтова і газова промисловість. – 2010. - №2 - С.22-25.

12. Мочернюк Д.Ю. Дослідження впливу інтенсивності викривлення стовбура горизонтальної свердловини на стійкість її стінок / Мочернюк Д.Ю. Кунцяк Я.В. Кунцяк Р.Я.// Науковий вісник. – 2005. - №2(11). – С 37-41.

13. Путілов В.В. Один з підходів до коригування траєкторії горизонтального стовбура свердловини в процесі буріння з прив'язкою до продуктивного пласта / В.В. Путілов, В.Д. Новіков, Р.Я. Кунцяк. Різник М.О. Голиков Л.Є.// Нафтова і газова промисловість. – 2003. – № 3. – С. 34-35.

14. Пат. 16717 Україна, МПК Е 21В 7/06, 17/00. Компоновка низу бурильної колони. / Кунцяк Р.Я., Булатов К.В., Кунцяк Я.В., Чернов Б.О., Мартинюк Д.М. – заявник ЗАТ «Науково-дослідне і конструкторське бюро бурового інструменту». – заявка № u 2006 02556; заявл. 09.03.2006; опубл. 15.08.2006. Бюл. № 8.

15. Пат. 58151 Российская Федерация, МПК Е 21В 7/06, 17/00 Компоновка низа бурильной колонны. / Кунцяк Р.Я., Булатов К.В., Кунцяк Я.В., Чернов Б.А., Мартинюк Д.Н.; заявитель и патентообладатель Закрытое акционерное общество

«Научно-исследовательское и конструкторское бюро бурового инструмента». – №2006122491; заявл. 23.06.06; опубл. 10.11.06, Бюл. №31.

16. Буріння похило-скерованих і горизонтальних свердловин з використанням сучасних технологій і засобів: сборник науч. трудов по материалам IV международной научной конференции «Современные достижения в науке и образовании 2010» / [Я.В.Кунцяк, М.С.Чернова, Р.Я.Кунцяк] Будва, Черногория 11-18 сентября 2010 г.

17. Вітчизняна техніка і технологія будівництва горизонтальних свердловин. Матеріали 7-ої Міжнародної науково-практичної конференції. «Нафта і газ України», 5-11 листопада 2002 / Я.В. Кунцяк, Г.Й Бражина., К.В. Булатов, В.Д.Новіков, Р.Я. Кунцяк. – Київ, Техніка, 2002. – С.456

18. Промислові випробування нових техніко-технологічних засобів будівництва горизонтальних та похило-спрямованих свердловин: сборник научных трудов / Кунцяк Я.В. Мартинюк Д.М. Булатов К.В. Новіков В.Д. Кунцяк Р.Я. // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения. – 2006. - №9 – С.93-96.

19. Результаты использования отечественных техники и технологи для строительства горизонтальных скважин, восстановленных боковыми стволами: сборник научных трудов / Кунцяк Я.В. Мартинюк Д.М. Булатов К.В. Новіков В.Д. Кунцяк Р.Я., Путилов В.В. // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент-техника и технология его изготовления и применения – С.41-46

АНОТАЦІЯ

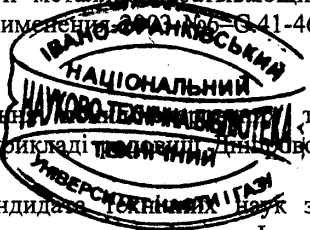
Кунцяк Р.Я. Удосконалення технології буріння та конструкцій КНБК для горизонтальних свердловин в нестійких породах (на прикладі ДДз та шельфу Донецької западини). – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата наук за спеціальністю 05.15.06. – Розробка нафтових і газових родовищ. – Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, 2011.

Дисертація присвячена удосконаленню технології і конструкцій КНБК для буріння похило-скерованих і горизонтальних стовбурів з великими зенітними кутами в нестійких породах нафтогазових родовищ ДДз та шельфу Чорного моря.

В результаті аналітичних, експериментальних і промислових досліджень встановлено наявність значень критичного кута з точки зору втрати стійкості стінок похило-скерованих свердловин у процесі буріння в нестійких породах, визначено діапазон граничних значень інтенсивності викривлення у вказаних породах. Отримано аналітичну залежність передачі осьового навантаження на долото від значення зенітного кута та інтенсивності викривлення свердловини. Розроблено і виготовлено ексцентричні протиприхоплюючі перехідники, що становлять основу компоновки низу бурильної колони, яка запобігає прилипанню бурильних труб до нижньої стінки свердловини і забезпечує доведення осьового навантаження до долота.

Удосконалено технологію буріння похило-скерованих і горизонтальних свердловин в нестійких породах. Вказана технологія випробувана і широко



впроваджена у процесі буріння похило-скерованих і горизонтальних свердловин на родовищах ДДЗ та шельфі Чорного моря.

Ключові слова: зенітний кут, інтенсивність, компоновка низу бурильної колони, похило-скерована свердловина, горизонтальна свердловина, стійкість стінок.

АННОТАЦІЯ

Кунцяк Р.Я. Совершенствование технологии бурения наклонно-направленных и горизонтальных скважин в неустойчивых породах (на примере месторождений Днепровско-Донецкой впадины). - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.15.06. - Разработка нефтяных и газовых месторождений. - Иванов-Франковский национальный технический университет нефти и газа, Иванов-Франковск, 2011.

Диссертация посвящена усовершенствованию технологии и конструкций КНБК для бурения наклонно-направленных и горизонтальных стволов с большими зенитными углами в неустойчивых породах нефтегазовых месторождений ДДЗ и шельфа Черного моря. Основные положения диссертации опубликованы в 19 научных работах.

В результате аналитических, экспериментальных и промышленных исследований установлено наличие значений критического угла с точки зрения потери устойчивости стенок наклонно-направленных скважин при бурении в неустойчивых породах, определен диапазон предельных значений интенсивности искривления в указанных породах. Получена аналитическая зависимость передачи осевой нагрузки на долото от значения зенитного угла и интенсивности искривления скважины. Разработаны и изготовлены эксцентричные противоприхватные переводники, вошедшие в основу компоновки низа бурильной колонны, которая позволяет предотвратить прилипание бурильных труб к нижней стенке скважины и обеспечивает доведение осевой нагрузки до долота.

Усовершенствованна методика проектирования траектории наклонно-направленных и горизонтальных скважин, базируюча на учете наличия критических значений зенитного угла ($\approx 65^{\circ}$) из условий устойчивости стенок их стволов и критических значений интенсивности искривления, при которых существует наибольшая вероятность возникновения осложнений при бурении в неустойчивых породах.

Усовершенствованна математическая модель конструкции бурильной колонны и получена аналитическая зависимость для определения осевой силы, которая передается долотом на забой наклонно-направленной скважины. Создана компьютерная программа для определения значения этой силы и допустимой интенсивности искривления скважины.

Усовершенствованна, испытана и внедрена технология бурения наклонно-направленных и горизонтальных скважин, в которой учтены наличие и поведение неустойчивых пород под влиянием величины зенитного угла, интенсивности искривления скважины, календарного времени бурения и условий доведения до долота оптимальной осевой нагрузки. Предложенная технология и новые

конструкции элементов низа бурильной колонны использованы при сооружении скважин № 545 Бугруватовского месторождения, № 155 Качановского месторождения, № 172 Южно-Панасивского месторождения, № 306 Леляковского месторождения, № 10 Одесского месторождения, № 36 Штормового месторождения на шельфе Черного моря и др.

Ключевые слова: зенитный угол, интенсивность, компоновка низа бурильной колонны, наклонно-направленная скважина, горизонтальная скважина, устойчивость стенок.

ABSTRACT

R.Y. Kuntsiak. Improvement of directional and horizontal wells drilling technology in unstable rocks (on the basis of the Dnipro-Donetsk depression oilfields). – Manuscript.

Thesis for the candidate's degree in Technical Sciences. Specialty 05.15.06. - Development of oil and gas fields. Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, 2011.

The thesis deals with the improvement of technology and bottom-hole assembly designs for drilling directional and horizontal boreholes with large inclination angles in unstable rocks of oil and gas fields of the Dnipro-Donetsk depression and Black Sea offshore zone. The main thesis issues are published in 19 academic papers.

As a result of analytical, experimental and industrial researches the critical angle values in terms of directional wellbore walls stability loss in the process of drilling in unstable rocks were determined and, under the same conditions, the deviation intensity limit value scope in those rocks was measured. The analytical dependence of bit thrust load transmission on the value of inclination angle and well deviation intensity was detected. Eccentric antitack reducers that are the basis of bottom-hole assembly which prevents drill pipes sticking to the bottom wellbore wall and provides thrust load transmission to the bit were developed and produced.

These results contributed to the improvement of directional and horizontal wells drilling technology in unstable rocks. The technology was tested and introduced on a large scale for drilling directional and horizontal wells of the Dnipro-Donetsk depression and Black Sea offshore zone.

Key words: inclination angle, intensity, bottom-hole assembly, directional well, horizontal well, walls stability.