

622.24.051

M29

ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ

МАРТИНЮК Дмитро Михайлович

УДК 622.24.051

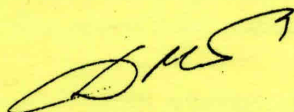
**ВДОСКОНАЛЕННЯ ПОРОДОРУЙНІВНИХ ІНСТРУМЕНТІВ РІЗАЛЬНОЇ ДІЇ
ДЛЯ БУРІННЯ ПОХИЛО-СКЕРОВАНИХ І ГОРИЗОНТАЛЬНИХ СВЕРДЛОВИН**

05.15.10 – Буріння свердловин

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня

кандидата технічних наук



Івано-Франківськ – 2007

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в закритому акціонерному товаристві «Науково-дослідне і конструкторське бюро бурового інструменту» (ЗАТ «НДКБ бурового інструменту»).

Науковий керівник:

кандидат технічних наук, доцент
Куцик Ярослав Васильович
ЗАТ «НДКБ бурового інструменту»,
генеральний директор, м. Київ

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор
Ясов Віталій Георгійович,
Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу,
професор кафедри буріння нафтових
і газових свердловин

кандидат технічних наук,



Провідна ори

арків

Захист відбу
Д 20.052.02 в
адресою: 76019

ної вченої ради
афти і газу за

З дисертацією
університету на

ного технічного
патська, 15.

Автореферат ро

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Ковбасюк І.М.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Зростання видобутку нафти і газу у відповідності з комплексною національною програмою «Нафта і газ України до 2010 року» не може бути досягнуте без збільшення об'єму бурових робіт, в тому числі буріння похило-скерованих і горизонтальних свердловин. Важливим елементом інтенсифікації бурових робіт є застосування прогресивних конструкцій породоруйнівних інструментів.

Як відомо, одними з найбільш ефективних для буріння нафтогазових свердловин є долота різальної дії, оснащені полікристалічними алмазними різцями (ПАР). Однак, підвищена енергоємність конструкцій породоруйнівних інструментів з ПАР, зумовлена високим робочим крутним моментом, обмежує їх використання при бурінні вибійними двигунами похило-скерованих і горизонтальних свердловин. Високий крутний момент призводить до перебоїв у роботі вибійного двигуна при чергуванні гірських порід по літологічному складу і твердості або навіть незначному збільшенні осьового навантаження на інструмент.

Питанням розробки та досліджень ефективних конструкцій породоруйнівних інструментів різальної дії присвячені роботи багатьох вітчизняних та зарубіжних науковців: Арцимовича Г. В., Барабашкіна І. І., Барона Л. І., Бондаренко М. О., Бочковського О. М., Булатова В. В., Векерика В. І., Владиславлева В. С., Вуда Дж. (Wood J.), Дверія В. П., Дікстра М. В. (Dykstra M.W.), Драганчук О. Т., Едельмана Я. А., Ейгелеса Р. М., Катанова Б. А., Константинова Л. П., Кунцяка Я. В., Кошко І. І., Менана С. (Menand S.), Никітіна С. В., Норріса Ж. А. (Norris J.A.), Савостьянова В. Г., Сінора Л. А. (Sinor L.A.), Співака А. І., Сулакшина С. С., Фарафонова І. Й., Фінкельштейна Г. М., Яремійчука Р. С., Ясова В. Г. та інших.

Аналіз промислових досліджень і наукових праць за вказаною проблемою виявив, що недостатньо визначений вплив конструкції робочої частини долота різальної дії на енергоємність буріння. Враховуючи вище наведене, а також зростаючі обсяги будівництва похило-скерованих і горизонтальних свердловин, доцільно здійснити дослідження параметрів роботи доліт різальної дії з метою розробки ефективних конструкцій пониженої енергоємності руйнування гірських порід.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана у відповідності з програмами науково-дослідних робіт за договорами по удосконаленню техніко-технологічних засобів процесу буріння нафтогазових свердловин: №№ 88/187 і 89.118.90 з ВНДІБТ (Російська Федерація, м. Москва), № 94.70.95 з Державним комітетом нафтової і газової промисловості України, №№ А 7.1-169/00 і А6.1-170/01 з Державним комітетом Республіки Татарстан по геології та використанню надр (Російська Федерація, м. Казань), №№ А1-4/01 і А2/02 з Міністерством екології та природних ресурсів Республіки Татарстан (Російська Федерація, м. Казань), №№ 131/2000/2481 і 94.2000 з НГВУ «Охтирканафтогаз», №№ 43.2000-44/П і 97.2000 з НГВУ «Чернігівнафтогаз», №№ 57/2001 і 34/2003 з СП «Каштан Петролеум ЛТД», №№ 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 Поста

НТБ
ІФНТУНГ

аїни від 09 грудня 1999 року № 2245.



Мета і задачі дослідження. Метою роботи є підвищення ефективності буріння похило-скерованих і горизонтальних свердловин шляхом вдосконалення породоруйнівних інструментів різальної дії.

Основні задачі дослідження:

1. Аналіз впливу енергоємності буріння породоруйнівними інструментами з полікристалічними алмазними різцями на техніко-економічні показники будівництва похило-скерованих і горизонтальних нафтогазових свердловин.
2. Математичне обґрунтування конструкції робочої частини долота з пониженою енергоємністю буріння.
3. Експериментальні дослідження залежності енергетичних параметрів буріння від форми профілю різальної частини та кількості лопатей долота.
4. Розробка робочої математичної моделі для розрахунку раціональної форми різальної частини долота стосовно заданих умов застосування.
5. Розробка і промислові випробування породоруйнівних інструментів, оснащених ПАР, з пониженою енергоємністю буріння при будівництві похило-скерованих і горизонтальних свердловин.

Об'єкт дослідження. Конструктивні параметри робочої частини породоруйнівних інструментів різальної дії.

Предмет дослідження. Енергетичні показники роботи доліт, оснащених ПАР, для ефективного буріння вибійними двигунами похило-скерованих і горизонтальних свердловин.

Методи дослідження. 1. Аналітична оцінка впливу енергоємності буріння породоруйнівних інструментів з ПАР на техніко-економічні показники буріння похило-скерованих і горизонтальних свердловин. 2. Математичне обґрунтування конструктивних параметрів різальної частини долота з пониженою енергоємністю буріння. 3. Експериментальні дослідження бурових доліт з різними конструкціями різальної частини. 4. Промислові дослідження породоруйнівних інструментів, оснащених ПАР, з пониженою енергоємністю буріння при будівництві вибійними двигунами похило-скерованих і горизонтальних свердловин.

Наукова новизна одержаних результатів.

1. На основі аналітичних і промислових досліджень вперше обґрунтовано необхідність пониження енергоємності конструкцій породоруйнівних інструментів, оснащених полікристалічними алмазними різцями, для підвищення техніко-економічних показників буріння похило-скерованих і горизонтальних нафтогазових свердловин.
2. Запропоновано круглоступінчасту форму профілю різальної частини долота, в якій з метою зменшення енергоємності роботи відстань від осі обертання інструменту до місць сполучення криволінійних сегментів менша від їх найбільших радіусів. Відповідна форма долота захищена авторським свідоцтвом на винахід №1783108.
3. Запропоновано математичну модель для розрахунків прогностичних енергетичних параметрів роботи породоруйнівних інструментів різальної дії з різними конструкціями робочої частини.
4. Експериментально встановлені залежності енергетичних показників роботи бурових доліт від форми профілю різальної частини та кількості лопатей долота, що відображає їх вплив на

енергоємність руйнування порід.

5. Запропоновано форму робочої поверхні бурового долота, в якій для зменшення енергоємності буріння різальна частина виконана у вигляді криволінійних сегментів, що у сусідніх лопатей розташовані на різних відстанях від торця, та зворотних клинів з вершинами на осі обертання інструменту. Вказана форма долота захищена патентами України №3846 і Росії №42571.

Практичне значення одержаних результатів.

1. Розроблено рекомендації по проектуванню різальної частини породоруйнівних інструментів, оснащених ПАР, пониженої енергоємності буріння для будівництва похило-скерованих і горизонтальних нафтогазових свердловин з використанням вибійних двигунів.

2. Експериментальними дослідженнями визначено величини емпіричних коефіцієнтів, що дозволяють практично застосувати запроповану математичну модель для оптимізації форми робочої частини породоруйнівних інструментів різальної дії стосовно заданих умов буріння.

3. Розроблено і впроваджено раціональну конструкцію долота, в якій для зменшення енергоємності буріння різальна частина виконана у вигляді криволінійних сегментів, що у сусідніх лопатей розташовані на різних відстанях від торця, та зворотних клинів з вершинами на осі обертання інструменту.

4. На основі результатів досліджень розроблено й виготовлено чотири конструкції бурових доліт і п'ять конструкцій бурильних головок із запропонованим найменш енергоємним профілем різальної частини для заданих умов буріння вибійними двигунами похило-скерованих та горизонтальних свердловин.

5. Успішно випробувано і впроваджено при будівництві похило-скерованих та горизонтальних свердловин з використанням вибійних двигунів наступні породоруйнівні інструменти, оснащені полікристалічними алмазними різцями, пониженої енергоємності буріння: бурові долота АП-120МС; АП-123МС; бурильні головки АП-118/52МС; АП-123/52МС; АП-144,4/67МС; АП-212,7/100МС-8.

Особистий внесок здобувача. Особисто здобувачем здійснено аналітичні дослідження впливу енергоємності буріння породоруйнівними інструментами різальної дії на техніко-економічні показники будівництва похило-скерованих і горизонтальних нафтогазових свердловин та виконано обробку результатів експериментальних досліджень розбірного долота [9].

Особистий внесок здобувача у працях, опублікованих у співавторстві таких: [1, 2] – розроблено методику проведення експериментальних досліджень і конструкцію розбірного долота та проведено його експериментальні стендові випробування; [3 – 8, 11 – 13] – розроблено породоруйнівні інструменти різальної дії з пониженою енергоємністю буріння, проведено їх промислові випробування та впровадження результатів досліджень у виробництво; [10] – математично обґрунтовано конструктивні параметри різальної частини породоруйнівних інструментів з пониженою енергоємністю буріння.

Апробація результатів роботи. Основні положення дисертаційної роботи доповідались та обговорювались на науково-практичній конференції «Стан і перспективи розвідувального та експлуатаційного буріння і закінчення свердловин в Україні» (м. Харків, 1998р.), на міжнародних науково-технічних конференціях «Проблеми научно-технического прогресса в бурении геолого-

разведочных скважин» (м. Томськ, 1998 р.), «Буровой инструмент – техника и технология его изготовления и применения» (п. Морське, 1998 р.), «Нафта і газ України – 2002» (м. Київ, 2002р.), «Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения» (п. Морське, 2002, 2003 та 2004 р.р.) і «10-ти річчя НДКББ» м. Київ 2003р..

У повному об'ємі результати досліджень доповідались на науково-технічних радах ЗАТ «НДКБ бурового інструменту» з проблем будівництва й відбору керна в похило-скерованих і горизонтальних свердловинах, інтенсифікації й відновлення видобутку в малодобітних та бездіючих свердловинах шляхом буріння бокових стовбурів (м. Київ) в 1997 – 2006 рр., а також на засіданнях кафедри буріння нафтових і газових свердловин Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу в 2006р..

Публікації. За результатами досліджень, які викладені в дисертації, опубліковано 13 наукових праць, в тому числі 1 самостійна, 1 авторське свідоцтво на винахід, 1 патент України та 1 патент Російської Федерації.

Структура дисертаційної роботи. Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновків і додатків. Загальний об'єм роботи 195 сторінок і включає 58 рисунків, 18 таблиць, список літератури із 125 найменувань та 8 додатків.

Автор широ вдячний науковому керівникові к.т.н. Кунцяку Я.В., колективам ЗАТ «НДКБ бурового інструменту», ВАТ «Укрнафта» та ВАТ «Татнефть» за постійну увагу й допомогу при роботі над дисертацією.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, яка досліджена автором, і дається її загальна характеристика.

Перший розділ присвячено аналізу напрямків розвитку породоруйнівних інструментів різальної дії, оснащених ПАР, та їх застосування при бурінні похило-скерованих і горизонтальних свердловин.

Не дивлячись на те, що техніко-економічні показники роботи породоруйнівних інструментів, оснащених ПАР, переважають показники шарошкових конструкцій, сфера застосування доліт різальної дії в спрямованому бурінні обмежена з причин ускладнень, які виникають при їх використанні з вибійними двигунами та спробах оперативного управління траєкторією свердловини. Пов'язано це з підвищенням робочим крутним моментом, який різко змінюється в широкому діапазоні навіть при незначних коливаннях осевого навантаження та при бурінні перемежованих по міцності гірських порід. Така властивість призводить до повертання вибійного двигуна, або його зупинки, що унеможливає поточне управління траєкторією буріння та істотно зменшує техніко-економічні показники проходки. Тому, на момент постановки даних досліджень, в направленому бурінні традиційними техніко-технологічними засобами більшість робіт, які пов'язані з проведенням похило-скерованих і горизонтальних стовбурів, здійснювалось з використанням шарошкових доліт.

Огляд наукових праць вітчизняних і зарубіжних дослідників та джерел інформації показує, що до цього часу не існувало науково-обґрунтованих рекомендацій з розробки ефективних

конструкцій бурових доліт, оснащених ПАР, пониженої енергоємності для умов буріння похило-скерованих і горизонтальних свердловин. Зокрема, недостатньо визначено вплив на енергетичні показники буріння форми профілю різальної частини та кількості лопатей.

Аналіз результатів досліджень, які здійснювались при проведенні похило-скерованих і горизонтальних нафтогазових свердловин різних діаметрів з використанням вибійних двигунів та існуючих конструкцій бурових доліт, оснащених ПАР, свідчить про те, що для досягнення прийнятних техніко-економічних показників проходки необхідно здійснити комплекс робіт по створенню породоруйнівних інструментів з пониженою енергоємністю буріння.

Другий розділ присвячений теоретичним дослідженням конструкції різальної частини долота з пониженою енергоємністю руйнування гірських порід та розробці технічних засобів і методики проведення експериментальних досліджень.

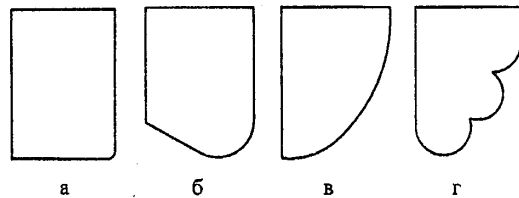


Рис. 1. Варіанти дослідних профілів різальної частини долота:

- а – плоский; б – обернено-конусний;
в – еліптичний; г – круглоступінчастий.

Для бурових доліт з ПАР дослідниками рекомендуються три базових типи профілів різальної частини: плоский, обернено-конусний та еліптичний (рис. 1, відповідно: а, б, в).

Нами було запропоновано круглоступінчастий профіль робочої частини долота (рис. 1, г), який захищений авторським свідоцтвом на винахід №1783108. Його перевагами є: 1) дискретний контакт різальної поверхні з гірською

породою, що забезпечує вивільнення окремих ділянок вибою від стискаючих навантажень і, як наслідок, зменшення затрат енергії на їх руйнування; 2) перекриття в проекції на площину вибою периферійних різців нижче розташованої ступені – оснащенням вище розташованої, що підвищує зносостійкість конструкції.

За допомогою методів математичного моделювання було розраховано для вказаних чотирьох варіантів профілів різальної частини бурового долота прогнольні енергетичні показники процесу буріння: крутний момент, механічну швидкість і питому об'ємну роботу руйнування.

В основу математичної моделі покладено розгляд взаємодії озброєння долота різальною дією з гірською породою під дією осьового навантаження і крутного моменту. Маємо наступні вихідні дані: $f(x)$ – функція, що описує профіль різальної частини інструменту; $\psi(x)$ – функція, що визначає кількість різців на одиницю довжини різальної крайки; r – радіус долота; G – осьове навантаження на породоруйнівний інструмент; ω – кутова швидкість обертання долота.

Нехай (рис. 2): Δl – довжина малої ділянки робочої крайки різця; α – кут між нормаллю до Δl і віссю обертання долота; $v = \omega x$ – швидкість різання; ΔF_z – складова сили різання по осі z ; ΔF_R – сила реакції з боку гірської породи; ΔF_C – складова сили різання по нормалі до Δl ; $\Delta F_C = \Delta F_C + \Delta F_R$ – сумарна складова сил, що діють на Δl по нормалі; v_M – механічна швидкість буріння; $h = \frac{2\pi v_M}{\omega}$ – переміщення

ω

Δl за оберт долота.

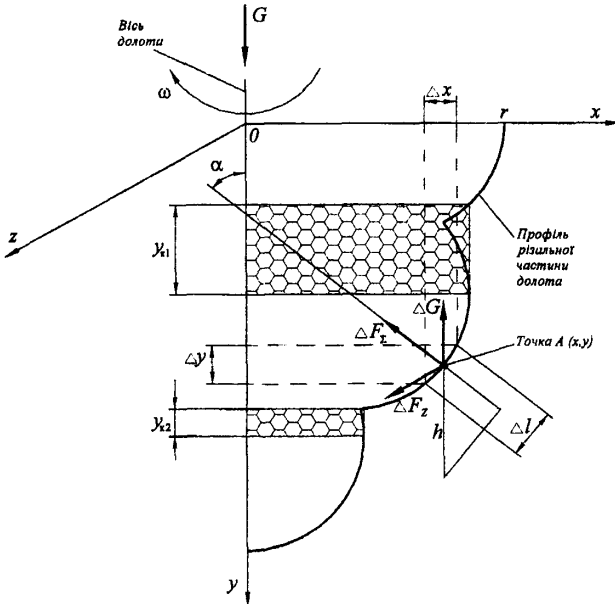


Рис. 2. Розрахункова схема до побудови математичної моделі.

Там, де не вказано інакше, межі інтегрування передбачаються від 0 до r .

Виходячи з наведеного, сила реакції з боку гірської породи, прикладена до Δl в точці $A(x, y)$

$$dF_R = k_R h^a \psi(x)^{1-a} \left[1 + f'^2(x) \right]^{(1-a)/2}. \quad (1)$$

З тих же припущень $dF_C = k_C dF_R v^b. \quad (2)$

Оскільки $dG = dF_{\Sigma} \cos \alpha, \quad (3)$

з урахуванням (1), (2) і (3) маємо

$$G = k_R \left(\frac{2\pi v_M}{\omega} \right)^a \left\{ \int \psi(x)^{1-a} \left[1 + f'^2(x) \right]^{(1-a)/2} dx + k_C \omega^b \int \psi(x)^{1-a} \left[1 + f'^2(x) \right]^{(1-a)/2} x^b dx \right\}. \quad (4)$$

Позначимо вирази

$$\int \psi(x)^{1-a} \left[1 + f'^2(x) \right]^{(1-a)/2} dx = I_1, \quad (5)$$

$$\int \psi(x)^{1-a} \left[1 + f'^2(x) \right]^{(1-a)/2} x^b dx = I_2. \quad (6)$$

З (4) визначали прогнозне значення v_M

$$v_M = \frac{\omega}{2\pi} \left(\frac{G}{k_R(I_1 + k_C \omega^b I_2)} \right)^{\frac{1}{a}}. \quad (7)$$

Прогнозне значення крутного моменту на долоті

$$M = \frac{k_{C_2} \omega^b G \int x^{b+1} \left[\psi(x) \sqrt{1 + f'^2(x)} \right]^{1-a} dx}{I_1 + k_{C_1} \omega^b I_2} \quad (8)$$

Величину питомої об'ємної роботи руйнування визначали за співвідношенням

$$A_V = \frac{4 \pi k_{C_2} \omega^b G \int x^{b+1} \left[\psi(x) \sqrt{1 + f'^2(x)} \right]^{1-a} dx}{\left(I_1 + k_{C_1} \omega^b I_2 \right)^{\frac{1}{a}} \left(\frac{G}{k_R} \right)^{\frac{1}{a}} r^2} \quad (9)$$

Попередні значення коефіцієнтів пропорційності k_R , k_{C_1} , k_{C_2} та показників степеня a і b визначали за величинами v_M , G й M , які отримано в результаті експериментальних досліджень долота з плоским профілем різальної частини, як базового варіанту.

Для продовження досліджень і вираховування дійсних значень вказаних коефіцієнтів прийнято експериментальний метод стендових випробувань модельного зразка бурового долота з комплектами змінних лопатей різного профілю та розроблено методику визначення його параметрів роботи.

З метою розширення об'єму вимірюваної інформації модернізовано буровий стенд БШ-145, конструкції ВНДБТ (м. Москва), шляхом створення та застосування комбінованого активного перетворювача крутного моменту і навантаження, а також встановлення більш досконалого вимірювального струмознімача.

Для проведення стендових досліджень сконструйовано і виготовлено долото діаметром 146 мм під шифром ДЛР-146 (рис. 3) з комплектами змінних лопатей чотирьох профілів: плоского, обернено-конусного, еліптичного й круглоступінчастого. Конструкція долота ДЛР-146 передбачає встановлення 3, 6 та 12 лопатей кожного з 4-х варіантів профілю різальної частини.

Розроблено методику обробки результатів вимірювань і вибрано комплексні критерії оцінки раціональності конструкції різальної частини долота: питому об'ємну роботу руйнування A_V та коефіцієнт динамічності за складовою крутного моменту $K_{\Delta M}$.

Стенові дослідження передбачалося проводити при бурінні експериментальними долотами гірських порід м'яких і середньої твердості, представниками яких

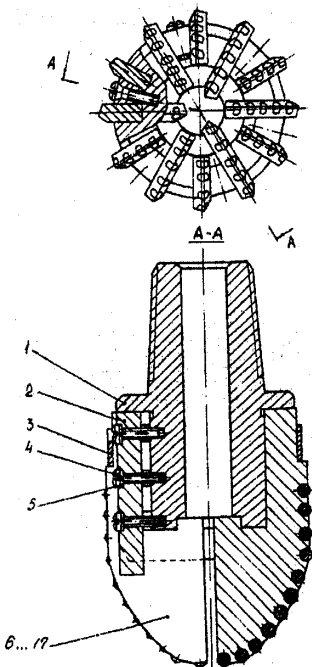


Рис. 3. Конструкція експериментального розбірного долота ДЛР-146:

1 – корпус; 2 – вкладиш; 3 – стопорне кільце; 4 – гвинт; 5 – шайба; 6...17 – змінні лопаті.

обрано, відповідно, цементні блоки та мармур «коелга».

Третій розділ присвячений експериментальним дослідженням доліт з різними формами лопатей та розробці робочої математичної моделі для розрахунку раціональної форми різальної частини долота стосовно заданих умов буріння.

Згідно методики проведення експериментальних стендових досліджень визначення показників роботи доліт з дослідними профілями різальної частини проводили в два етапи: на першому використовували, як вибій, мармур «коелга», на другому – цементні блоки.

При проведенні експериментів на стенді БШ-145 здійснювали ступінчасту зміну параметрів режиму буріння, величини яких становили: осьове навантаження – 15; 20; 25; 30 кН; кутова швидкість обертання долота – 1; 2; 3; 4 с^{-1} .

У результаті проведених експериментів отримані залежності енергетичних і динамічних параметрів буріння долотами з дослідними варіантами різальної частини від осьового навантаження G (рис. 4) та частоти обертання долота ω при незмінній кількості лопатей $m = 12$.

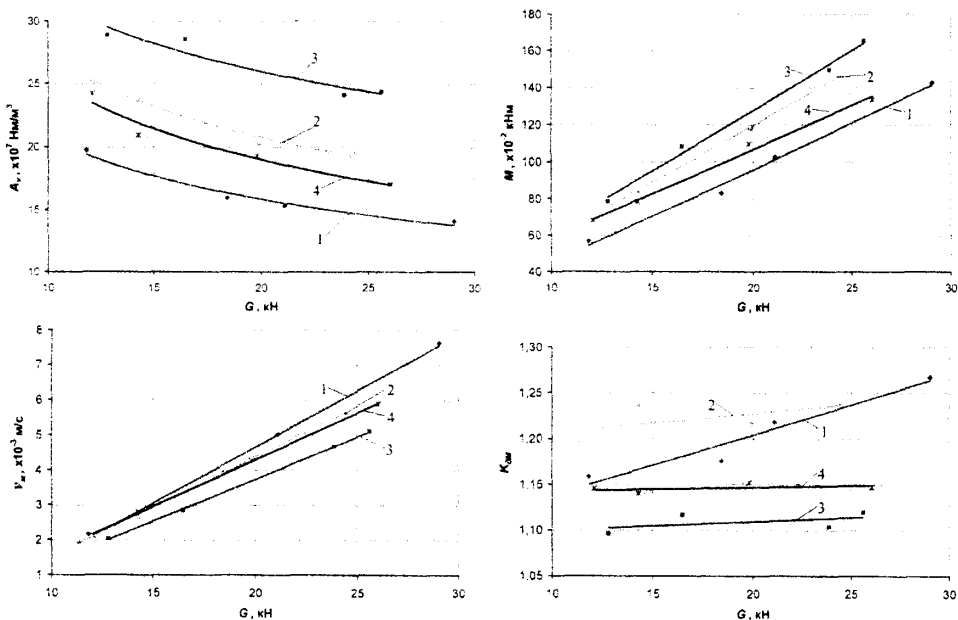


Рис. 4. Залежності параметрів роботи експериментальних доліт від осьового навантаження ($m = 12$; $\omega = 2 \text{ с}^{-1}$; вибій – мармур «коелга»).

Профіль лопатей: 1 – плоский; 2 – обернено-конусний; 3 – еліптичний; 4 – круглоступінчастий.

На рисунку 5 показано діаграми, які відображають порівняння величин параметрів буріння дослідними варіантами доліт при осьовому навантаженні $G = 25 \text{ кН}$ і кутовій швидкості обертання $\omega = 2 \text{ с}^{-1}$.

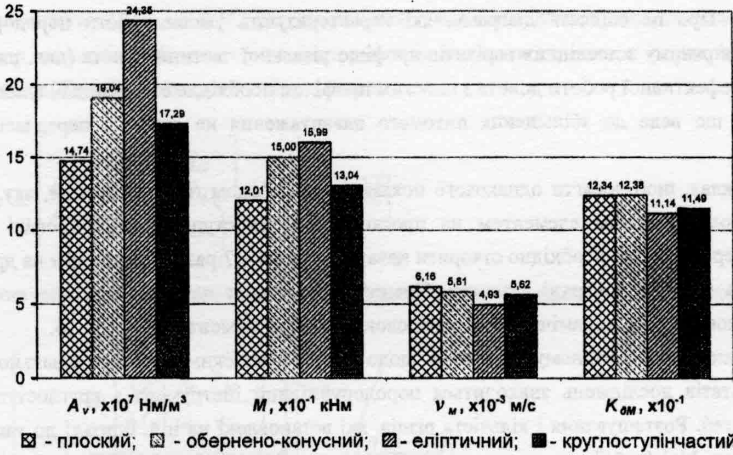


Рис. 5. Порівняння величин параметрів буріння дослідними варіантами доліт за результатами стендових експериментальних досліджень (вибій – мармур «коелга»).

З метою порівняння умов роботи різців при вказаних вище параметрах режиму буріння здійснені розрахунки величин питомого навантаження G/a , питомої об'ємної роботи руйнування A_v та об'єму відділеної від вибою породи Q_v для кожного з дослідних варіантів доліт (рис. 6).

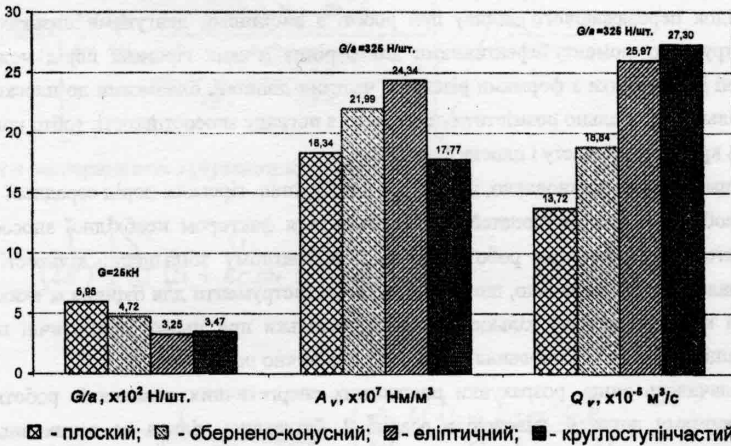


Рис. 6. Порівняння показників, які характеризують умови роботи різців на кожному з дослідних варіантів профілю різальної частини долота (вибій – мармур «коелга»).

На підставі отриманих результатів експериментальних досліджень визначено, що при бурінні гірських порід різної твердості найнижчі показники питомої об'ємної роботи руйнування мають плоска та круглоступінчаста конструкції різальної частини долота. Однак оснащення в долоті з плоским профілем лопатей працює в більш важких умовах, ніж в інших дослідних

конструкціях. Про це свідчать діаграми, які характеризують умови роботи породоруйнівних елементів на кожному з дослідних варіантів профілю різальної частини долота (див. рис. 6). Для забезпечення ефективної роботи долота з плоским профілем необхідне створення більших осьових навантажень, що веде до збільшення питомого навантаження на різець і передчасного його спрацювання.

Наприклад, щоб досягти однакового показника за об'ємом гірської породи, яку вибурено окремим породоруйнівним елементом на плоскому і круглоступінчастому профілі різальної частини, на перше долото необхідно створити навантаження в 1,7 разів більше, ніж на друге. Крім того, різці на плоскій поверхні зазнають більших динамічних навантажень, про що свідчить діаграма для коефіцієнта динамічності за складовою крутного моменту (див. рис. 5).

У значно більш вигідному положенні щодо долота з плоским профілем різальної частини згідно результатів досліджень знаходиться породоруйнівний інструмент з круглоступінчастою формою лопатей. Розташування і кількість різців, які встановлені на ній, близькі до таких, як на еліптичному профілі (найбільш оснащеному). При цьому різальний елемент, який розташований на лопаті круглоступінчастої форми, має найнижче значення питомої об'ємної роботи руйнування гірської породи (див. рис. 6).

На основі проведених експериментів зроблено висновок, що при бурінні порід різної твердості з використанням вибійних двигунів доцільно застосовувати в породоруйнівних інструментах, оснащених ПАР, круглоступінчасту форму лопатей, яка найбільш раціонально сполучає переваги плоскої (найменш енергоємної) і еліптичної (найбільш зносостійкої) форм. Однак, внаслідок переважаючого впливу при роботі з вибійними двигунами низьких величин необхідного крутного моменту ефективними для буріння м'яких гірських порід можуть бути породоруйнівні інструменти з формами різальної частини лопатей, близькими до плоскої, але які дозволяють більш раціонально розмістити оснащення з погляду зносостійкості, тобто конструкції, що поєднують круглоступінчасту і плоску форми.

Експериментально встановлено, що долота для буріння гірських порід середньої твердості доцільно розробляти з числом лопатей, яке визначається фактором необхідної зносостійкості, оскільки енергетичні параметри роботи навіть при кратному збільшенні кількості лопатей змінюються мало. Також визначено, що породоруйнівні інструменти для буріння м'яких гірських порід повинні мати мінімальну кількість лопатей, оскільки при цьому енергетичні параметри роботи найкращі, а фактор спрацювання оснащення порівняно незначний.

Як зазначалось вище, розрахунки прогностичних енергетичних показників роботи доліт з дослідними формами лопатей, наведені в розділі 2, базувались тільки на даних випробувань породоруйнівного інструменту з плоским профілем різальної частини, що обмежило можливості отримання більш вірогідних результатів для інших трьох варіантів.

Враховуючи це, нами були проведені додаткові обчислення на основі наведених експериментальних досліджень з метою визначення дійсних величин коефіцієнтів пропорційності для всіх 4-х дослідних профілів лопатей і створення робочої математичної моделі для розрахунку раціональної форми різальної частини долота стосовно заданих умов застосування.

Значення показників степеня a і b та коефіцієнтів пропорційності k_R , k_{C_1} , k_{C_2} визначали

за відомими величинами v_M , G й M з результатів експериментальних випробувань долота ДЛР-146.

Для n експериментів тим самим інструментом за умови $\omega = const$ і при різних осьових навантаженнях ($G_i \neq G_j$) враховуючи (4) отримаємо

$$a = \left[\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=2}^n \frac{\ln \frac{G_i}{G_j}}{\ln \left(\frac{v_{M_i}}{v_{M_j}} \right)} \right] / \left[\frac{n(n-1)}{2} \right]. \quad (10)$$

Для n експериментів, проведених при різних кутових швидкостях обертання долота з (8) маємо

$$b = \left[\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=2}^n \frac{\ln \frac{M_i \left(\frac{\omega_i v_{M_j}}{\omega_j v_{M_i}} \right)^a}{M_j \left(\frac{\omega_j v_{M_i}}{\omega_i v_{M_j}} \right)^a}}{\ln \left(\frac{\omega_i}{\omega_j} \right)} \right] / \left[\frac{n(n-1)}{2} \right]. \quad (11)$$

З (4) випливає

$$k_{C_1} = \frac{I_1}{I_2} \left[\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=2}^n \frac{1 - G_j \left(\frac{v_{M_j} \omega_i}{v_{M_i} \omega_j} \right)^a}{\frac{\omega_j^{b-a} \omega_i^a G_i \left(\frac{v_{M_i}}{v_{M_j}} \right)^a}{G_j} - \omega_i^b} \right] / \left[\frac{n(n-1)}{2} \right]. \quad (12)$$

Для n експериментів з (4) також випливає

$$k_R = \frac{1}{(2\pi)^a} \left[\sum_{i=1}^n \frac{G_i}{(I_1 + k_{C_1} \omega_i^b I_2)} \left(\frac{\omega_i}{v_{M_i}} \right)^a \right] / n, \quad (13)$$

а з (8)

$$k_{C_2} = \frac{1}{\int x^{b+1} \left[\psi(x) \sqrt{1 + f'^2(x)} \right]^{1-a} dx} \left(\sum_{i=1}^n \frac{M_i (I_1 + k_{C_1} \omega_i^b I_2)}{G_i \omega_i^b} \right) / n. \quad (14)$$

Отримані згідно співвідношень (10) – (14) дійсні величини констант для чотирьох дослідних профілів лопатей використовуються ЗАТ «НДКБ бурового інструменту» при розрахунках прогнозних показників роботи нових конструкцій породоруйнівних інструментів різальної дії в процесі їх розробки для заданих умов буріння вибійними двигунами горизонтальних і похило-скерованих свердловин.

Четвертий розділ присвячений розробці конструкцій породоруйнівних інструментів різальної дії з пониженою енергоємністю буріння.

В основу створення нових конструкцій доліт з ПАР для буріння вибійними двигунами похило-скерованих і горизонтальних свердловин покладено результати проведених досліджень, які дозволяють понизити енергоємність роботи інструменту при його раціональному оснащенні й підвищити ефективність руйнування породи різанням, а саме:

1. Запропоновану круглоступінчасту форму різальної частини лопатей і методику розрахунку зносостійкого розташування різців на їх робочих поверхнях.
2. Математичну модель для розрахунку прогнозних значень енергетичних характеристик роботи породоруйнівних інструментів з ПАР.
3. Методику визначення кількості оснащення та числа лопатей з урахуванням конкретних геолого-технічних умов.

3 використанням розробленої математичної моделі та експериментально визначених величин емпіричних коефіцієнтів оптимізовано конструкції породоруйнівних інструментів різальної дії для буріння вибійними двигунами похило-скерованих і горизонтальних свердловин.

Розроблено й захищено патентами України №3846 і Росії №42571 конструкцію бурового долота, в якій для зменшення енергоємності буріння різальна частина виконана у вигляді криволінійних сегментів, що у сусідніх лопатей розташовані на різних відстанях від торця, та зворотних клинів з вершинами на осі обертання інструменту (рис. 7).

На основі результатів проведених теоретичних і експериментальних досліджень бурових доліт різальної дії розроблена конструкторська документація на наступні породоруйнівні інструменти пониженої енергоємності буріння для будівництва похило-скерованих і горизонтальних нафтогазових свердловин з використанням вибійних двигунів: бурові долота АП-120МС, АП-123МС, АП-138,2МС та АП-214,3МС; бурильні головки АП-118/52МС, АП-123/52МС, АП-144,4/67МС, АП-212,7/100МС-8, АП-212,7/100МС-6 та АП-212,7/100МС-5.

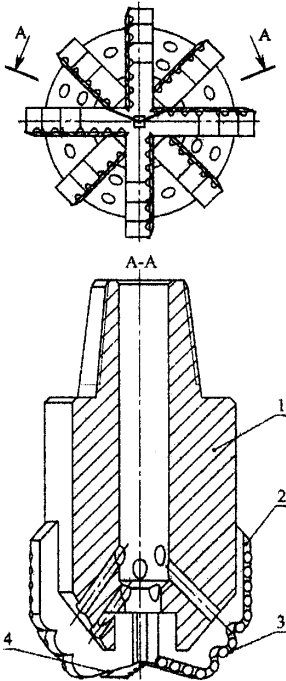


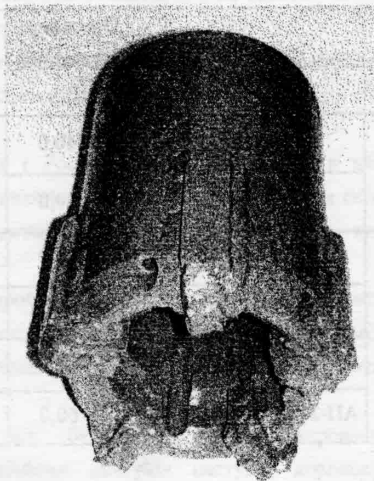
Рис. 7. Типова конструкція бурового долота, форма робочої частини якого захищена патентами:

- 1 – корпус; 2 – лопать; 3 – криволінійний сегмент; 4 – зворотний клин.

Виготовлення дослідних зразків і партій породоруйнівних інструментів з пониженою енергоємністю буріння (чотирьох конструкцій бурових доліт і п'яти – бурильних головок) організовано та здійснено на Дослідному заводі Інституту надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України. На рисунку 8 представлено фотографії бурового долота АП-214,3МС та бурильної головки АП-212,7/100МС-5, які виготовлено за результатами наведених у даній роботі досліджень.



а



б

Рис. 8. Породоруйнівні інструменти з пониженою енергоємністю роботи для буріння вибійними двигунами похило-скерованих та горизонтальних свердловин:

а – бурове долото АП-214,3МС; б – бурильна головка АП-212,7/100МС-5.

У п'ятому розділі приведені результати промислових випробувань і впровадження породоруйнівних інструментів з пониженою енергоємністю роботи при бурінні похило-скерованих та горизонтальних свердловин.

Промислові випробування та впровадження розроблених породоруйнівних інструментів здійснювали на нафтогазових родовищах ВАТ «Укрнафта» й ВАТ «Татнефть». Результати проведених робіт наведено в таблиці 1.

На свердловинах №155 і №23 Качанівського родовища ВАТ «Укрнафта» вперше у практиці буріння гвинтовими вибійними двигунами свердловин діаметром 120 мм з використанням експериментальних бурових доліт пониженої енергоємності руйнування гірських порід АП-120МС успішно здійснено коригування параметрів траєкторії стовбурів.

Вперше у світі з використанням бурильних головок пониженої енергоємності буріння АП-212,7/100МС-8 і гвинтових вибійних двигунів на родовищах ВАТ «Татнефть» проведено відбір керн суцільним інтервалом в горизонтальній свердловині № 1073г-Чегодаївська довжиною 100 м та похило-скерованій №38275г-Куакбашська – 87 м. Вихід керн склав 99 і 100 процентів, відповідно.

Результати промислових випробувань і впровадження породоруйнівних інструментів з пониженою енергоємністю роботи при бурінні похило-скерованих та горизонтальних свердловин

Породоруйнівний інструмент		Параметри режиму буріння		Середня механічна швидкість буріння, м/год.	Середня проходка на інструмент, м	Об'єм впровадження, шт.
Тип	Шифр	Осьове навантаження, кН	Частота обертів, с ⁻¹			
Долото	АП-120МС	10,0 - 40,0	2,6 - 3,8	0,89	87,7	3
	АП-123МС	10,0 - 30,0	2,0 - 3,0	1,84	65,0	6
Бурильна головка	АП-118/52МС	15,0 - 40,0	1,8 - 2,0	0,92	24,6	1
	АП-123/52МС	10,0 - 60,0	1,8 - 2,0	2,40	18,3	3
	АП-144,4/67МС	20,0 - 30,0	1,0 - 3,8	1,98	32,0	3
	АП-212,7/100МС-8	30,0 - 60,0	1,3 - 3,2	1,70	70,2	15

Успішно випробувано і впроваджено при будівництві похило-скерованих та горизонтальних свердловин з використанням вибійних двигунів наступні породоруйнівні інструменти різальної дії пониженої енергоємності буріння: бурові долота АП-120МС; АП-123МС; бурильні головки АП-118/52МС; АП-123/52МС; АП-144,4/67МС; АП-212,7/100МС-8.

Економічний ефект від впровадження нових породоруйнівних інструментів з пониженою енергоємністю при будівництві похило-скерованих і горизонтальних свердловин на нафтогазових родовищах склав 671094,7 гривень.

ВИСНОВКИ

У дисертації наведене теоретичне узагальнення і нове вирішення на основі експериментальних досліджень науково-практичної задачі проектування породоруйнівних інструментів різальної дії з пониженою енергоємністю роботи для будівництва похило-скерованих та горизонтальних свердловин. Одержано наступні основні результати.

1. В результаті проведених аналітичних і промислових досліджень визначено, що для покращення техніко-економічних показників будівництва похило-скерованих та горизонтальних нафтогазових свердловин з використанням вибійних двигунів, необхідне створення породоруйнівних інструментів різальної дії пониженої енергоємності буріння.
2. На основі теоретичних і експериментальних досліджень бурових доліт різальної дії встановлені залежності енергетичних параметрів їх роботи від форми профілю та кількості

лопатеї, що дозволило запропонувати найбільш раціональні конструкції робочої частини породоруйнівних інструментів для заданих умов буріння похило-скерованих та горизонтальних свердловин.

3. Запропоновано та підтверджено експериментальними і промисловими дослідженнями ефективність круглоступінчастого профілю різальної частини долота, в якому відстань від осі обертання інструменту до місць сполучення криволінійних сегментів менша від їх найбільших радіусів. Відповідна конструкція долота захищена авторським свідоцтвом на винахід та дозволяє при збільшенні зносостійкості понизити енергоємність буріння.

4. Розроблено математичну модель і експериментально визначено емпіричні коефіцієнти для розрахунків прогнозних енергетичних параметрів роботи породоруйнівних інструментів різальної дії з різними формами робочої частини.

5. Розроблено й захищено патентами України і Росії конструкцію долота, в якій для зменшення енергоємності буріння різальна частина виконана у вигляді криволінійних сегментів, що у сусідніх лопатей розташовані на різних відстанях від торця, та зворотних клинів з вершинами на осі обертання інструменту.

6. За результатами проведення досліджень розроблено й виготовлено чотири конструкції бурових доліт і п'ять конструкцій бурильних головок з запропонованим найменш енергоємним профілем різальної частини для заданих умов буріння похило-скерованих та горизонтальних свердловин.

7. Успішно випробувано і впроваджено при будівництві похило-скерованих та горизонтальних свердловин з використанням вибійних двигунів наступні породоруйнівні інструменти, оснащені полікристалічними алмазними різцями, пониженої енергоємності буріння: бурові долота АП-120МС; АП-123МС; бурильні головки АП-118/52МС; АП-123/52МС; АП-144,4/67МС; АП-212,7/100МС-8.

8. Найбільш вагомими результатами відпрацювання отримані для бурильних головок з пониженою енергоємністю роботи АП-212,7/100МС-8, яких використано при відборі керна в горизонтальних і похило-скерованих свердловинах на родовищах ВАТ «Татнефть» 15 штук. Вони переважають кращі серійні конструкції по проходці на 42 – 100 % при рівній або на 35 % вищій механічній швидкості буріння та забезпечують збільшення виходу керна на 22 – 23 %.

ОСНОВНІ ПУБЛІКАЦІЇ ПО РОБОТІ

1. Влияние формы профиля режущих долот на энергетические и динамические параметры их работы / Кунцяк Я.В., Гаврилов Я.С., Мартынюк Д.М., Бровер А.А., Комлягина Н.Н., Агошавили Т.Г. // Строительство нефтяных скважин на суше и на море. – М.: ВНИИОЭНГ, 1993. – №1-2. – С. 29-34.
2. Вплив кількості лопатей в породоруйнівних інструментах різальної дії на ефективність процесу буріння / Кунцяк Я.В., Агошавилі Т.Г., Гаврилов Я.С., Мартинюк Д.М. // Нафтова і газова промисловість. – 1995. – № 3. – С. 19-22.
3. Кунцяк Я.В., Мартинюк Д.М., Мрозек Р.Є. Промислові випробування технічних засобів для відбору керна в похило-спрямованих та горизонтальних свердловинах // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2001. – №1. – С. 84-85.

4. Кунцяк Я.В., Мартинюк Д.М., Мрозек Р.С. Відбір керн в горизонтальній свердловині малого діаметра // Нафтова і газова промисловість. – 2002. – №4. – С. 22-23.
5. Кунцяк Я.В., Мрозек Р.С., Мартинюк Д.М. Особливості відбору керн в похило-спрямованих та горизонтальних свердловинах на родовищах ВАТ «Укрнафта» // Мінеральні ресурси України. – 2002. – №3. – С. 30-31.
6. Технические средства для отбора керн из горизонтальных скважин / Кунцяк Я.В., Гаврилов Я.С., Дубленич Ю.В., Мартынюк Д.М., Мрозек Р.Е., Зубарев В.И., Куринов А.И. // Бурение и нефть. – 2003. – №2. – С. 40-42.
7. Отбор керн в горизонтальных скважинах малого диаметра / Гаврилов Я.С., Кунцяк Я.В., Мрозек Р.Е., Мартынюк Д.М., Зубарев В.И., Куринов А.И. // Бурение и нефть. – 2003. – №4. – С. 27-28.
8. Технічні засоби буріння нафтових і газових свердловин / Кунцяк Я.В., Гаврилов Я.С., Дубленич Ю.В., Мартинюк Д.М., Мрозек Р.С., Зубарев В.І., Куринов А.І. // Нафтова і газова промисловість. – 2003. – №3. – С. 20-22.
9. Мартинюк Д.М. Зниження енергоємності доліт різальної дії // Сборник научных трудов «Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения». – К. : ИСМ им. В. Н. Бакуля, ИПЦ АЛКОН НАНУ, 2004. – С. 38-39.
10. Кунцяк Я.В., Мартинюк Д.М. Математична модель для розрахування раціональної форми різальної частини долота // Нафтова і газова промисловість. – 2006. – № 3. – С. 12-16.
11. Буровое долото: А. с. 1783108 СССР, МКИ Е 21 В 10/52 / Я.В. Кунцяк, Ю.В. Дубленич, Я.С. Гаврилов, Д. М. Мартынюк, А. Г. Мессер, Т. Г. Агошавили, В. У. Урумян (СССР). – № 4859044; Заявлено 13.08.90; Опубл. 23.12.92., Бюл. № 47. – 4 с. ил.
12. Пат. 3846 України, МПК 7 Е 21 В 10/52. Бурове долото / Д.М. Мартинюк, Я.В. Кунцяк, Ю.В. Дубленич (UA).– № 2004032188; Заявлено 24.03.04; Опубл. 15.12.04. Бюл. № 12. – 4 с. ил.
13. Пат. 42571 Российской Федерации, МКИ Е 21 В 10/52. Буровое долото / Д.М. Мартынюк, Я.В. Кунцяк, Ю.В. Дубленич (UA). – № 2004123828; Заявлено 05.08.04; Опубл. 10.12.04, Бюл. № 34. – 4 с. ил.

АНОТАЦІЯ

Мартинюк Д.М. Вдосконалення породоруйнівних інструментів різальної дії для буріння похило-скерованих і горизонтальних свердловин. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.10 – Буріння свердловин. – Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, 2007.

Дисертацію присвячено розробці породоруйнівних інструментів різальної дії, оснащених полікристалічними алмазними різцями, для буріння вибійними двигунами похило-скерованих та горизонтальних свердловин. Основні положення дисертації опубліковані в 13 наукових працях.

В результаті аналітичних і промислових досліджень визначено, що для покращення техніко-економічних показників будівництва похило-скерованих та горизонтальних нафтогазових свердловин з використанням вибійних двигунів, необхідне створення породоруйнівних інструментів різальної дії пониженої енергоємності буріння.

На основі теоретичних і експериментальних досліджень бурових доліт різальної дії встановлені залежності енергетичних параметрів їх роботи від форми профілю та кількості лопатей, які дозволяють запропонувати найбільш раціональні конструкції робочої частини породоруйнівних інструментів для заданих умов буріння похило-скерованих та горизонтальних свердловин.

Розроблено математичну модель і експериментально визначено емпіричні коефіцієнти для розрахунків прогнозних енергетичних параметрів роботи породоруйнівних інструментів різальної дії з різними формами робочої частини.

Успішно випробувано й впроваджено при будівництві вибійними двигунами похило-скерованих та горизонтальних свердловин дві конструкції бурових доліт і чотири конструкції бурильних головок з запропонованим для заданих умов буріння найменш енергоємним профілем різальної частини.

Ключові слова: породоруйнівний інструмент, бурове долото, бурильна головка, полікристалічний алмазний різець, вибійний двигун, похило-скерована свердловина, горизонтальна свердловина.

АННОТАЦИЯ

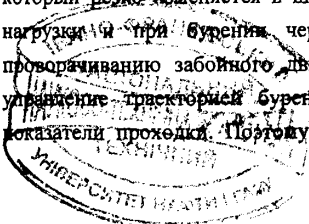
Мартынюк Д.М. Усовершенствование породоразрушающих инструментов режущего действия для бурения наклонно-направленных и горизонтальных скважин. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.15.10 – Бурение скважин. – Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, Ивано-Франковск, 2007.

Диссертация посвящена разработке породоразрушающих инструментов режущего действия, оснащенных поликристаллическими алмазными режущими кромками, для бурения забойными двигателями наклонно-направленных и горизонтальных скважин. Основные положения диссертации опубликованы в 13 научных работах.

В результате аналитических и промышленных исследований определено, что для улучшения технико-экономических показателей строительства наклонно-направленных и горизонтальных скважин с использованием забойных двигателей, необходимо создание породоразрушающих инструментов режущего действия пониженной энергоёмкости бурения.

Не смотря на то, что технико-экономические показатели работы породоразрушающих инструментов, оснащенных ПАР, превышают показатели шарошечных конструкций, сфера применения долот режущего действия в направленном бурении ограничена из-за осложнений, которые возникают при их использовании с забойными двигателями и попытках оперативного управления траекторией скважины. Связаны они с повышенным рабочим крутящим моментом, который резко изменяется в широком диапазоне даже при незначительных колебаниях осевой нагрузки и при бурении чередующихся по прочности горных пород. Это приводит к проворачиванию забойного двигателя, или его остановке, что делает невозможным текущее управление траекторией бурения и существенным образом снижает технико-экономические показатели проходки. Поэтому, на момент постановки данных исследований, в направленном



бурении традиционными технико-технологическими средствами большинство работ, которые связаны с набором угла, исправлениями траектории скважины, проведением наклонных и горизонтальных стволов, осуществляются с использованием шарошечных долот.

Теоретически исследовано конструкции режущей части долота с пониженной энергоемкостью разрушения горных пород. Разработаны технические средства и методика проведения экспериментов. Проведены экспериментальные стендовые исследования долот с разными формами лопастей: плоской, обратно-конусной, эллиптической и круглоступенчатой.

Определение показателей работы долот с исследуемыми профилями режущей части проводили в два этапа: на первом использовали в качестве забоя мрамор «коелга», на втором – цементные блоки.

При проведении экспериментов осуществляли ступенчатое изменение параметров режима бурения, величины которых составляли: осевая нагрузка – 15; 20; 25; 30 кН; угловая скорость вращения долота – 1; 2; 3; 4 с⁻¹.

На основе теоретических и экспериментальных исследований буровых долот режущего действия установлены зависимости энергетических параметров их работы от формы профиля и количества лопастей, которые позволили предложить наиболее рациональные конструкции рабочей части породоразрушающих инструментов для заданных условий бурения наклонно-направленных и горизонтальных скважин.

Предложено круглоступенчатую форму профиля режущей части долота, в которой с целью уменьшения энергоемкости работы расстояние от оси вращения инструмента до точек соединения криволинейных сегментов меньше их наибольших радиусов. Соответствующая конструкция долота защищена авторским свидетельством на изобретение №1783108, а ее эффективность подтверждена экспериментальными и промышленными исследованиями.

Экспериментальными исследованиями установлено, что изменение количества лопастей незначительно влияет на энергоемкость работы породоразрушающих инструментов режущего действия. Следовательно, для бурения горных пород разной твердости целесообразно разрабатывать долота с числом лопастей, которое определяется фактором необходимой износостойкости.

Разработана математическая модель и экспериментально определены эмпирические коэффициенты для расчетов прогнозных энергетических параметров работы породоразрушающих инструментов режущего действия с различными формами рабочей части.

Предложена форма рабочей поверхности бурового долота, в которой для уменьшения энергоемкости бурения режущая часть выполнена в виде криволинейных сегментов, которые у соседних лопастей расположены на разных расстояниях от торца, и обратных клиньев с вершинами на оси вращения инструмента. Указанная форма долота защищена патентами Украины №3846 и Российской Федерации №42571.

Изготовление опытных образцов и партий породоразрушающих инструментов с пониженной энергоемкостью бурения (четыре конструкции буровых долот и пяти – бурильных головок) организовано и осуществлено на Экспериментальном заводе Института сверхтвердых материалов им. В.М. Бакуля НАН Украины.

Промысловые испытания и внедрение разработанных породоразрушающих инструментов осуществляли на нефтегазовых месторождениях ОАО «Укрнефть» и ОАО «Татнефть». Успешно испытано и внедрено при строительстве наклонно-направленных и горизонтальных скважин две конструкции буровых долот и четыре конструкции бурильных головок с предложенной для заданных условий бурения наименее энергоемкой формой режущей части.

Ключевые слова: породоразрушающий инструмент, буровое долото, бурильная головка, поликристаллический алмазный резец, забойный двигатель, наклонно-направленная скважина, горизонтальная скважина.

ABSTRACT

Martynyuk D.M. Development of the fixed cutter bits for drilling directional and horizontal wells. – Manuscript.

Thesis for a candidate's degree in engineering sciences of speciality 05.15.10 – Well drilling. – The Ivano-Frankivsk national technical university of oil and gas, Ivano-Frankivsk, 2007.

The dissertation is devoted to development of PDC (polycrystalline diamond compact) bits for drilling of directional and horizontal wells. There are 13 scientific works, which contain main results of researches.

Analytical researches and field tests indicate a necessity of PDC bit designs for overall economics improvement of drilling directional and horizontal wells with a downhole motor application. Development of the fixed cutter bit designs with low energy consumption is necessary.

On the basis of theoretical and experimental researches are found the relations between drilling energy parameters and fixed cutter bit designs (profile and quantity of blades). That helps to design PDC bits for drilling directional and horizontal wells pursuant to given conditions.

The mathematical model for energy parameter calculations of a PDC bit activity is improved. Experimentally trial-and-error factors for different form of PDC bits are determined.

Two PDC bit designs and four core bit designs with low energy consumption at drilling by downhole motors of directional and horizontal wells were successfully tested and introduced.

Keywords: rock cutting tool, drilling bit, core bit, polycrystalline diamond compact cutter, downhole motor, directional well, horizontal well.