ЗАКРИТЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО «НАУКОВО-ДОСЛІДНЕ І КОНСТРУКТОРСЬКЕ БЮРО БУРОВОГО ІНСТРУМЕНТУ»

на правах рукопису

МАРТИНЮК Дмитро Михайлович

УДК 622.24.051

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

Спеціальність 05.15.10 – Буріння свердловин

ДИСЕРТАЦІЯ

на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Науковий керівник

Кунцяк Ярослав Васильович

кандидат технічних наук

Всі примірники дисертації ідентичні за змістом
Вчений секретар спец. вченої ради Д 20.052.02 /І.М. Ковбасюк/
13.12.2006 р.

Підпис І.М. Ковбасюка
посвідчую /В. Процюк/
13.12.06.

Київ – 2006

ЗМІСТ

ВСТУП..... 5

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ РОЗВИТКУ КОНСТРУКЦІЙ ПОРОДОРУЙНІВНИХ ІНСТРУМЕНТІВ РІЗАЛЬНОЇ ДІЇ І ШЛЯХИ ЇХ УДОСКОНАЛЕННЯ ДЛЯ УМОВ БУРІННЯ ПОХИЛО-СКЕРОВАНИХ ТА ГОРИЗОНТАЛЬНИХ СВЕРДЛОВИН..... 12

1.1. Аналіз факторів (чинників), що впливають на ефективність буріння похило-скерованих і горизонтальних свердловин сучасними породоруйнівними інструментами різальної дії..... 12

1.1.1. Підбір і розробка доліт з полікристалічними алмазними різцями (ПАР)..... 13

1.1.2. Вибір оптимальних параметрів режиму буріння..... 16

1.1.3. Організація робіт при використанні породоруйнівних інструментів з ПАР..... 21

1.2. Основні напрями розвитку конструкцій породоруйнівних інструментів різальної дії і застосування їх для похило-спрямованого та горизонтального буріння..... 21

1.2.1. Полікристалічні алмазні різці..... 22

1.2.2. Розвиток конструкцій породоруйнівних інструментів з ПАР..... 26

Висновки до розділу..... 33

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ..... 34

2.1. Дослідження конструкції долота з пониженою енергоємністю руйнування гірських порід методами математичного моделювання..... 34

2.2. Основні положення методики проведення експериментальних досліджень..... 45

РОЗДІЛ 5
ПРОМИСЛОВІ ВИПРОБУВАННЯ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ РОЗРОБЛЕНИХ ПОРОДОРУЙНІВНИХ ІНСТРУМЕНТІВ РІЗАЛЬНОЇ ДІЇ З ПОНИЖЕНОЮ ЕНЕРГОЄМНІСТЮ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД ПРИ БУРІННІ ПОХИЛО-СКЕРОВАНИХ І ГОРИЗОНТАЛЬНИХ СВЕРДЛОВИН..... 154

5.1. Промислові випробування та впровадження бурових доліт..... 154

5.2. Промислові випробування та впровадження бурильних головок..... 163

Висновки до розділу..... 181

ВИСНОВКИ 182

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ..... 184

ДОДАТКИ..... 196

Додаток А..... 197

Додаток Б..... 199

Додаток В..... 200

Додаток Д..... 206

Додаток Е..... 211

Додаток Ж..... 215

Додаток З..... 221

Додаток К..... 228

ВСТУП

Актуальність теми. У відповідності з комплексною національною програмою «Нафта і газ України до 2010 року» у 2004 – 2005 роках досягнуто зростання рівня видобутку нафти і газу на 10 – 15 процентів та передбачається подальше його збільшення. Вирішення цієї проблеми не може бути досягнуте без збільшення об'єму бурових робіт, в тому числі буріння похило-скерованих і горизонтальних свердловин. Також, резервом підвищення рівня видобування нафти і газу є відновлення старого і бездіючого фонду свердловин з бурінням похило-скерованих та горизонтальних свердловин малого діаметру. Одними з найважливіших завдань при бурінні скерованих свердловин є правильний підбір та розробка техніко-технологічних засобів для конкретних, часто достатньо складних, геолого-технічних умов. Зокрема, 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. Вони забезпечують (при відповідній потужності, що передається долоту, й оптимальних технологічних режимах) вищу механічну швидкість буріння і проходку в порівнянні з алмазними та трьохшарошковими конструкціями.

Сьогодні широкий спектр конструктивних рішень дозволяє ефективно використовувати породоруйнівні інструменти, оснащені ПАР, для будівництва нафтогазових свердловин. Однак, підвищена енергоємність конструкцій бурових доліт 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.

Дана закономірність спостерігалась співробітниками ЗАТ «НДІКБ бурового інструменту» при проведенні горизонтальних свердловин і відборі керна в них серійними породоруйнівними інструментами на Україні та в Росії. Про обмеження застосування доліт, оснащених ПАР, внаслідок підвищеного крутного моменту при роботі з керованими компоновками низу бурильної колони відзначається фахівцями Hughes Christensen, НВП «Буринтех», ВАТ «Сургутнефтегаз» та іншими.

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., Владиславлєва В. С., Вовчановського І. Ф., 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.), Нікітіна С. В., Норріса Ж. А. (Norris J.A.), Савостьянова В. Г., Сінора Л. А. (Sinor L.A.), Співака А. І., Сулакшина С. С., 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. Актуальним є проведення досліджень і розробка породоруйнівних інструментів, оснащених ПАР, з пониженою питомою об'ємною роботою руйнування гірських порід.

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/II 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 Постановою Кабінету Міністрів України 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 прогнозних 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 запропоновану 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 [51].

Особистий внесок здобувача у працях, опублікованих у співавторстві такий: [20, 22] – розроблено методику проведення експериментальних досліджень і конструкцію розбірного долота та проведено його експериментальні стендові випробування; [16, 45, 46, 48, 60, 62, 63, 84, 85] – розроблено породоруйнівні інструменти різальної дії з пониженою енергоємністю буріння, проведено їх промислові випробування та впровадження результатів досліджень у виробництво; [44] – 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 «Проблемы научно-технического прогресса в бурении геолого-разведочных скважин» (м. Томськ, 1998р.), «Буровой инструмент – техника и технология его изготовления и применения» (п. Морське, 1998р.), «Нафта і газ України – 2002» (м. Київ, 2002р.), «Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения» (п. Морське, 2002, 2003 та 2004р.р.) і «10-ти річчя НДІКБ БІ» м. Київ 2003р..

У повному об'ємі результати досліджень доповідались на науково-технічних радах ЗАТ «НДІКБ бурового інструменту» з проблем будівництва й відбору керна в похило-скерованих і горизонтальних свердловинах, інтенсифікації й відновлення видобутку в малодебітних 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.

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

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ РОЗВИТКУ КОНСТРУКЦІЙ ПОРОДОРУЙНІВНИХ ІНСТРУМЕНТІВ РІЗАЛЬНОЇ ДІЇ І ШЛЯХИ ЇХ УДОСКОНАЛЕННЯ ДЛЯ УМОВ БУРІННЯ ПОХИЛО-СКЕРОВАНИХ ТА ГОРИЗОНТАЛЬНИХ СВЕРДЛОВИН

1.1. Аналіз факторів (чинників), що впливають на ефективність буріння похило-скерованих і горизонтальних свердловин сучасними породоруйнівними інструментами різальної дії

В останні роки спостерігається збільшення об'ємів будівництва похило-скерованих та горизонтальних нафтогазових свердловин. Як відомо, їх буріння простіше й економічно вигідніше здійснювати за допомогою вибійних двигунів [10, 13, 30, 36, 92].

Не дивлячись на те, що техніко-економічні показники роботи породоруйнівних інструментів, оснащених ПАР, переважають показники шарошкових конструкцій, сфера застосування доліт різальної дії в скерованому бурінні обмежена з причин ускладнень, які виникають при їх використанні з вибійними двигунами та спробах оперативного управління траєкторією свердловини [30, 35, 53, 55, 67, 97, 99, 102, 111, 112, 118, 121, 124].

Пов'язано це зі значною зміною величини необхідного крутного моменту на протязі поточної проходки за оберт долота, яка, в свою чергу, також залежить від осьового навантаження і міцності гірських порід. Така властивість призводить до того, що навіть при незначних змінах осьового навантаження, які виникають внаслідок зависання бурильної колони на стінках свердловини і нерівномірності подачі інструменту, а також при бурінні перемежованих по міцності гірських порід, величина необхідного крутного моменту різко змінюється в широкому діапазоні. Різка зміна моменту приводить до провертання гвинтового вибійного двигуна, або його зупинки, що унеможливлює поточне управління траєкторією буріння та істотно зменшує

техніко-економічні показники проходки.

На момент постановки даних досліджень в спрямованому бурінні традиційними техніко-технологічними засобами більшість робіт, які пов'язані з набором кута, виправленнями траєкторії свердловини, проведенням похилих і горизонтальних стовбурів, здійснюється з використанням шарошкових доліт.

Поліпшення продуктивності роботи породоруйнівних інструментів з ПАР вимагає глибокого аналізу і розуміння комплексних факторів, що включають міцність гірської породи, режим буріння, систему бурового устаткування, промивне середовище, зовнішні умови на вибої свердловини тощо.

Чинники, що впливають на ефективність буріння похило-скерованих і горизонтальних свердловин сучасними породоруйнівними інструментами різальної дії з ПАР, можна умовно поділити на такі три категорії:

1) підбір і розробка доліт для заданих умов застосування;
2) вибір параметрів режиму буріння;
3) організація робіт.

Розглянемо влив факторів кожної категорії докладно.

1.1.1. Підбір і розробка доліт з полікристалічними алмазними різцями. Продуктивність буріння долотами з ПАР можна значно поліпшити шляхом їх підбору для заданих специфічних умов застосування. Нова технологія виготовлення породоруйнівних інструментів з ПАР і детальний аналіз результатів їхнього відпрацювання, проведений за допомогою комп'ютерних програм, дозволяють легко вибрати необхідний тип долота в залежності від фізико-механічних властивостей гірських порід і тим самим значно підвищити ефективність їх роботи.

Фахівці багатьох бурових підприємств вибирають долота з урахуванням твердості й абразивності гірських порід, геометрії стовбура свердловини, способу буріння, типу бурового розчину. Маючи методичний посібник, можна швидко зорієнтуватися у виборі типу долота по характеристиках гірських порід, а також провести зіставлення з типами шарошкових доліт, що широко використовуються в даному регіоні.

Міжнародна асоціація бурових підрядчиків (IADC – International Association of Drilling Contractors) розробила систему чотирьохзначної кодової класифікації бурових доліт різальної дії (IADC fixed cutter drill bit classification) згідно їх конструктивних особливостей та твердості порід, якою виділяється дев'ять типів породоруйнівних інструментів [122].

Також допомагають полегшити вибір долота з ПАР розроблені фірмами-виробниками каталоги, де надаються докладні характеристики породоруйнівних інструментів [35, 58, 98, 104, 120].

Наприклад, фірма Hughes Christensen пропонує вибирати тип долота з ПАР і спосіб буріння згідно характеристик гірських порід по твердості й абразивності, а також – літологічній відповідності порід та коду породоруйнівних інструментів відповідно класифікації IADC [98].

В останні роки фірми-виробники пропонують долота з ПАР для буріння похило-скерованих і горизонтальних стовбурів свердловин [23, 35, 58, 98, 104, 120]. Вони призначені для використання в компоновці з спеціальними роторно-керованими системами буріння – RSS (Rotary Steerable System), які забезпечують в процесі роботи постійний контроль і управління відхилювачем при обертанні бурильної колони [2,123, 117, 119, 124].

Повсюдно буровики використовують офіційні звіти пробурених раніше свердловин для вибору доліт, що будуть мати прийнятну продуктивність буріння. Ці звіти, що містять перелік певних типів доліт, використовуються на кожному родовищі та дозволяють вибрати оптимальне навантаження на долото і частоти обертання.

З цієї інформації також можна визначити передбачуваний термін роботи й параметри проходки певного долота.

Доведено, що такий підхід дозволяє досягти з високою імовірністю прогнозовану продуктивність бурових робіт. Однак він, не приводить до кращих результатів. У складних умовах буріння нафтових і газових свердловин для підвищення ефективності буріння потрібно, поряд з оптимальним підбором доліт, створювати нові породоруйнівні інструменти для конкретних завдань.

В останні роки підбір, розробка і параметри відпрацьовування долота з

ПАР стали більш наближеними до конкретних умов застосування. Це вимагає спільних зусиль дослідників, конструкторів, польових інженерів, технічних менеджерів і замовника.

На фірмі Hughes Christensen, наприклад, ця наближеність до конкретних умов застосування забезпечується конструкторськими, випробувальними і дослідницькими командами (DART – Design, Application, and Research Team) [96]. Кожна функціонуюча в межах команди DART ланка вносить свій внесок, щоб гарантувати успіх остаточного рішення. Розробка включає підбір долота або його проектування для певних умов застосування, відповідно до бурового устаткування, що використовується, і рекомендованих параметрів робочого режиму.

Як приклад одержання вигод від розробки нових конструкцій доліт з ПАР є їх застосування в округах Стефенс (Stephens) і Гарвін (Garvin), штат Оклахома (США), що дозволило значно зменшити час будівництва свердловин і кількість необхідних породоруйнівних інструментів. Можливість буріння стовбура свердловини в даних округах від поверхні до покрівлі проектного горизонту одним долотом з ПАР зменшила час чистого буріння з зазначених 53 днів, що були потрібні в 1990-их роках, до 23 днів або менше в 2002 році. Погоджене використання процесу розробки згідно умов застосування разом з новою конструкцією долота скоротило кількість необхідних породоруйнівних інструментів та днів для буріння однієї свердловини до проектної глибини більше ніж на 40 %. Також збільшилась середня проходка на долото – з 220 м для шарошкових – у 1990 році до 1460 м для породоруйнівних інструментів з ПАР у 2002 році [96].

Таким чином, долота з ПАР розробляються для певних умов застосування, в залежності, у першу чергу, від літології гірських порід, які необхідно розбурювати. За допомогою спеціальних комп'ютерних програм оцінюють міцність гірських порід згідно каротажних діаграм сусідніх свердловин і знаходять значення показників роботи доліт з ПАР, що полегшує їхній підбір. У той же час, для коректування конструкції породоруйнівного інструменту, приймають до уваги параметри режиму буріння і гідравлічні

характеристики бурових установок.

1.1.2. Вибір оптимальних параметрів режиму буріння. Аналіз промислових досліджень роботи породоруйнівних інструментів з ПАР дозволяє зробити висновок, що їх застосування дає можливість підвищити проходку на долото і механічну швидкість при менших витратах енергії на руйнування породи шляхом різання. Зменшення кількості спуско-підіймальних операцій та більш низькі, в порівнянні з шарошковими долотами, навантаження на інструмент дозволяють зменшити знос бурильної колони та наземного обладнання. Відсутність в долотах з ПАР окремих деталей, що обертаються, виключає залишення шарошки або інших металевих елементів на вибої.

Як зазначалось вище, величини крутного моменту при бурінні породоруйнівними інструментами з ПАР і шарошковими істотно відрізняються. При однаковому підвищенні осьового навантаження на долото їх значення для перших в 3 – 15 разів більші ніж для других (рис. 1.1) [112].

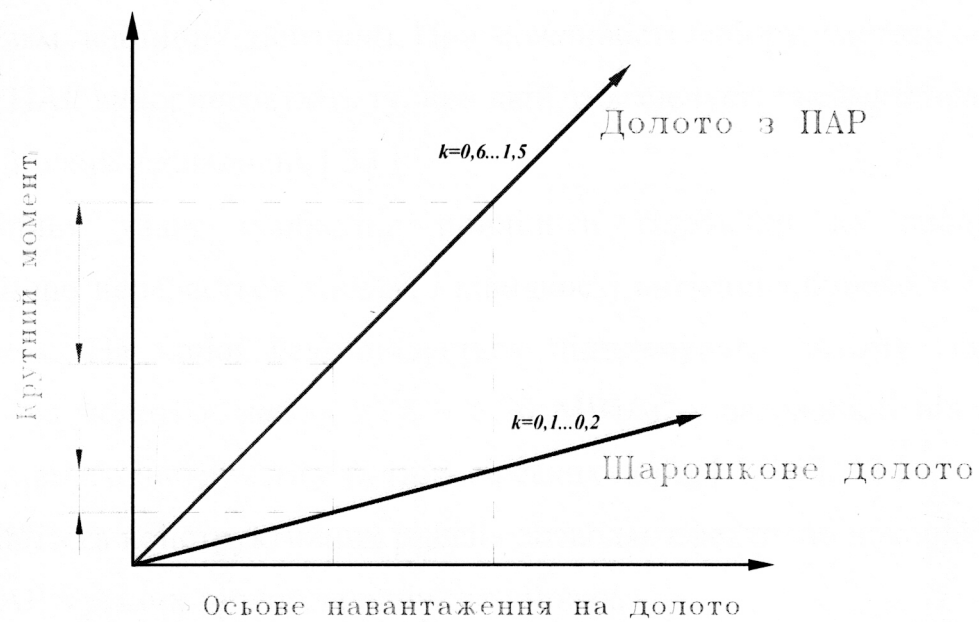


Рис. 1.1. Залежності величин крутного моменту від навантаження для шарошкових доліт і породоруйнівних інструментів з ПАР:
k – коефіцієнт, що визначає інтенсивність зростання величини робочого крутного моменту при підвищенні осьового навантаження

Крутний момент на долоті є показником величини заглиблення

породоруйнівних елементів в породу й енергетичних витрат на буріння свердловини. Значення крутного моменту на роторі служить критерієм для вибору осьового навантаження та визначення ефективності роботи долота.

При бурінні породоруйнівними інструментами, оснащеними ПАР, не слід створювати такі великі осьові навантаження, як при використанні шарошкових або алмазних доліт. Величину осьового навантаження на породоруйнівний інструмент з ПАР варто вибирати в залежності від фізико-механічних характеристик гірських порід і не вище 25 – 125 кН в залежності від їх діаметру, відповідно, 79,4 – 444,5 мм [98, 112, 104, 120].

Якщо деякі комбінації осьового навантаження й частоти обертання дають однаковий ефект, то варто віддати перевагу більш високій частоті обертання з меншим навантаженням на долото. Таке співвідношення сприяє бурінню свердловини з найменшим відхиленням стовбура від заданого напряму [123].

Долота, оснащені ПАР, застосовують у широкому діапазоні частоти обертання, тобто при будь-якому способі буріння (роторному або з застосуванням вибійних двигунів). При можливості вибору, частоту обертання для доліт з ПАР використовують ту, при якій забезпечується ефективна робота і не виникає ніяких ускладнень [53].

Особливу увагу необхідно приділити гідравліці на вибої, тобто потужності, що передається долоту, і швидкості витікання бурового розчину з його насадок. На вибої рекомендується підтримувати питому гідравлічну потужність на долоті в межах 2,28 – 5,70 МВт/м^2 у залежності від діаметру породоруйнівного інструменту та типу гірських порід [15, 53, 92].

Розмаїтість конструктивних рішень дозволяє ефективно використовувати долота з ПАР в різних геолого-технічних умовах.

Однак, як вище зазначалось, на момент постановки даних досліджень ефективне застосування породоруйнівних інструментів, оснащених ПАР, при бурінні традиційними техніко-технологічними засобами похило-скерованих і горизонтальних свердловин обмежено. Причина цьому – підвищена енергоємність конструкцій породоруйнівних інструментів з ПАР, зумовлена високим робочим крутним моментом. Високий робочий крутний момент

ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАУКОВО-ТЕХНІЧНА БІБЛІОТЕКА ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ

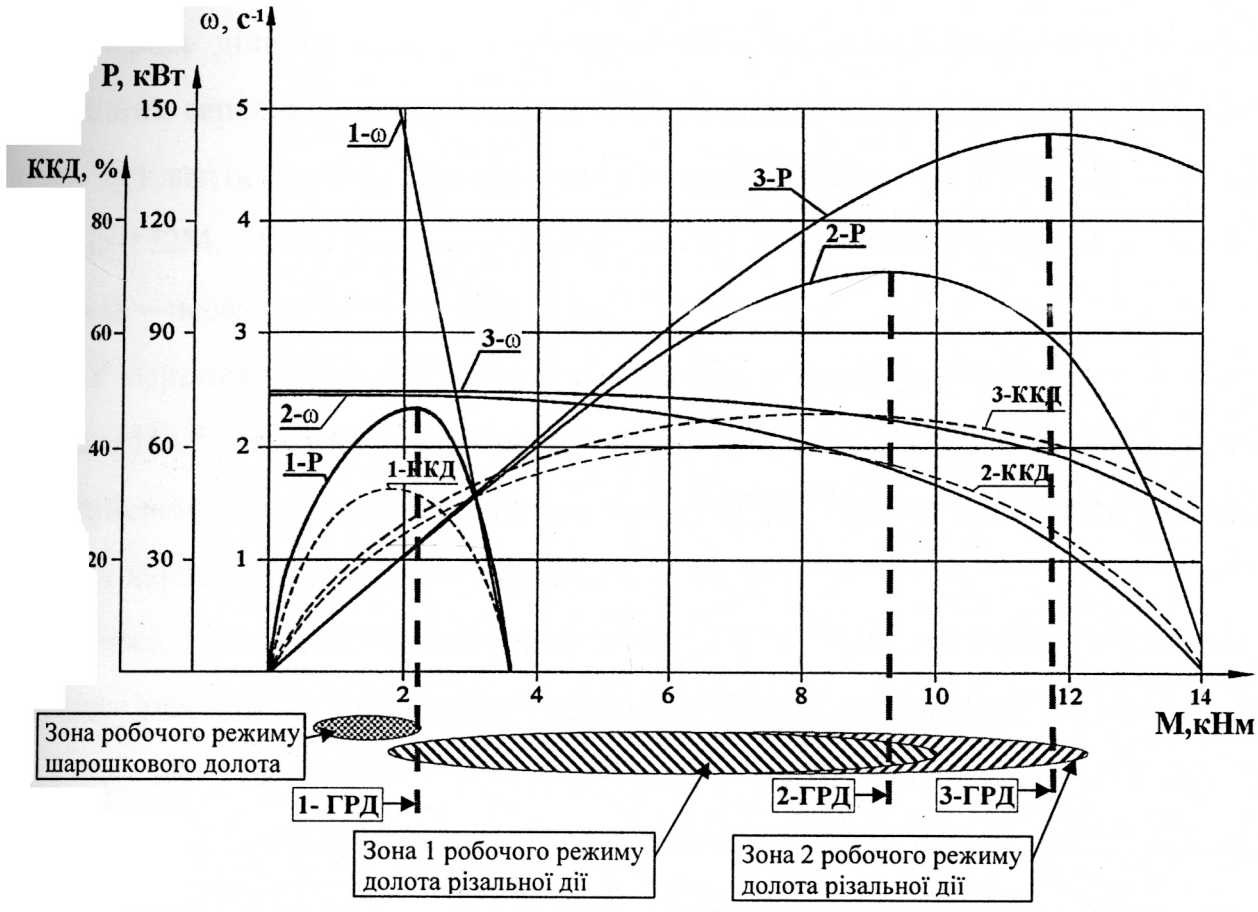
призводить до провертання вибійного двигуна, або його зупинки, навіть при незначних змінах осьового навантаження, які виникають при руйнуванні перемежованих по міцності гірських порід, а також внаслідок зависання бурильної колони на стінках свердловини та нерівномірності подачі інструменту [30, 35, 53, 55, 67, 97, 99, 102, 111, 112, 118, 121, 124].

Останнє підтверджується також дослідженнями, які проведені співробітниками ЗАТ «НДІКБ бурового інструменту» на свердловинах у Західному Сибіру [32]. На підставі досліджень було визначено, що для підвищення механічної швидкості буріння, розширення області ефективного застосування породоруйнівних інструментів з ПАР необхідна розробка і дослідження конструкцій доліт з пониженим робочим крутним моментом.

Нами спільно з ТОВ «ВНДІБТ – буровий інструмент» (м. Перм, Росія) проведено дослідження характеристик роботи серійних конструкцій гідравлічних вибійних двигунів (ГВД) з долотом різальної дії [56]. За допомогою спеціальних датчиків, які встановлювались на валу ГВД в безпосередній близькості від вибою, отримані числові значення й графічні записи параметрів роботи гідравлічного приводу. Як виявилось в процесі обробки записів, ділянки усталеної роботи серійних ГВД мали значно меншу тривалість у порівнянні з інтервалами, що характеризувались значними стрибками вимірюваних показників.

Ґрунтуючись на проведених дослідженнях нами визначено діапазони застосування вибійних двигунів в залежності від величини необхідного крутного моменту. На рисунку 1.2 наведено характеристики гідравлічних приводів різних типів – турбобура А7ГТШ і гвинтових вибійних двигунів: серійного Д5-195 (такі ж величини у Д5-172М) та більш сучасного Д3-195 – при постійній витраті рідини й відповідні зони робочого режиму для породоруйнівних інструментів діаметрами 214,3...215,9 мм.

Як випливає з наведеного на рисунку 1.2, зона робочого режиму шарошкового долота знаходиться поблизу оптимального режиму серійного турбобура (режим максимального коефіцієнта корисної дії) і на ділянці, близькій до холостого режиму гвинтових вибійних двигунів [93].



Гідравлічні вибійні двигуни: 1 – А7ГТШ (довжина робочого органу L=17,16 м);
2 – Д5-195 (Д5-172М, L=2,4 м); 3 – Д3-195 (L=3,0 м)

Рис. 1.2. Характеристики гідравлічних вибійних двигунів різних типів при постійній витраті промивальної рідини (Q=0,034 м^3/с) і відповідні зони робочого режиму для породоруйнівних інструментів діаметрами 214,3…215,9 мм:

ω – кутова швидкість обертання валу; М – крутний момент;

Р – потужність робочої пари; ККД – коефіцієнт корисної дії;

ГРД – границя робочого діапазону вибійного двигуна.

Долота різальної дії вимагають при роботі збільшеного крутного моменту. Однак, в однорідних м'яких і незцементованих породах для буріння ними може бути використаний, як турбобур, так і гвинтовий вибійний двигун.

Перша ділянка робочого режиму долота, оснащеного ПАР, – зона однорідних середньої твердості та з незначними прошарками м'яких гірських порід. Тут застосування ГВД серійних конструкцій (типу А7ГТШ, Д5-172, Д2-195, Д5-172М, Д5-195) з долотами різальної дії малоефективне, а в деяких випадках – неефективне (див. рис. 1.2).

У перемежованих по твердості породах – друга зона робочого режиму долота з ПАР – застосовувати перераховані вище серійні ГВД неприпустимо. Для здійснення ефективного буріння тут не цілком достатньо навіть величин робочих характеристик більш сучасного приводу Д3-195.

Отже, для досягнення прийнятних техніко-економічних показників буріння свердловин необхідна розробка більш потужного гідравлічного приводу або створення породоруйнівних інструментів різальної дії з пониженою не менше, ніж на 25…30 процентів, енергоємністю руйнування гірських порід (див. рис. 1.2). Проведення досліджень у двох зазначених напрямках є актуальними завданнями.

Особливо важлива розробка породоруйнівних інструментів з ПАР пониженої енергоємності буріння для будівництва горизонтальних і похило-скерованих свердловин, де утруднені підведення й контроль величини осьового навантаження на долото, а також існують обмеження з максимальних лінійних розмірів скерованих компоновок. Останні виникають, зокрема, при необхідності набору кривизни стовбура малим радіусом, а також у випадках, коли постає потреба оперативної зміни траєкторії буріння, що вимагає зменшення відстані від вибою до датчиків телеметричних систем. На противагу слід відмітити, що збільшення потужності вибійного двигуна відбувається, в основному, за рахунок видовження його робочого органу [30, 56].

1.1.3. Організація робіт при використанні породоруйнівних інструментів з ПАР. Для широкого застосування доліт, оснащених ПАР, поряд з правильним вибором геолого-технічних умов і режимів роботи, необхідна психологічна перебудова споживачів – працівників бурових підприємств. Вважається, що для успішного використання вказаних породоруйнівних інструментів на навчання бурильників необхідно витратити півтори-два роки [53].

Більш ефективному використанню доліт з ПАР сприяє правильне поводження з ними не тільки в процесі буріння, але й при підготовчих, спуско-підіймальних та інших допоміжних операціях [2, 15, 30, 53, 96, 107, 111, 112].

Провідні зарубіжні фірми пропонують комплексний сервіс, який включає постачання, розробку породоруйнівних інструментів та технологічний супровід бурових робіт. Системний підхід до оптимізації робочих процесів та навчання бурової бригади дозволяє значно підвищити техніко-економічні показники будівництва свердловини [2, 96, 107, 111, 112].

З іншого боку, недотримання правил по використанню породоруйнівних інструментів з ПАР, які регламентуються виробниками, може суттєво понизити ефективність їх роботи.

Правильна організація робіт при використанні породоруйнівних інструментів, оснащених ПАР, має велике значення в похило-спрямованому та горизонтальному бурінні. В даних умовах налагоджена взаємодія між буровиками та постачальниками доліт і послуг дозволяє підвищити техніко-економічні показники бурових робіт не менш ніж на 17 – 40 % [2, 96, 112].

1.2. Основні напрями розвитку конструкцій породоруйнівних інструментів різальної дії і застосування їх для похило-спрямованого та горизонтального буріння

Удосконаленню породоруйнівних інструментів різальної дії присвячені дослідження Арцимовича Г. В., Барабашкіна І. І., Барона Л. І., Бондаренко М. О.,

Бочковського О. М., Булатова В. В., Векерика В. І., Владиславлєва В. С., Вовчановського І. Ф., 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.), Нікітіна С. В., Норріса Ж. А. (Norris J.A.), Савостьянова В. Г., Сінора Л. А. (Sinor L.A.), Співака А. І., Сулакшина С. С., Фінкельштейна Г. М., Яремійчука Р. С., Ясова В. Г. та інших. Їх наукові розробки, направлені на підвищення довговічності та рівностійкості бурових доліт використовують в створенні конструкцій з ПАР.

Застосування для озброєння породоруйнівних інструментів різальної дії алмазних полікристалічних матеріалів підняло їх конструювання на якісно новий рівень. Фірми-виробники використовують при розробці бурових доліт з ПАР прогресивні технічні рішення, які дозволяють отримати високу довговічність і зносостійкість породоруйнівного інструменту, підвищити механічну швидкість буріння, зменшити необхідний для роботи крутний момент тощо.

Сьогодні дослідженню і розробці нових доліт з ПАР приділяється велика увага. Одні з основних напрямків їх розвитку – підвищення зносостійкості й ударної міцності різців, які використовуються для оснащення робочої поверхні, та удосконалення конструктивних параметрів самих породоруйнівних інструментів.

1.2.1. Полікристалічні алмазні різці. Розгляд розвитку конструкцій доліт з ПАР варто почати саме з полікристалічних алмазних різців. В даний час існує багато назв різальних елементів, що застосовуються для оснащення породоруйнівних інструментів: PDC (Polycrystalline Diamond Compact) – полікристалічний алмазний компакт; TSP (Thermally Stable Polycrystalline) cutter – термічно стабільний полікристалічний різець; «Stratapax»; «Ballaset»; «Geoset»; «Syndax»; АТП – алмазно-твердосплавна пластина; синтетичні

полікристалічні алмази СВС-II; СВБН тощо. З'являються нові назви, як, наприклад, різці «Genesis» [104] або «TReX» [114].

Під абревіатурою ПАР мається на увазі весь спектр зносостійких породоруйнівних елементів, які містять, тим чи іншим чином, полікристалічні алмазні матеріали.

Для кращого розуміння природи і розвитку технічних характеристик різців приведемо типи алмазних матеріалів, що використовуються для оснащення породоруйнівних інструментів (рис. 1.3).

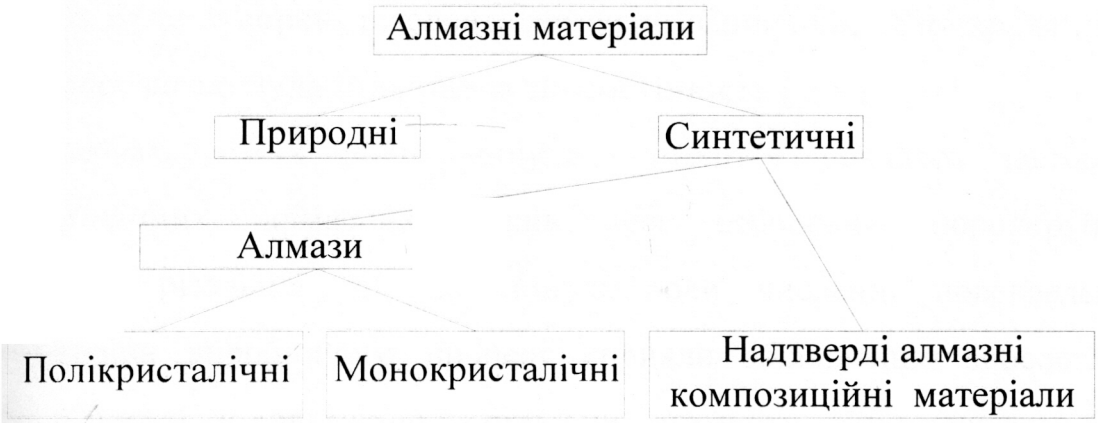


Рис. 1.3. Алмазні матеріали, що використовуються для оснащення породоруйнівних інструментів.

З надтвердих алмазних композиційних матеріалів, що використовуються при виготовленні бурових доліт, широко відомий сплав «Славутич», який розроблено та виготовляється Інститутом надтвердих матеріалів (ІНМ) ім. В.М. Бакуля НАН України. Він складається з твердосплавної основи, в якій розміщено не менше 25% природних і синтетичних алмазних зерен розміром менше 0,8 мм [73]. Вставки різної конфігурації з матеріалу «Славутич» успішно використовують в конструкціях породоруйнівних інструментів різальної дії, як додаткове озброєння для підвищення їх ударної міцності і зносостійкості.

Монокристалічні синтетичні алмази застосовуються для виготовлення

імпрегованих бурових коронок. Розмір їх зерен, що утворюються в процесі синтезу, становить в основному менше 300 мкм [73].

Полікристалічні алмазні матеріали (баллас, карбонадо та інші) являються на даний час одними з найефективніших для створення різців породоруйнівних інструментів різальної дії.

Полікристалічні алмазні різці вперше були запропоновані фахівцями фірми General Electric (США), яким вдалося розробити технологію кріплення полікристалічного матеріалу до карбідовольфрамової підкладки при високих температурах з ефективним відведенням тепла від алмазного шару. У результаті були створені різальні елементи «Compax», «Stratapax», BZA та інші. Їх перевагою була підвищена зносостійкість [53].

З початку 70-х років минулого століття почалось застосування полікристалічних алмазних різців для озброєння породоруйнівних інструментів різальної дії. За минулі роки численні нововведення й удосконалення виробничого процесу сприяли збільшенню зносостійкості, ударної міцності та довговічності різальних елементів. Конструктивно ПАР за більш ніж три десятки років не змінився і являє собою шар з багатьох окремих алмазних кристалів, з'єднаних разом у єдину масу, що кріпиться до основи з карбіду вольфраму, або підкладки з іншого матеріалу. Сьогодні цей процес агломерації, протягом якого полікристалічний алмаз стає термодинамічно стійким, відбувається при високих температурах і тисках – приблизно 1400 °С і майже 6900 МПа. Для створення таких граничних умов використовуються спеціальні преси, що представляють собою споруди висотою приблизно 3 метри і важать близько 40 тон [110].

Після того, як реакція спікання при високих температурі і тиску завершена, чорновий ПАР обробляється механічним способом до необхідної форми, відповідно до технічних вимог виробника бурових доліт.

Основні складові елементи полікристалічного алмазного різця наведено на рис. 1.4.

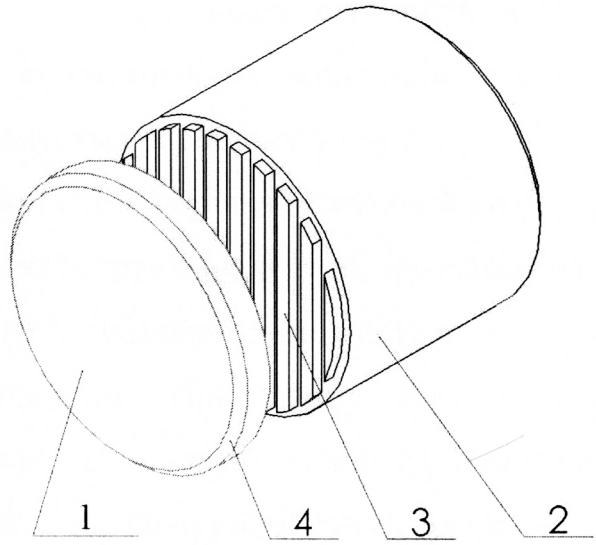


Рис. 1.4. Основні елементи полікристалічного алмазного різця:
1 – полікристалічний алмазний шар; 2 – підкладка;
3 – ребриста поверхня; 4 – фаска

Більшість ПАР являють собою вставки циліндричної форми з алмазною пластиною товщиною до 3,5 мм на різальній крайці (проте їх форма може бути і іншою, наприклад, – овальною або трикутною). Оптимізована відповідно до умов планованого застосування фаска під визначеним кутом на різальній крайці (див. рис. 1.4) збалансовує довговічність і загостреність ПАР. Фаска більшого розміру, загалом, призводить до більшого терміну служби вставки, але більш повільної механічної швидкості буріння. Величина фаски майже завжди враховує специфічні вимоги застосування. Ребриста поверхня на границі між алмазним шаром і підставкою з карбіду вольфраму забезпечує механічну і хімічну сполуки цих двох складових ПАР. Пограничная поверхня, що також оптимізована до умов застосування, допомагає усунути залишкові напруги, які існують між полікристалічним алмазом і підкладкою.

Готовий різальний елемент має таку ж твердість і стійкість до абразивного зносу, як і алмаз, і в той же час зберігає структурну міцність карбіду вольфраму. Маючи полікристалічну структуру, ПАР відрізняються від природних алмазів однорідністю властивостей у всіх напрямках, що перешкоджає утворенню тріщин. Вони також мають здатність до

самозагострювання. В процесі зносу елементів відбувається безперервне мікровідшаровування на поверхні полікристалів, у результаті чого різальна крайка постійно підтримується в робочому стані.

Іншою перевагою ПАР є порівняно великий розмір різальної крайки, що розширює можливості конструювання доліт (розміщення різців, кути нахилу, число різців і таке інше). Діаметри полікристалічних пластин пропонують в межах від 8 до 50,8 мм. При цьому різці з великими діаметрами використовуються, як правило, в долотах для буріння м'яких гірських порід.

Багато наукових і науково-виробничих установ внесли свій вклад у розробку ПАР. Першовідкривачами застосування полікристалічних алмазів для оснащення бурових доліт є, зокрема, фахівці General Electric, Diamond Innovations (попередня назва GE Superabrasives), Element Six (попередня назва DeBeers Industrial Diamond) та Megadiamond [110].

В Україні і на теренах СНД визнаним лідером з розробки та застосування ПАР є Інститут надтвердих матеріалів (ІНМ) імені В. М. Бакуля. Дослідження Бакуля В. М., Бондаренко В. П., Бондаренко М. О., Бочковського О. М., Вовчановського І. Ф., Новікова М. В., Фінкельштейна Г. М. й інших науковців сприяли створенню і розвитку вітчизняних алмазно-твердосплавних пластин.

Алмазно-твердосплавні пластини поки поступаються зарубіжним аналогам по зносостійкості і довговічності. Однак результати лабораторних досліджень нових породоруйнівних елементів, проведених в ІНМ, дають підстави сподіватися на підвищення їх конкурентоспроможності [57].

1.2.2. Розвиток конструкцій породоруйнівних інструментів з ПАР. Долота з ПАР почали застосовувати для буріння нафтових і газових свердловин в середині 70-х років минулого століття. В 2000 році на них приходилось 26 % загального об'єму буріння в світі, а в 2003 – уже 50 % [110].

Сьогодні багато фірм займаються розробкою і виробництвом породоруйнівних інструментів з ПАР. Провідними з них являються Hughes Christensen, Security DBS, Reed-Hycalog, Smith Bits та Varel International.

Проведені за минулі роки удосконалення різальних елементів, гідравлічних та динамічних характеристик сприяли постійному і суттєвому зростанню середньої механічної швидкості й довговічності даних породоруйнівних інструментів. Розширився діапазон їхнього застосування для проходки не тільки м'яких і середньої твердості, а й твердих та абразивних гірських порід.

Розглянемо конструктивні особливості породоруйнівних інструментів з ПАР. Корпус доліт виготовляють із сталі або карбідовольфрамового сплаву (матричного типу). Долота з приварними або фрезерованими сталевими лопатями використовуються, в основному, для буріння м'яких, не абразивних гірських розрізів. Головним недоліком таких конструкцій являється менша ерозійна стійкість порівняно з твердосплавним корпусом. Для зменшення абразивного впливу бурового розчину та шламу сталеву робочу поверхню доліт покривають зносостійкими матеріалами. Використовують також спеціальні покриття для корпусу проти налипання решток гірської породи та утворення сальників. При бурінні на промивних рідинах із значним вмістом твердої фази використовують більш стійкі до ерозійного розмиву долота матричного типу.

В більшості сучасні конструкції доліт з ПАР являють собою компроміс між багатьма важливими характеристиками, такими як величина механічної швидкості буріння, зносостійкість, гідравлічна потужність, здатність до скеровування тощо.

Дослідники виділяють в конструкціях даних породоруйнівних інструментів три поверхні, які взаємодіють при бурінні з гірською породою: різальна частина, активна та пасивна калібрувальні частини [105, 110, 112, 121, 124]. Різальна частина характеризується профілем, кількістю і розміщенням різців.

Для доліт з ПАР дослідниками рекомендуються три базових типи профілів різальної частини: плоский або малий конус (величина кута між твірною і площиною вибою – не більше 20 градусів), оберненоконусний або

подвійний конус та еліптичний [105, 110, 112, 124]. Форма профілю даних породоруйнівних інструментів відіграє важливу роль для таких характеристик конструкції, як стабільність, механічна швидкість буріння та здатність до спрямовування. Його вибір залежить від планованих умов застосування долота. Зокрема, різальна частина з видовженою конусною поверхнею (еліптична) забезпечує вищу стабільність конструкції, а плоска форма використовується, коли необхідно оперативно змінювати напрям буріння [105]. Також покращенню придатності інструменту до оперативного коректування траєкторії буріння похило-скерованих і горизонтальних свердловин сприяє виконання долота в осьовому перерізі у вигляді зворотного клина з вершиною, розташованою на осі [53, 97, 105, 112].

Одними з основних чинників, що впливають на величину механічної швидкості буріння поряд з фізико-механічними характеристиками ПАР, являються: кут нахилу різальних елементів до площини вибою або кут різання; кут повороту різців навколо своєї осі; розміщення, кількість і розмір різців [116].

Кут нахилу лицевої поверхні різальних елементів до площини вибою позаду них впливає на величину заглиблення різців в гірську породу під дією осьового навантаження на долото. Його значення для породоруйнівних інструментів з ПАР знаходиться, як правило, в межах 95 – 115 градусів. Дослідженню впливу величини кута різання на ефективність процесу буріння приділялась значна увага. В загальному, чим менша його величина, тим більшу механічну швидкість буріння можна отримати, однак знижується стійкість різців, і навпаки [17, 19, 26, 70, 81, 87, 90].

Також на ефективність буріння долотами з ПАР впливає кут повороту різців навколо своєї осі. З метою забезпечення якісного очищення робочої поверхні та спрямування частинок гірської породи до периферії інструменту його значення може бути різним для кожного різального елементу [120].

Кількість і розмір різців визначаються міцністю гірських порід, для розбурювання яких призначене долото. Основне правило те, що маленькі

різці та збільшена їх кількість застосовуються в конструкціях для буріння твердих і абразивних гірських розрізів, а великі з меншим числом – для м'яких. Кількість різальних елементів визначає в породоруйнівних інструментах необхідне число лопатей.

Активну калібрувальну частину складають різці, що виходять на зовнішній діаметр долота і формують стінки стовбура свердловини. Ця поверхня інструменту руйнує найбільш складну перехідну зону вибою, тому різці на ній повинні забезпечувати більшу зносостійкість конструкції. Вона може бути ступінчастою або заокругленою.

Пасивна калібрувальна частина являє собою, як правило, гладку бічну поверхню долота, армовану зносостійкими карбідовольфрамовими, алмазними або термічно-стабільними (TSP) вставками. Її величина обумовлює в конструкції стабільність і здатність до скеровування. Подовжена калібрувальна частина зменшує динамічні навантаження на різці та підвищує стабільність роботи долота, що збільшує механічну швидкість буріння і довговічність інструменту, покращує якість стовбура свердловини й обмежує поломки компонентів бурильної колони. Конструкції з короткою калібрувальною частиною більш пристосовані до оперативної зміни напряму буріння, але можуть не забезпечити необхідної якості стовбура свердловини [105, 109, 111, 125].

Гідравлічні характеристики доліт з ПАР визначаються розміром, кількістю і розміщенням насадок для проходження промивної рідини. Їх важливість обумовлюється двома причинами. Сучасні породоруйнівні інструменти з ПАР розробляються за допомогою спеціальних комп'ютерних програм, які моделюють витікання та проходження промивної рідини в умовах вибою свердловини, що допомагає оптимізувати гідравлічні характеристики долота [96, 104, 112].

Науковці фірми Hughes Christensen пропонують конструкції доліт з ПАР для спрямованого буріння. Щоб запобігти в процесі роботи виникненню надмірних різких змін значення крутного моменту при чергуванні гірських

розрізів від м'яких до твердих, і навпаки, вони регулюють глибину проникнення різців в породу, використовуючи принцип дії рубанка для обробки деревини [116]. Така технологія, згідно твердження розробників, дозволяє зберегти постійними значення механічної швидкості буріння в твердих вапняках і здатність до управління відхилювачем в м'яких глинистих сланцях [112].

В конструкції вказаних доліт передбачені спеціальні вставки, які по напряму обертання розташовані позаду різців і створюють обмежуючу поверхню від їх надмірного проникнення в гірську породу. Для таких породоруйнівних інструментів, згідно проведених досліджень, початковий темп зростання величини крутного моменту з підвищенням осьового навантаження в однорідному розрізі, представленому вапняками, є таким, як в звичайному долоті, а при досягненні вищих позначок – зменшується в понад два рази. При збільшених навантаженнях забезпечується буріння з ефектом ковзання. Це дає змогу при роботі з роторно-керованою системою досягти зменшених коливань відхилювача в діапазоні ± 20°, що наближається до такого, як при використанні трьохшарошкових доліт [99].

Провідні виробники породоруйнівних інструментів з ПАР розробляють конструкції для умов буріння замовника. В таких долотах з врахуванням фізико-механічних характеристик гірських порід, типу привода, гідравлічних характеристик бурових установок та інших чинників, за допомогою спеціальних комп'ютерних програм оптимізують конструктивні параметри для отримання високих техніко-економічних показників роботи.

Сьогодні, за рубежем загальна тривалість процесу розробки нових породоруйнівних інструментів від постановки завдання до одержання готової продукції на нафтогазових промислах не перевищує один місяць, а цикл виробництва долота зменшився до 10 днів або, навіть, менше [96].

Як приклад розробок сучасного рівня, може слугувати конструкція різальної частини долота з ПАР для умов буріння замовника, в якій передбачена можливість внесення змін, включно до оптимізації просторового положення окремого різця [114]. Зокрема, з метою зменшення необхідного

крутного моменту та обмеження зупинок в роботі вибійного двигуна, лопаті на торці долота мають вигляд літери S. Така форма різальної частини часто застосовується в конструкціях для спрямованого буріння [97, 98, 102, 105, 111, 117, 120]. Разом з тим, дослідженнями [5, 6, 19, 38, 40, 42, 45, 86] стверджується, що раціональним є зворотне нерадіальне розміщення різців. Воно сприяє підвищенню зносостійкості конструкції, проходки і середньої механічної швидкості буріння. Крім того, нерадіальне розташування різальної крайки різця приводить до зменшення або відсутності ядра ущільнення перед нею, що понижує енергоємність і динамічність процесу руйнування [43].

Розробкою конструкцій бурильних головок з ПАР для відбору керна займаються практично усі провідні виробники. Однією з найважливіших переваг їх застосування у порівнянні з алмазними і шарошковими є вища механічна швидкість буріння. Дослідження показують, що в однакових умовах її значення при застосуванні бурильних головок з ПАР в 3 – 6 разів більші, ніж звичайних алмазних. За рахунок цього значно скорочується тривалість контакту бурового розчину з керном і зменшується його вплив на характеристики керна в процесі буріння. Це особливо важливо для такого показника, як нафтонасиченість [115].

Як відомо, спрямоване буріння нафтових і газових свердловин здійснюється з використанням гідравлічних вибійних двигунів в компоновці з шарошковими долотами та регулювальних або «кривих» перехідників для зміни напряму траєкторії. Традиційний спосіб має недоліки, що можуть призвести до отримання стовбурів неправильної форми, обмежити довжину стовбура, зменшити ймовірність точного попадання в продуктивні пласти тощо. Вказані ситуації виникають через складність очищення свердловини, нагромадження шламу навколо нерухомої бурильної колони і її заклинювання. Надмірне тертя між стінками стовбура і бурильною колоною зменшує можливу довжину свердловини.

В останні роки за рубежем розроблено роторно-керовані системи (rotary steerable system), які включають спеціальні долота з ПАР. Їх застосування

дозволяє постійно обертати колону бурильних труб під час скеровування, що створює більш швидку й контрольовану систему, яка здатна забезпечити гладкіший, чистіший і довший стовбур свердловини. Така технологія дозволяє зекономити час у порівнянні з традиційним бурінням, де в компоновці низу бурильної колони застосовуються шарошкові долота, а також провести складний профіль свердловини через задані проектні точки.

Спеціальні конструкції доліт, оснащені ПАР, в компоновці з роторно-керованими системами успішно використовуються при бурінні похило-скерованих і горизонтальних свердловин [2, 117, 119].

При вказаних перевагах, недоліками роторно-керованого способу буріння є підвищені вимоги до технічної й технологічної оснащеності процесу будівництва свердловини, а також надмірна вартість спеціального устаткування і його сервісного обслуговування, що в цілому веде до істотного подорожчання бурових робіт. Роторно-керовані системи фірм Schlumberger, Baker Hughes і Halliburton по вартості наближаються до ракетно-космічної техніки, що не може сприяти зниженню собівартості будівництва нафтогазових свердловин.

З іншого боку, досвід традиційного буріння горизонтальних і похило-скерованих свердловин показує, що на момент постановки даних досліджень ефективне використання породоруйнівних інструментів з ПАР обмежується, як правило, вертикальними й похилими ділянками стовбура, проведення яких здійснюється ротором [30, 35, 67, 12, 96, 102].

Огляд наукових праць вітчизняних і зарубіжних дослідників та джерел інформації показує, що до цього часу не існує науково-обґрунтованих рекомендацій з розробки ефективних конструкцій бурових доліт, оснащених ПАР, пониженої енергоємності роботи для умов спрямованого буріння. Зокрема, недостатньо визначено вплив на енергетичні показники буріння форми профілю різальної частини і кількості лопатей.

Аналіз результатів досліджень, які здійснювались при проведенні похило-скерованих і горизонтальних стовбурів 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.

Висновки до розділу

1. Проведений аналіз показує, що ефективне застосування породоруйнівних інструментів з полікристалічними алмазними різцями в скерованому бурінні можливе тільки при їх правильному підборі та розробці для заданих геолого-технічних умов, дотриманні рекомендованих оптимальних параметрів режиму буріння і чіткій організації робіт.
2. Визначено, що негативний вплив на техніко-економічні показники буріння вибійними двигунами похило-скерованих і горизонтальних свердловин із застосуванням доліт різальної дії має їх підвищена енергоємність, зумовлена високим робочим крутним моментом.
3. Аналіз проведених наукових досліджень показує, що необхідне математичне обґрунтування конструкції робочої частини долота з пониженою енергоємністю руйнування гірських порід.
4. З метою визначення впливу на показники роботи доліт їх конструктивних параметрів необхідно провести експериментальні дослідження залежності енергетичних характеристик буріння від форми профілю різальної частини і кількості лопатей.
5. Необхідно створити породоруйнівні інструменти, оснащені ПАР, пониженої не менше ніж на 25 – 30 процентів енергоємності роботи у порівнянні з серійними конструкціями та провести їх промислові випробування при бурінні вибійними двигунами похило-скерованих і горизонтальних нафтогазових свердловин.

РОЗДІЛ 2

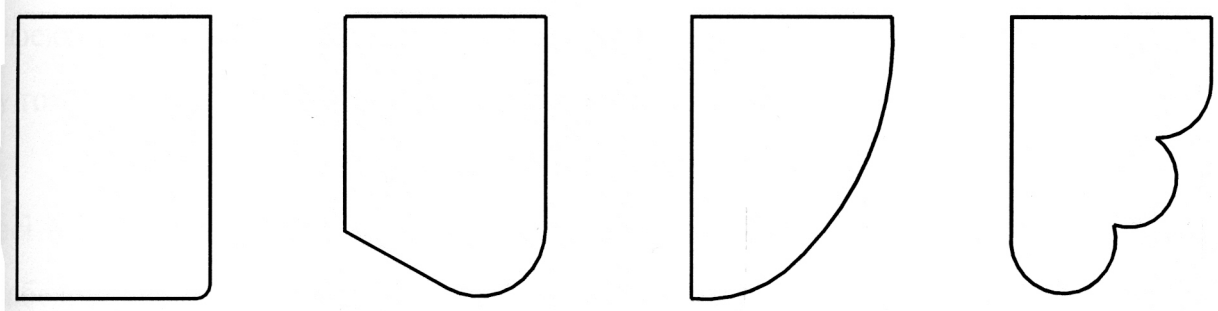
ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для вирішення поставлених задач по створенню породоруйнівних інструментів різальної дії з пониженою енергоємністю буріння й вдосконаленню технологічних режимів їх застосування прийнято експериментальний метод досліджень на модельних і повнорозмірних конструкціях в стендових та промислових умовах.

З метою визначення величин енергетичних параметрів роботи бурових доліт з ПАР і кількісного їх співвідношення було здійснено дослідження різних конструкцій різальної частини методами математичного моделювання, а також розроблено технічні засоби й методику для проведення експериментальних випробувань.

2.1. Дослідження конструкції долота з пониженою енергоємністю руйнування гірських порід методами математичного моделювання

Як зазначалось вище, для бурових доліт з ПАР дослідниками рекомендуються три базових типи профілів різальної частини: плоский, обернено-конусний та еліптичний (рис. 2.1, відповідно: а, б, в).



а б в г

Рис. 2.1. Варіанти дослідних профілів різальної частини долота.

Нами було запропоновано, як альтернативний варіант, для буріння вибійними двигунами похило-скерованих і горизонтальних свердловин круглоступінчастий профіль робочої частини долота (див. рис. 2.1, г), який захищений авторським свідоцтвом на винахід №1783108 [16].

На рисунку 2.2 представлено конструкцію породоруйнівного інструменту з круглоступінчастим профілем різальної частини. Долото містить корпус 1 з промивальним каналом 2 і лопаті 3, на яких виконані ступені 4 у вигляді сегментів, що сполучаються. Точка сполучення 5 сусідніх сегментів розташована щодо осі 6 обертання долота на відстані, меншій величини найбільших їх радіусів. Остання ступінь 4 кожної лопаті переходить в калібрувальну поверхню 7. Різальна частина лопатей армована циліндричними породоруйнівними елементами 8.

Робота бурового долота здійснюється в такий спосіб. При бурінні на долото передаються осьове навантаження й крутний момент. Під їхнім впливом різці 8 на ступенях 4 руйнують породу. При цьому, внаслідок виконання різальної частини долота у вигляді сегментів, що сполучаються, у їх найбільших за площею поперечних перерізах забезпечується дискретний контакт калібрувальних ділянок зі стінками свердловини. У результаті зменшується крутний момент при руйнуванні гірської породи, що понижує енергоємність роботи долота й створює можливість бурити при збільшеному осьовому навантаженні і навпаки – при однаковому значенні G величина M менша. За рахунок цього підвищується механічна швидкість буріння та розширюються можливості раціонального вибору вибійного двигуна й ефективного використання долота з ПАР в різних гірничо-геологічних умовах, у тому числі при бурінні скерованих свердловин.

Крім того, розташування точки сполучення 5 сусідніх сегментів 4 щодо осі 6 обертання долота на відстані, меншій величини найбільших їх радіусів забезпечує перекриття в проекції на площину вибою периферійних різців нижче розташованої ступені – оснащенням вище розташованої, що підвищує зносостійкість конструкції.

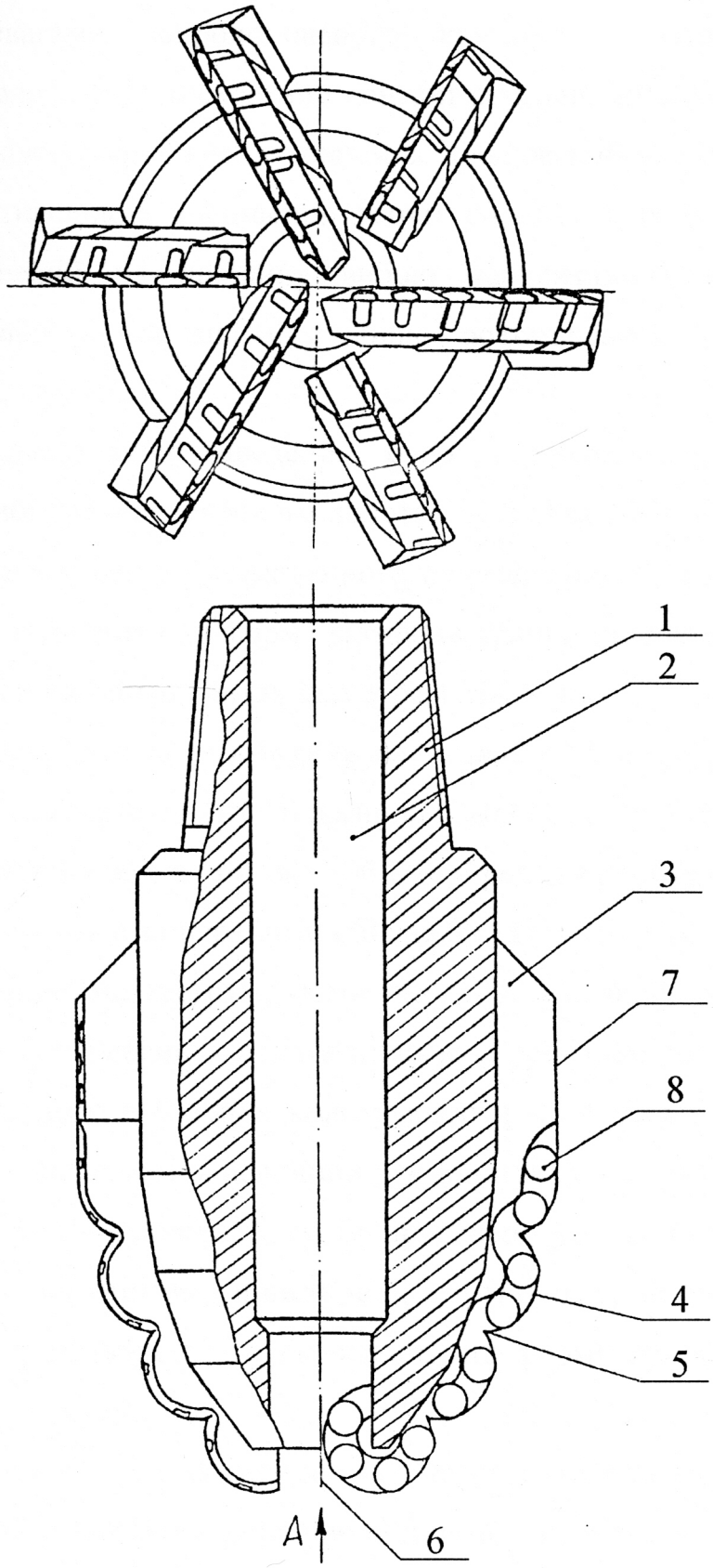


Рис. 2.2. Бурове долото, захищене авторським свідоцтвом на винахід № 1783108 кл. 5E21B10/52.

Отже, перевагами запропонованого круглоступінчастого профілю робочої частини долота 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.

У відповідності з вище наведеним, було розроблено чотири варіанти конструкції різальної частини бурового долота діаметром 146 мм і досліджено параметри їх роботи методами математичного моделювання. Розміщення різців на лопатях долота, їх розміри та форма різальної крайки повністю моделюють ПАР в породоруйнівних інструментах діаметром 214,3 мм.

Була поставлена задача розрахунку для кожного з дослідних профілів долота прогнозних енергетичних показників процесу буріння: крутного моменту, механічної швидкості і питомої об'ємної роботи руйнування.

У зв'язку з цим нами попередньо здійснено математичний опис процесу буріння породоруйнівними інструментами різальної дії, який ґрунтувався на експериментальних дослідженнях долота з плоским профілем робочої частини, як найбільш поширеного в базових конструкціях [33]. Для даного долота експериментально визначені величини емпіричних коефіцієнтів, що використовувались в обчисленнях, і потім проведено розрахунки прогнозних параметрів буріння – механічної швидкості, крутного моменту та питомої об'ємної роботи руйнування – в залежності від форми профілю різальної частини.

В основу математичної моделі покладено розгляд взаємодії озброєння долота різальної дії з гірською породою під дією осьового навантаження і крутного моменту. При цьому, як і в багатьох дослідників [3, 6, 9, 19, 26, 29, 80, 88, 90], припускаємо наявність степеневої залежності сили опору проникненню, що діє на елемент озброєння, від глибини його проникнення в гірську породу. Також передбачається, що сила різання пропорційна силі опору

проникненню. Крім того, вона є степеневою функцією швидкості різання [77, 80].

На відміну від математичних моделей, які грунтуються на принципах забезпечення рівностійкого розташування різальної крайки лопаті в просторі [8, 43] або експериментальних дослідженнях зносу одиничних різців [29], розрахунки прогнозних енергетичних показників процесу буріння згідно запропонованих нами співвідношень проводились для породоруйнівного інструменту в цілому на основі результатів стендових випробувань бурового долота. Такий підхід дозволяє на наш погляд більше наблизити теоретичні обчислення до реальних умов роботи породоруйнівних інструментів.

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. Ця функція характеризує розміщення різальних елементів на робочій частині долота;

r — радіус долота;

G — осьове навантаження на породоруйнівний інструмент;

ω — кутова швидкість обертання долота.

Нехай (рис. 2.3):

Δl — довжина малої ділянки робочої крайки різця;

α — кут між нормаллю до Δl і віссю обертання долота;

$v = \omega x$ — швидкість різання; (2.1)

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;

$\Delta F_\Sigma = \Delta F_C + \Delta F_R$ — сумарна складова сил, що діють на Δl по нормалі; (2.2)

v_M — механічна швидкість буріння;

$h = \frac{2\pi v_M}{\omega}$ — переміщення Δl за оберт долота. (2.3)

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

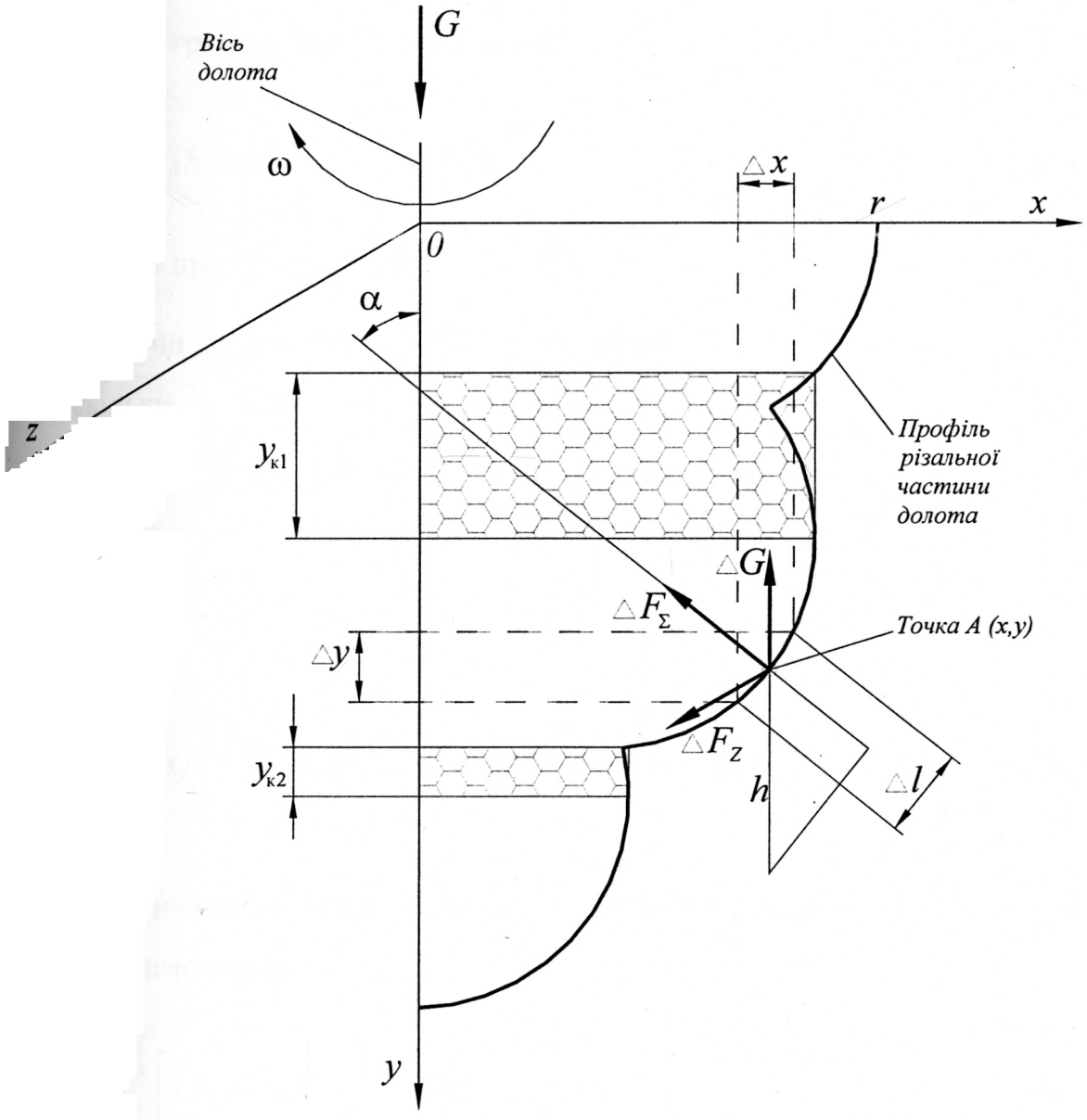


Рис. 2.3. Розрахункова схема до побудови математичної моделі.

$$\Delta F_R = k_R \left[\frac{h\cos\alpha}{\psi(x)} \right]^a \psi(x)\ \Delta l\ . \qquad (2.4)$$

З урахуванням того, що $\Delta l \approx \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$, а $\cos\alpha \approx \frac{\Delta x}{\Delta l}$,

переходячи до границі при $\Delta l \to 0$, маємо

$$dF_R = k_R h^a \psi(x)^{1-a} \left[1 + f'^2(x) \right]^{(1-a)/2}. \qquad (2.5)$$

З тих же припущень $\Delta F_C = k_{C1} \Delta F_R v^b$, (2.6)

або, переходячи до границі, $dF_C = k_{C1} dF_R v^b$. (2.7)

Оскільки $dG = dF_\Sigma \cos\alpha$, (2.8)

з урахуванням (2.1), (2.2), (2.3), (2.5) і (2.7) маємо

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

$$\left. + k_{C1} \omega^b \int \psi(x)^{1-a} \left[1 + f'^2(x) \right]^{(1-a)/2} x^b dx \right\} . \qquad (2.9)$$

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

Позначимо вирази

$$\int \psi(x)^{1-a} \left[1 + f'^2(x) \right]^{(1-a)/2} dx = I_1, \qquad (2.10)$$

$$\int \psi(x)^{1-a} \left[1 + f'^2(x) \right]^{(1-a)/2} x^b dx = I_2. \qquad (2.11)$$

З (2.9) визначали прогнозне значення v_M

$$v_M = \frac{\omega}{2\pi} \left(\frac{G}{k_R (I_1 + k_{C1} \omega^b I_2)} \right)^{\frac{1}{a}}. \qquad (2.12)$$

Складова сили різання по осі z для малої ділянки різальної крайки різця

$$dF_Z = k_{C_2} dF_R v^b . \qquad (2.13)$$

Крутний момент, що діє на Δl, $\Delta M = \Delta F_Z x$. (2.14)

Переходячи до границі, з урахуванням (2.1), (2.5), (2.9) – (2.11), (2.13) і (2.14) визначаємо прогнозне значення крутного моменту на долоті

$$M = \frac{k_{C_2} \omega^b G \int x^{b+1} \left[\psi(x) \sqrt{1 + f'^2(x)} \right]^{1-a} dx}{I_1 + k_{C_1} \omega^b I_2} . \qquad (2.15)$$

Величину питомої об'ємної роботи руйнування визначали за відомим співвідношенням з [77]

$$A_V = \frac{Gh + 2\pi M}{\pi r^2 h} . \qquad (2.16)$$

З урахуванням (2.3), (2.12), (2.15) і (2.16) прогнозне значення питомої об'ємної роботи руйнування

$$A_V = \frac{4\pi k_{C_2} \omega^b G \int x^{b+1} \left[\psi(x) \sqrt{1 + f'^2(x)} \right]^{1-\alpha} dx}{\left(I_1 + k_{C_1} \omega^b I_2 \right)^{1-\frac{1}{a}} \left(\frac{G}{k_R} \right)^{\frac{1}{a}} r^2} . \qquad (2.17)$$

Значення коефіцієнтів пропорційності k_R, k_{C_1}, k_{C_2} та показників степеня a і b визначали експериментально за відомими величинами v_M, G й M.

Для двох експериментів тим самим інструментом за умови $\omega = const$ і при різних осьових навантаженнях ($G_1 \neq G_2$) з (2.9) отримаємо

$$a = \frac{\ln \frac{G_1}{G_2}}{\ln \left(\frac{v_{M_2}}{v_{M_1}} \right)} . \qquad (2.18)$$

Для двох експериментів, проведених при різних кутових частотах обертання долота з (2.15) і з урахуванням (2.3) маємо

$$b = \frac{\ln\left[\frac{M_1}{M_2}\left(\frac{\omega_1 v_{M_2}}{\omega_2 v_{M_1}}\right)^a\right]}{\ln\left(\frac{\omega_1}{\omega_2}\right)}. \qquad (2.19)$$

З (2.9) випливає

$$k_{C_1} = \frac{I_1}{I_2}\frac{1-\frac{G_1}{G_2}\left(\frac{v_{M_2}}{v_{M_1}}\frac{\omega_1}{\omega_2}\right)^a}{\frac{\omega_2^{b-a}\omega_1^a G_1}{G_2}\left(\frac{v_{M_2}}{v_{M_1}}\right)^a - \omega_1^b}. \qquad (2.20)$$

Для будь-якого експерименту з (2.9) також випливає

$$k_R = \frac{G\left(\frac{\omega}{2\pi v_M}\right)^a}{I_1 + k_{C_1}\omega^b I_2}, \qquad (2.21)$$

а з (2.15)

$$k_{C_2} = \frac{M(I_1 + k_{C_1}\omega^b I_2)}{\omega^b G\int x^{b+1}\left[\psi(x)\sqrt{1+f'^2(x)}\right]^{1-a}dx}. \qquad (2.22)$$

Процедура розрахунку прогнозних параметрів буріння для дослідних варіантів різальної частини долота складалась з наступних етапів:

1. За результатами двох експериментів, які відрізнялись між собою режимами відробки долота (різні осьові навантаження і частоти обертання), визначали для плоского профілю, як базового варіанту, характерні при розбурюванні даної гірської породи (мармур «коелга») значення констант k_R, k_{C_1}, k_{C_2}, a і b згідно співвідношень (2.18) – (2.22).

2. Отримані значення констант використовували для розрахунків енергетичних параметрів буріння доліт з дослідними варіантами різальної

частини при наступному режимі:

- осьовому навантаженні G – 25 кН;

- кутовій швидкості обертання ω – 2 с$^{-1}$.

Вказані числові значення параметрів режиму буріння моделюють реальні величини при використанні породоруйнівних інструментів з ПАР.

При розрахунках енергетичних параметрів буріння для долота з круглоступінчастим профілем різальної частини приймали, що вивільнені від стискаючих навантажень окремі ділянки лопатей ($y_{к1}$, $y_{к2}$, див рис. 2.3) не приймають участі в руйнуванні вибою. Отже, їх величину не враховували в обчисленнях.

На рисунку 2.4 представлено діаграму, що відображає порівняння прогнозних параметрів буріння долотами з дослідними профілями різальної частини (див. рис. 2.1).

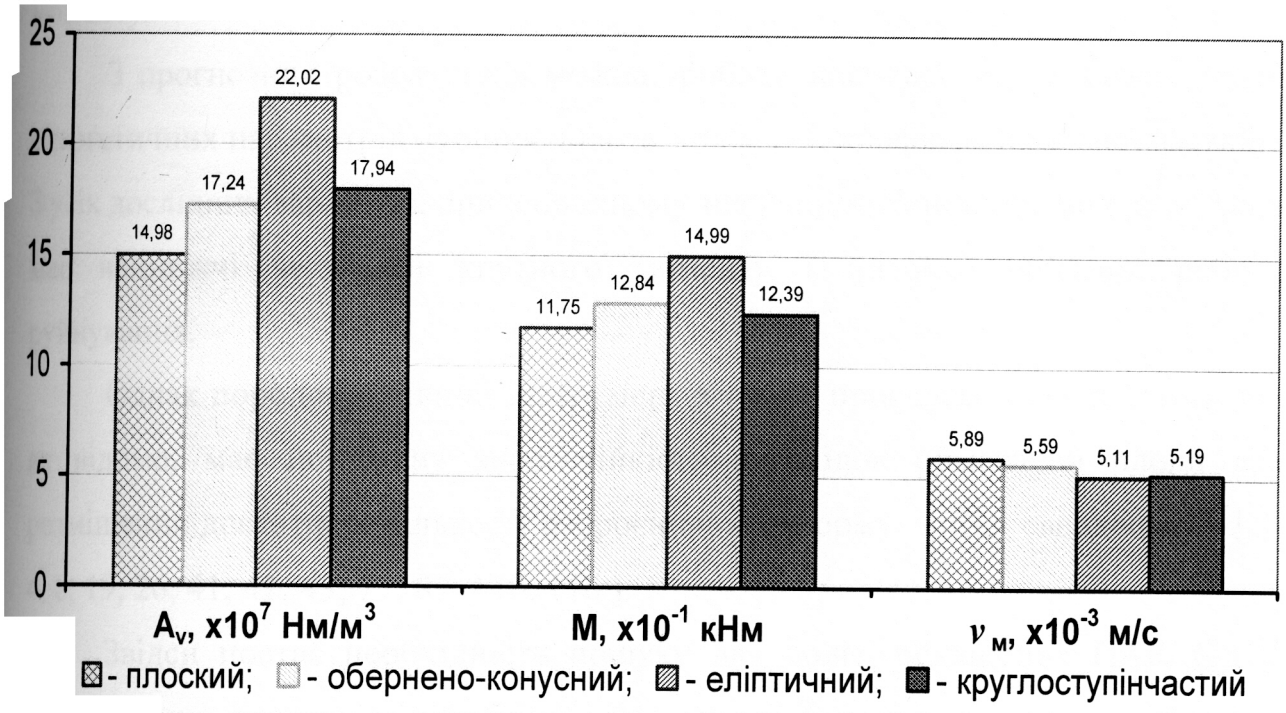


Рис. 2.4. Прогнозні значення параметрів роботи доліт з дослідними профілями різальної частини, розраховані методами математичного моделювання (при G = 25 кН, ω = 2 с$^{-1}$).

Результати прогнозних розрахунків свідчать про наступне:

1. Найбільше значення механічної швидкості буріння має долото з плоским профілем лопатей, а найменше – з еліптичним. Величина v_M для першого варіанту профілю на 12 % більша, ніж для другого.

2. Найбільші значення крутного моменту і енергоємності буріння має долото з еліптичним профілем лопатей, найменші – з плоским. Величини M і A_V для еліптичного профілю різальної частини, відповідно, в 1,3 і 1,5 рази більші, ніж для плоского.

3. Найближчі значення прогнозних параметрів буріння до плоского профілю мають долота:

- з обернено-конусним профілем – на 13 % вищі і 5 % нижчі величини, відповідно, питомої об'ємної роботи руйнування та механічної швидкості буріння;

- з круглоступінчастим профілем – на 5% вищу величину крутного моменту.

З прогнозних розрахунків можна зробити висновок про переваги щодо енергетичних параметрів буріння долота з плоским профілем різальної частини. З усіх дослідних варіантів, при найвищому значенні механічної швидкості, воно має найнижчі величини крутного моменту і питомої об'ємної роботи руйнування.

Однак породоруйнівний інструмент з таким профілем різальної частини, як відомо, має понижену зносостійкість внаслідок обмеженої площі для розміщення достатньої кількості озброєння, яке формує вибій свердловини [1, 4, 8, 19, 26, 41, 42, 43, 77, 87, 110, 116].

Звідси постає необхідність пошуку для доліт, оснащених ПАР, більш раціональних конструкцій робочої частини, які б враховували умови буріння похило-скерованих та горизонтальних свердловин з використанням вибійних двигунів й, одночасно, мали достатню зносостійкість.

Оскільки з результатів розрахунків методами математичного моделювання не можна зробити однозначний висновок, який профіль найбільш

близький за енергетичними характеристиками буріння до плоского, а також з метою перевірки теоретичних висновків необхідно провести експериментальні дослідження параметрів роботи доліт різальної дії з різними формами лопатей і на гірських породах різної твердості.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити широке коло питань наукового й методичного плану, що включало обґрунтування й розробку методики проведення експериментів, а також необхідної експериментальної техніки.

2.2. Основні положення методики проведення експериментальних досліджень

В результаті проведених у розділі 2.1 теоретичних розрахунків визначені основні прогнозні енергетичні показники роботи доліт з базовими формами різальної частини. Запропоновано принципово новий профіль лопатей для доліт з ПАР – круглоступінчастий – та здійснено попередні прогнозні обчислення його параметрів буріння.

Як зазначено вище, порівняння результатів теоретичних розрахунків не виявило, який з дослідних варіантів доліт є найбільш прийнятним для буріння похило-скерованих та горизонтальних свердловин з використанням вибійних двигунів. Отже, наступним кроком у вирішенні поставлених задач обрано проведення стендових експериментальних досліджень.

Виходячи з робіт [3, 5, 26, 43, 71] найбільш прийнятним методом дослідження конструктивних параметрів породоруйнівних інструментів можна вважати метод механічного моделювання. Його переваги – порівняльна простота, можливість виконання великого обсягу досліджень з мінімальними витратами часу й засобів, а також можливість забезпечення необхідної точності й надійності отриманих результатів. Тому з урахуванням мети і завдань проведення експериментальних досліджень, а також основних вимог до випробувань, що стосується визначення енергетичних показників процесу

буріння за основу при моделюванні були прийняті умови механічної та геометричної подібності [1, 3, 19, 26, 87].

Для виконання сутності механічного моделювання необхідно дотримати подоби механічних характеристик системи (деформацій, сил, переміщень і т.д.), що визначаються в наступний спосіб: якщо

$$y=f(x_1, x_2, \dots x_n), \qquad (2.23)$$

де $y, x_1, x_2, \dots x_n$ – характеристики оригіналу, то

$$y'=f(x'_1, x'_2, \dots x'_n), \qquad (2.24)$$

де $y', x'_1, x'_2, \dots x'_n$ – характеристики моделі.

При цьому:

$$y=m\cdot y'; \; x_1=m_1\cdot x'_1; \; x_2=m_2\cdot x'_2; \; \dots \; x_n=m_n\cdot x'_n, \qquad (2.25)$$

де $m, m_1, m_2, \dots m_n$ – масштабні множники.

Геометрична подібність виражається в такий спосіб:

$$f(x, y, z) =f\{k(x', y', z')\}, \qquad (2.26)$$

де x, y, z і x', y', z' – координати споріднених точок, відповідно, оригіналу й моделі;

k – масштабний множник.

Поставлене коло завдань і методи, які прийняли для їхнього вирішення, визначили вимоги до технічного забезпечення експериментальних досліджень, що включає: стендову експериментальну установку; дослідні зразки породоруйнівного інструменту й типи гірських порід для проведення випробувань.

Дослідження впливу конструктивних параметрів породоруйнівних інструментів на ефективність руйнування породи доцільно проводити при умовах, близьких до реальних. Це значить, що потужність і технічна характеристика приводу експериментальної установки повинні були мати відповідні можливості, тобто забезпечувати необхідний діапазон зміни величин осьового навантаження, кутової швидкості обертання й витрати промивної рідини.

Діапазон зміни режимних параметрів буріння залежав від розміру

експериментальних доліт і механічних властивостей гірських порід. Його величина обумовлювалась порівнянністю питомих навантажень і кутових швидкостей обертання з величинами цих параметрів у реальних умовах буріння. Це дозволило моделювати основні умови роботи озброєння доліт.

Здійснений у розділі 1 аналіз показав, що основними факторами, які впливають на ефективність роботи породоруйнівних інструментів різальної дії, є: конструктивні параметри різальної частини; зносостійкість озброєння, а також, фізико-механічні властивості гірських порід.

Згідно [26] експериментальні зразки були виконані за спрощеною схемою, однак зі збереженням основних критеріїв подоби дослідних конструктивних параметрів долота, яке моделюється, згідно співвідношень (2.23) – (2.26). Основними перемінними факторами, що підлягали дослідженню, були конструктивні параметри робочої частини – профіль різальної крайки і кількість лопатей.

В таблиці 2.1 наведено режими, на яких випробовували породоруйнівні інструменти діаметром 146 мм з різними профілями різальної частини та кількістю лопатей.

Таблиця 2.1

Режими буріння дослідними варіантами доліт діаметром 146 мм з різними профілями різальної частини

Профіль різальної частини долота	Матеріал вибою	Кількість лопатей, шт..	Режим буріння	
			Частота обертів, $с^{-1}$	Осьове навантаження, кН
1	2	3	4	5
Плоский	Мармур	12	2	15; 20; 25; 30
			1; 3; 4	15
		3; 6	2	
	Цементний блок	12		

1	2	3	4	5
Обернено-конусний	Мармур	12	2	15; 20; 25; 30
			1; 3; 4	15
		3; 6	2	
	Цементний блок	12		
Еліптичний	Мармур	12	2	15; 20; 25; 30
			1; 3; 4	15
		3; 6	2	
	Цементний блок	12		
Кругло-ступінчастий	Мармур	12	2	15; 20; 25; 30
			1; 3; 4	15
		3; 6	2	
	Цементний блок	12		
		3; 6		

Спочатку досліджували залежність параметрів роботи долота від форми профілю лопатей. Для проведення експериментів використали породоруйнівні інструменти з однаковою кількістю лопатей (12 штук) і чотирма різними профілями різальної частини: плоским, обернено-конусним, еліптичним і круглоступінчастим. Вплив геометрії різальної крайки на показники буріння визначали для порід з різними фізико-механічними властивостями.

На наступному етапі проводили дослідження для визначення раціональної кількості лопатей в породоруйнівних інструментах. Використовували долота з 3, 6 і 12 лопатями.

Основними критеріями оцінки ефективності породоруйнівних інструментів, згідно рекомендацій авторів робіт [6, 26, 77, 86] прийняли: питому об'ємну роботу руйнування, крутний момент і механічну швидкість буріння.

Внаслідок значного впливу на стійкість озброєння нерівномірності

роботи долота, визначали також динамічність роботи дослідних варіантів конструкцій [26, 72, 77].

Комплексний характер прийнятих критеріїв оцінки, а також завдання досліджень визначили вимоги до зразків порід і до контрольно-вимірювального комплексу експериментальної установки.

Породи вибиралися з умовою, що їхні фізико-механічні властивості повинні знаходитись в області ефективного застосування породоруйнівних інструментів, оснащених ПАР, тобто відноситись до гірських порід середньої твердості і м'яких. З метою зменшення погрішностей результатів експериментів, прийняті для дослідження зразки порід повинні бути однорідними по складу.

Згідно рекомендацій авторів робіт [9, 26, 40, 90], таким вимогам відповідають: природний мармур «коелга», а також штучні зразки із цементу [5, 43]

Основні властивості відібраних порід були визначені в лабораторії досліджень фізико-механічних властивостей порід ВНДІБТ (м. Москва) і наведені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Механічні властивості порід

Найменування порід	Твердість по штампу, МПа	Границя текучості, МПа	Коефіцієнт пластичності
Мармур «коелга»	950 – 1000	600 – 700	4 – 6
Цементні блоки	370	280	2

Використання даних порід дозволило мати більші проходки без видимого зношування озброєння породоруйнівного інструменту. У такий спосіб були створені рівні умови для проведення необхідної кількості дослідів долотом кожного варіанту.

Для визначення компонентів прийнятих комплексних критеріїв оцінки, а

також для виявлення раціональності дослідних конструктивних параметрів породоруйнівних інструментів, вимірювальний комплекс експериментальної установки забезпечував безперервний вимір і запис у процесі буріння наступних величин:

- осьового навантаження на долото;
- крутного моменту (максимальне, мінімальне і середнє значення);
- механічної швидкості буріння;
- кутової швидкості обертання долота.

На початку довбання, з метою виключення можливих відколів породоруйнівних елементів долота, проводилась буріння свердловини в блоці породи "з навісу". Після чого осьове зусилля доводилось плавно до необхідного рівня. Запис параметрів буріння здійснювався в усталеному режимі, тільки після завершення формування вибою дослідним варіантом долота.

З метою виключення хибного впливу на показники буріння неоднорідності гірської породи в кожному блоці проводилось однакове число довбань кожним з досліджуваних доліт. При спуску експериментального долота в раніше вже сформовану свердловину іншим профілем лопатей до початку експерименту здійснювалось буріння даним інструментом на понижених навантаженнях до повного контакту всіх породоруйнівних елементів з породою .

Для кожного з дослідних варіантів доліт проводилась ступінчаста зміна осьового навантаження й частоти обертання не менше ніж на 4 рівнях.

Щоб уникнути появи ознак зношування озброєння, буріння в окремому експерименті проводилось протягом короткого часу (до 60 с).

З метою досягнення необхідної вірогідності результатів на кожному режимі здійснювалась необхідна кількість випробувань (не менше трьох).

Для уникнення впливу неврахованих факторів, а також можливості зіставлення результатів досліджень при бурінні різних порід, їхню оцінку проводили у відносних величинах. Такий метод дозволяє з більшою надійністю виявляти переваги того або іншого конструктивного параметру [26].

2.3. Технічні засоби для проведення експериментальних досліджень

2.3.1. Експериментальна установка для проведення стендових досліджень. Широке коло питань, що досліджувались, узгодило використання можливостей експериментальної установки й пристроїв, які були розроблені раніше для випробувань породоруйнівних інструментів. При цьому успішне вирішення поставлених задач вимагало застосування стенду і контрольно-вимірювальної апаратури, які дозволяють з високою точністю одночасно реєструвати цілий ряд силових та кінематичних параметрів.

Для проведення експериментів використовували буровий стенд БШ-145, конструкції ВНДІБТ (м. Москва). Він дозволяє випробовувати зразки породоруйнівних інструментів у широкому діапазоні швидкостей обертання шпинделя, осьових навантажень і крутних моментів на блоках гірських порід та сталевому вибої, має систему промивання й тиристорний привід шпинделя [5].

На мал. 2.5 представлено зовнішній вигляд, а мал. 2.6 – схему експериментальної установки БШ-145.

Технічна характеристика експериментальної установки БШ-145 наступна:

- частота обертів шпинделя – 1…4 $с^{-1}$;
- осьове навантаження – до 90 кН;
- витрата промивальної рідини – до 0,02 $м^3/с$;
- крутний момент – до 2 кНм;
- частота приймання даних – 5 кГц;
- похибка вимірювань – не більше 0,5 %.

З урахуванням поставлених задач буровий стенд БШ-145 було дооснащено комбінованим перетворювачем крутного моменту і навантаження власної конструкції, а також, переобладнано для встановлення багатоканального вимірювального струмознімача (див. рис. 2.6) [52].

Перевагою комбінованих перетворювачів крутного моменту й осьового навантаження перед первинними перетворювачами є те, що вони дозволяють вимірювати кілька силових параметрів. Це особливо важливо при необхідності одночасного одержання розширеної інформації про роботу породоруйнівного

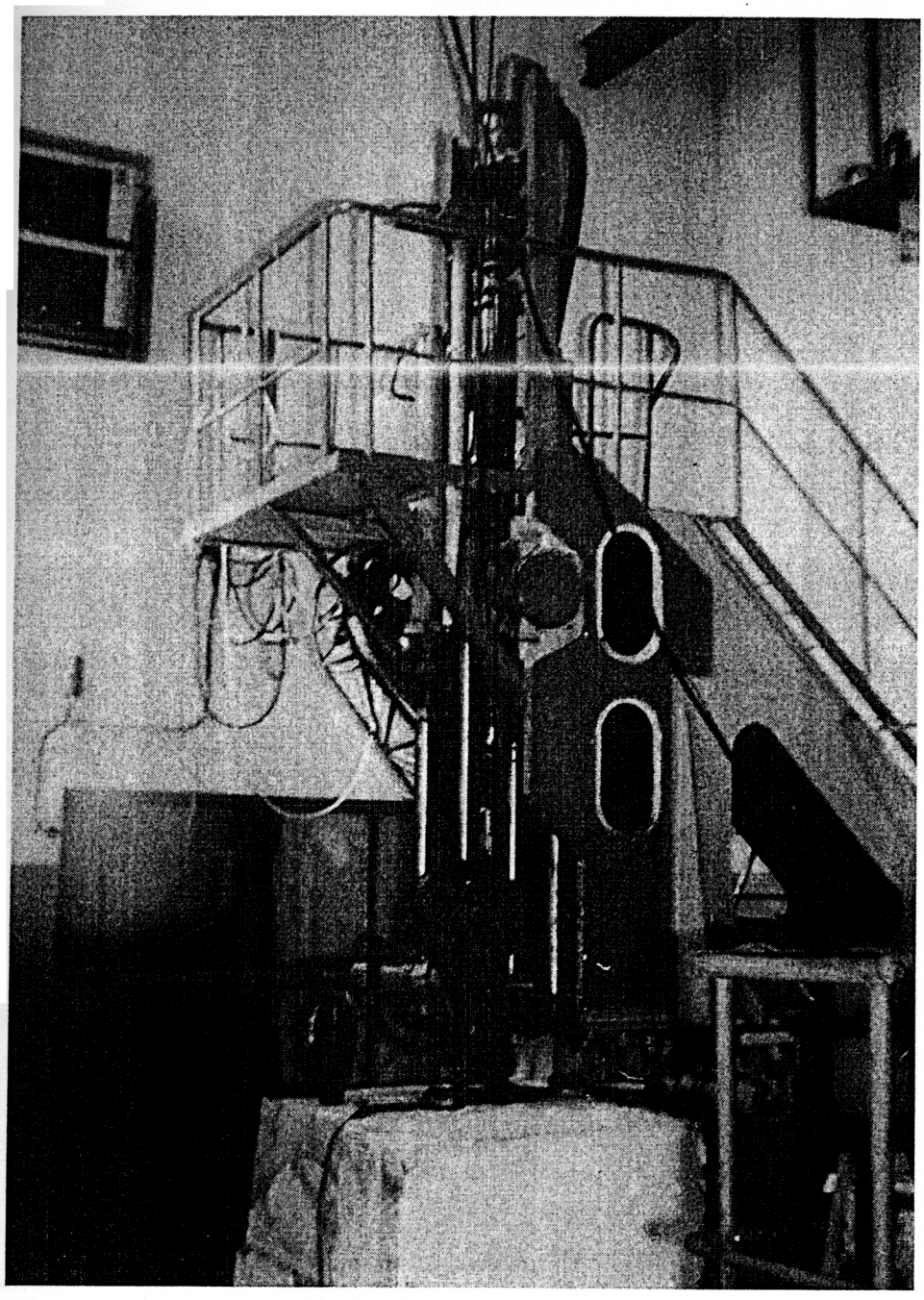


Рис. 2.5. Експериментальна стендова установка БШ-145
з блоком гірської породи.

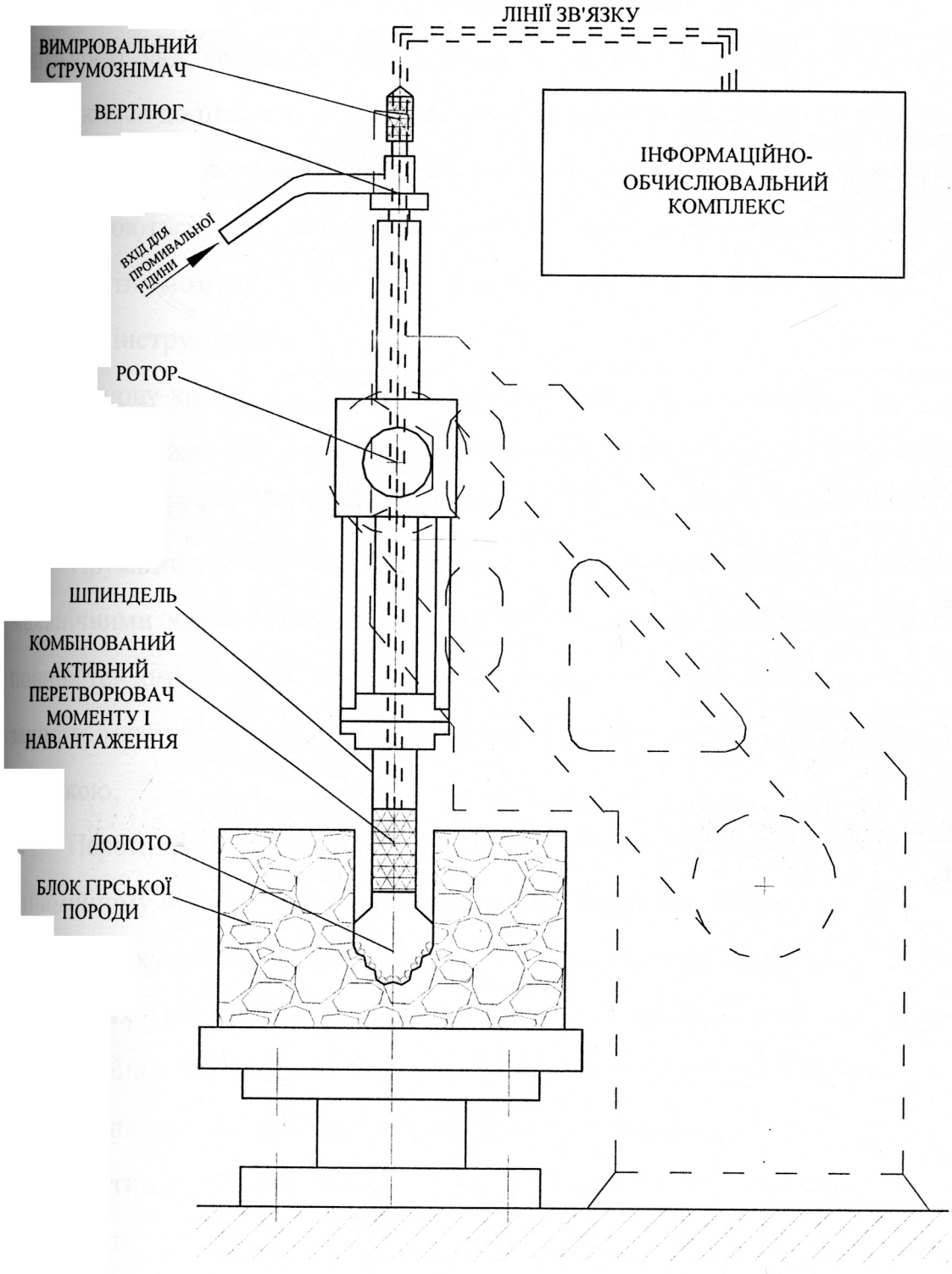


Рис. 2.6. Схема експериментальної стендової установки БШ-145.

інструменту якнайближче до нього.

Комбіновані активні перетворювачі встановлюються в безпосередній близькості над долотом, обертаються в процесі буріння й сигнали від них передаються до підсилювачів за допомогою вимірювальних струмознімачів.

Достоїнством активних датчиків у порівнянні з реактивними, які встановлюються під вибоєм, є те, що вони дозволяють найбільш точно вимірювати момент і осьове навантаження при роботі породоруйнівного бурового інструмента.

Основу кожного комбінованого активного перетворювача складає тільки один вимірювальний пружний елемент, виконаний у вигляді термообробленого сталевого циліндра, що зберігає стабільно свої характеристики.

Пружний елемент датчика повинен бути виготовлений зі сталі з високими механічними характеристиками, причому на ньому необхідно розмістити два повних тензометричних мости крутного моменту й осьового навантаження. Для захисту тензомостів від вологи, вони повинні бути покриті вологостійкою мастикою.

Перетворювач, який необхідно було спроектувати, піддається складному динамічному впливу крутного моменту й стискаючої осьової сили.

Розрахунки на ЕОМ і практичні дослідження показують, що внаслідок динамічних коливань долота, колони бурильних труб та перехідників навантаження на долото може значно перевищувати статичне й частота коливань навантаження кратна частоті обертання долота.

Крутний момент також змінюється внаслідок коливального характеру руху долота.

У зв'язку із цим на комбінований перетворювач діють перемінні навантаження. Отже, розрахунок його пружно-деформованого стану та міцності необхідно було проводити з урахуванням всієї сукупності чинних факторів.

Принципи, які покладені в основу створення комбінованого датчика, наступні:

- незалежність вимірювання моменту й осьової сили;
- виключення впливу концентраторів напруг у вимірювального пружного елемента;
- збереження лінійності вимірів механічних характеристик аж до критичних величин навантажень, що створюються на буровому стенді.

Механічні й електричні розрахунки пружних елементів проводилися, виходячи з умов забезпечення високої сигнальної деформації при досить великому запасі їхньої міцності й жорсткості, відсутності нелінійності й гістерезису у відтворюваних показаннях, наступним чином:

- розрахунки напруг, деформацій і електричних сигналів для різних варіантів навантаження;
- вибір конструктивних розмірів;
- урахування концентрації напруг.

Вихідні дані:

1. Характеристика матеріалу, з якого виготовляється датчик – сталь 40ХН2МА [78]:

- модуль поздовжньої пружності $E = 2{,}1 \text{x} 10^5$ МПа;
- модуль зсуву $G_T = 8{,}3 \text{ x } 10^4$ МПа;
- коефіцієнт Пуассона $\mu = 0{,}25$;
- тимчасовий опір розриву $\sigma_B = 1100$ МПа;
- границя текучості $\sigma_T = 850$ МПа;
- границя витривалості при крутінні $\tau_{-1} = 345$ МПа.

2. Характеристики стенду БШ-145:

- осьова сила $P \leq 90$ Н;
- крутний момент $M \leq 2$ кНм.

Розрахунки велися для товстостінної труби виходячи з умови $r_1 + r_2 < 10(r_1 - r_2)$, тобто товщина стінки пружного елемента $\delta > 2\, r_1/11$, або $\delta > 2r_2/9$, або $r_2/ r_1 < 0{,}82$.

Розрахунки проводилися по наступних формулах:

- для осьового навантаження

$$\sigma = \frac{P}{F} = \frac{P}{\pi\left(r_1^{\,2} - r_2^{\,2}\right)}, \tag{2.27}$$

при

$$\Delta U = \frac{K \cdot U \cdot P}{2F \cdot E} = \frac{K \cdot U \cdot P}{2E\left(r_1^{\,2} - r_2^{\,2}\right) \cdot \pi}, \tag{2.28}$$

де σ - напруга стискання;

ΔU - електричний сигнал на виході тензометричного мосту;

K - коефіцієнт тензочутливість;

U - напруга живлення тензомосту;

P - осьова сила;

r_1 - зовнішній радіус пружного елемента;

r_2 - внутрішній радіус пружного елемента;

- для крутного моменту

$$\tau = \frac{2M \cdot r_1}{\pi\left(r_1^{\,4} - r_2^{\,4}\right)}, \tag{2.29}$$

при

$$\Delta U = \frac{K \cdot U \cdot \tau}{2G_T} = \frac{K \cdot U \cdot 2M \cdot r_1}{2G_T\left(r_1^{\,4} - r_2^{\,4}\right) \cdot \pi}, \tag{2.30}$$

де τ - напруга крутіння.

Було проведено кілька попередніх розрахунків при різних зовнішніх і внутрішніх радіусах пружних елементів. Всі інші вихідні дані залишались постійними.

Найбільш оптимальним виявився розрахунок, наведений у табл. 2.3.

Зовнішній і внутрішній радіуси пружного елемента перетворювача становили, відповідно:

r_1 = 27,5 мм;

r_2 = 20,0 мм.

Таблиця 2.3

Результати розрахунку пружного елементу комбінованого перетворювача крутного моменту й осьового навантаження

Найменування датчика	Площа перерізу пружного елементу, F, x10^3 мм^2	r_1^2-r_2^2, x10^2 мм^2	σ, МПа	r_1^4-r_2^4, x10^3 мм^4	τ, МПа	ΔU, мВ для розрахунку	
						σ	τ
Комбінований перетворювач крутного моменту й осьового навантаження	1,12	3,56	89,44	4,12	106,4	5,37	15,96

На рисунку 2.7 наведено загальний вигляд розробленого комбінованого перетворювача крутного моменту й осьового навантаження, а на рисунку 2.8 – розміри його корпуса.

Одним з основних факторів, які необхідно враховувати при розрахунках датчиків механічних навантажень є концентрація напруг. На ділянках різких змін у формі пружного тіла, якими у нашому випадку є галтелі, виникають підвищені напруги внаслідок порушення рівномірності їх розподілу. Зона поширення підвищених напруг обмежена вузькою ділянкою, розташованою в межах концентратора. У зв'язку з наявністю у перетворювачах перемінних навантажень ще більше зростає значимість фактора концентрації напруг. Оскільки в межах галтелей перетворювача маємо складний напружений стан, тобто на поздовжніх й поперечних відносно перерізу труби площадках виникають як нормальні, так і дотичні напруги, радіус закруглення галтелі вибрано достатньо збільшеним і рівним 30 мм (див. рис. 2.8). Це дозволяє знизити концентрацію підвищених напруг у галтелях і при наклеюванні тензометричних опорів на зовнішню стінку пружного елемента уникати

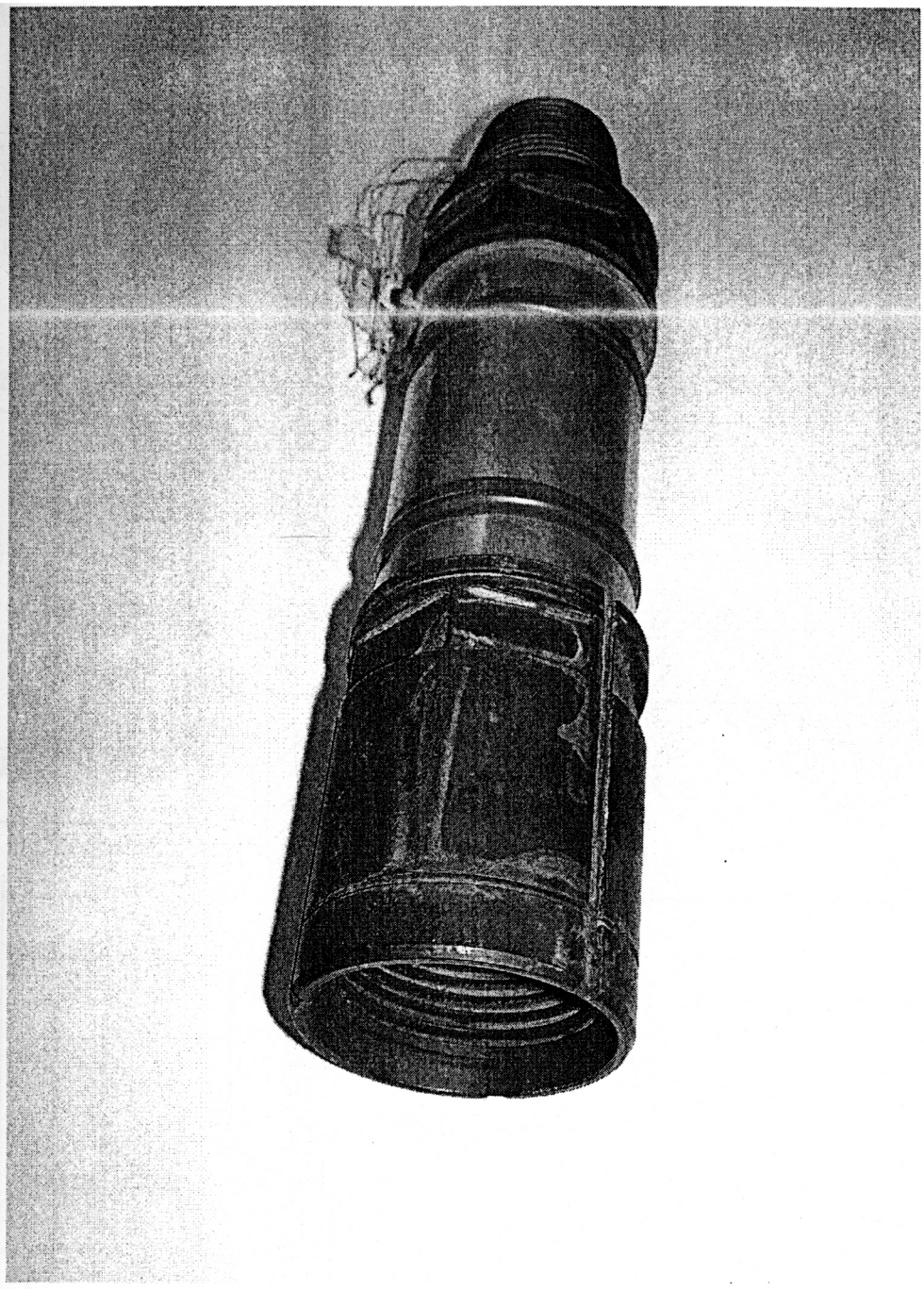


Рис. 2.7. Комбінований активний перетворювач моменту і навантаження.

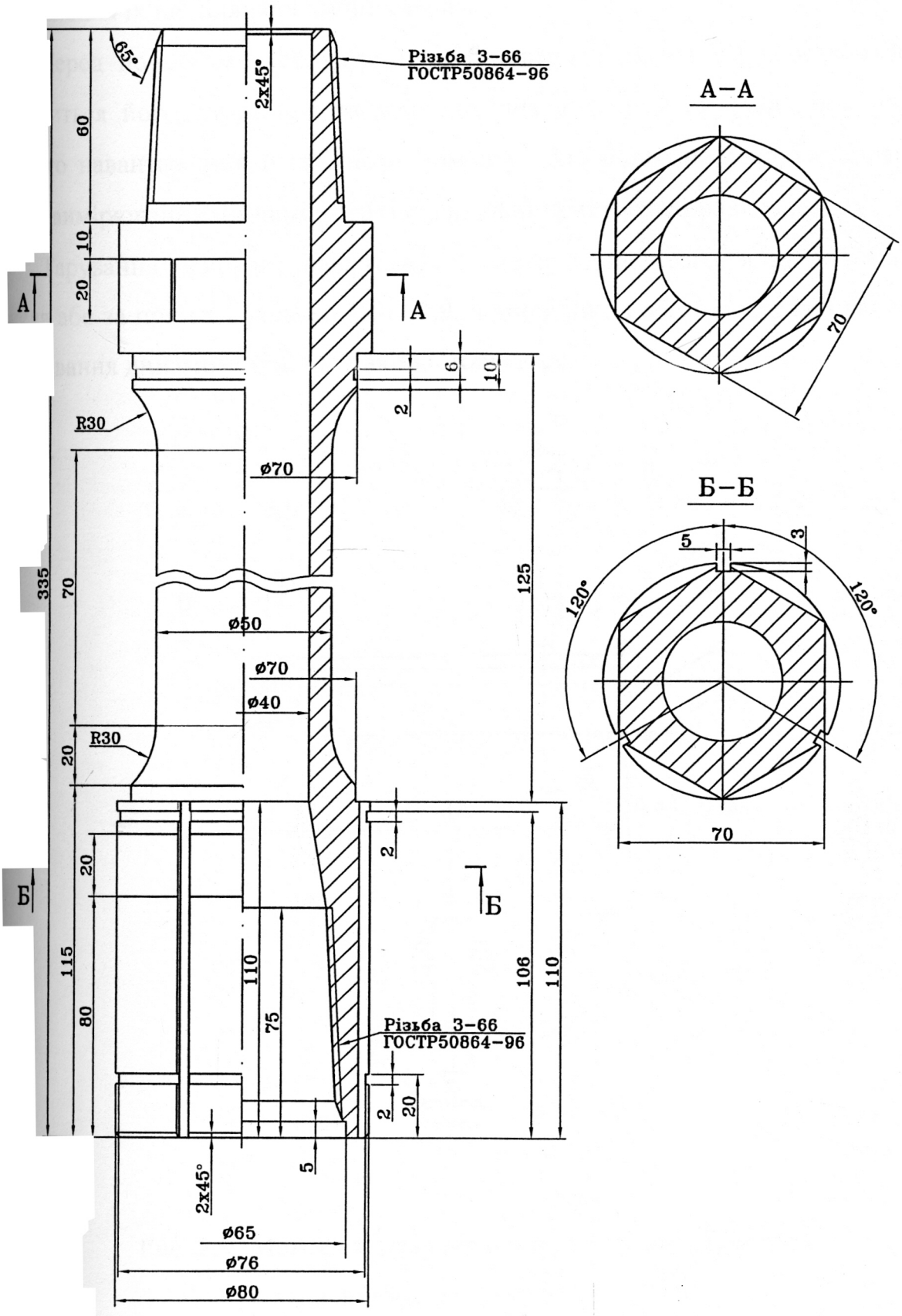


Рис. 2.8. Корпус комбінованого активного перетворювача крутного моменту і навантаження.

встановлення їх на ділянках хибних напруг.

Перед початком експлуатації комбінованого активного перетворювача проводиться його тарування та метрологічна атестація стосовно показників осьового навантаження й крутного моменту. Для цього необхідні стандартні засоби вимірювання (динамометр) і спеціальні пристосування.

Тарування осьового навантаження може здійснюватися за допомогою важеля або за прямою схемою (рис. 2.9, відповідно, а або б), залежно від межі вимірювання динамометра, що використовується.

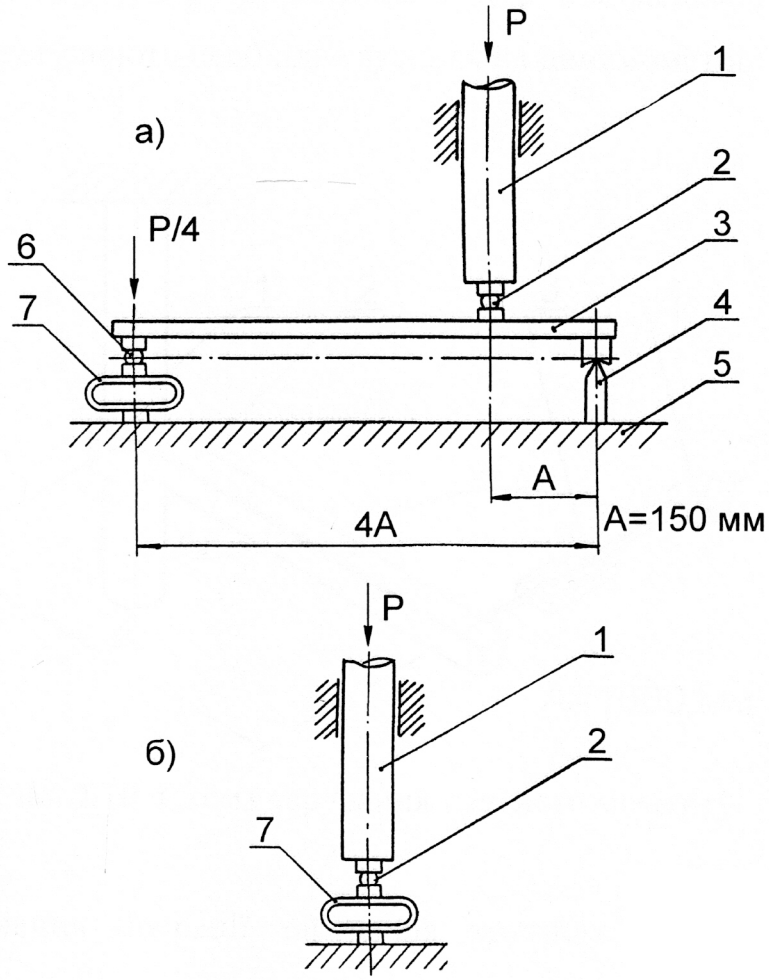


Рис. 2.9. Методи тарування осьового навантаження:

а) за допомогою важеля;

б) за прямою схемою.

У першому випадку навантаження через датчик 1, кульки 2 і 6 та важіль 3 передається на динамометр 7, який встановлено на горизонтальній станині 5.

З іншого боку важіль 3 опирається на призму 4. Відстані від осі обертання датчика 1 до опорних точок динамометра 7 та призми 4 співвідносяться як, відповідно, 3:1 (див. рис. 2.9, а).

При таруванні за прямою схемою навантаження через датчик 1 і кульку 2 передається безпосередньо на динамометр 7 (див. рис. 2.9, б).

Тарування крутного моменту проводиться в суворій відповідності з вимогами метрології за схемою, наведеною на рис. 2.10. На корпус датчика 1 встановлюється ключ 2, до зворотнього кінця якого на відстані 1000 мм від осі обертання вала стенду прикріплений динамометр 4. За допомогою кронштейна зі струбциною 3 регулюють необхідне зусилля на динамометрі.

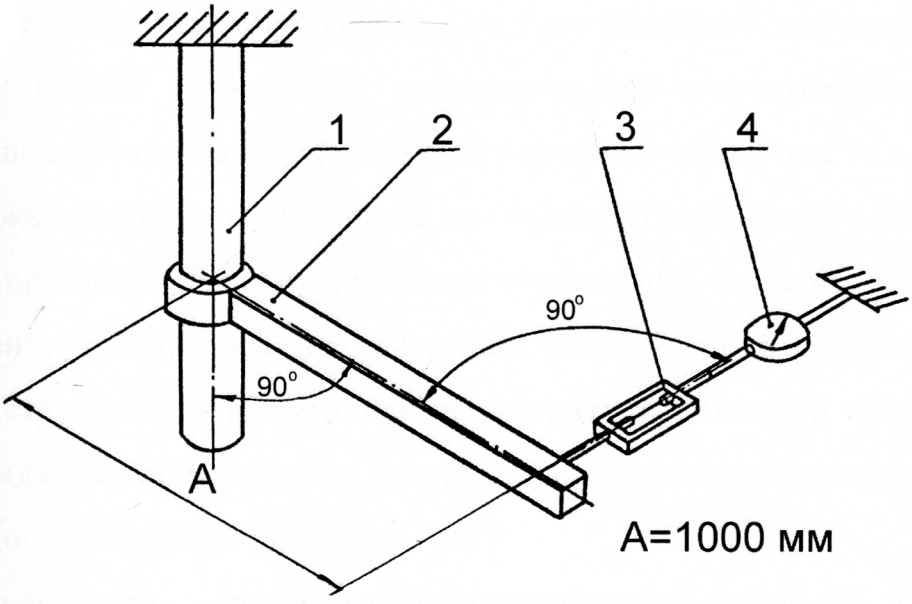


Рис. 2.10. Схема тарування крутного моменту.

Для здійснення операції тарування крутного моменту розроблений спеціальний ключ, конструкція якого приведена на рис. 2.11. Дана конструкція за рахунок використання замка 2 зі стяжними гвинтами 3 дозволяє досягати щільного обхвату площин перетворювача і, відповідно, високої якості проведення операцій. Кулька 4, встановлена на відстані 1000 мм від центру шестигранника в гнізді важеля 1 забезпечує передачу йому навантаження в необхідному зосередженому вигляді.

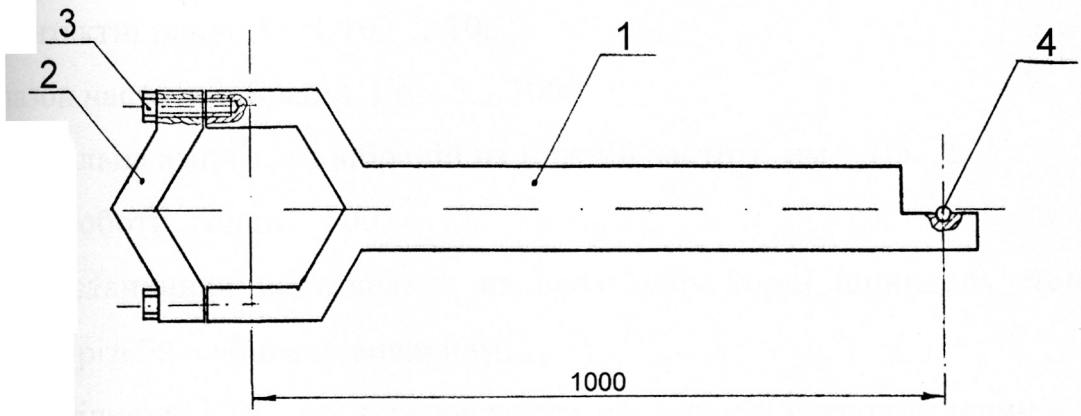


Рис. 2.11. Тарувальний ключ.

З метою підвищення надійності передачі інформації від розробленого комбінованого активного перетворювача крутного моменту й навантаження до приладів, які реєструють і обробляють дані, при проведенні експериментів було застосовано більш досконалий вимірювальний струмознімач (ВС) та попередньо переустатковано буровий стенд для його установки.

Багатоканальний контактний ВС призначений для передачі без похибок в умовах сильних вібрацій вимірювальних електричних сигналів, що надходять від первинних, встановлених на валу, який обертається, й породоруйнівному буровому інструменті, перетворювачів моменту й осьового навантаження, кутової швидкості обертання та інших на входи, встановлених стаціонарно, вимірювальних підсилювачів.

Вимірювальний струмознімач розроблено сектором контрольно-вимірювальних приладів відділу породоруйнівних бурових інструментів ВНДІБТ [5].

Технічна характеристика ВС, який використовували при проведенні експериментальних досліджень, наступна:

1. Кількість каналів, шт. – 32.
2. Максимальна частота обертання ротора, $с^{-1}$ – 1-6
3. Максимальна кругова швидкість руху контактних кілець, м/с – 0,5.
4. Перехідний опір контактної пари, мкОм – 1±1.
5. Діапазон величини електричних сигналів, які передаються

через контактні пари, В – $1 \cdot 10^{-5}$ …10.

6. Діапазон частоти вібрацій, Гц – 5…1000

7. Максимальна амплітуда вібрацій на нижній частоті, мм – 1,5...2.

8. Ресурс роботи, годин – 500.

ВС встановили вертикально на верхньому торці шпинделя стенду за допомогою різьби з лівим навиванням.

У порівнянні з ВС, які встановлюють під нижнім патроном шпинделя, він має наступні переваги:

- у процесі буріння блоків породи породоруйнівним буровим інструментом на нього не впливають крутний і згинальний моменти, осьове навантаження;

- значно зменшуються вібрації, що впливають на вузли й деталі струмознімача;

- збільшується проходка породоруйнівного інструменту при бурінні в блоці породи.

Оскільки ВС непрохідний для промивної рідини його роторні кільця мають незначний діаметр, завдяки чому на максимальних обертах шпинделя кругова швидкість руху роторних кілець в 24 рази менше припустимої величини для контактної пари, у якої кільця й щітки виконані з латуні – 12 м/с.

На кожне роторне кільце встановлені по дві щітки, що значно підвищує надійність роботи струмознімача.

Щіткотримачі мають пристрої, які дозволяють здійснювати регулювання величини притискання щіток до контактних кілець.

На роторні кільця встановлені мастильні пристрої, які оберігають поверхні контактних пар від появи кисневих плівок, що значно підвищує надійність ВС у роботі, зменшує механічне зношування кілець і щіток та дозволяє його використовувати довгочасно без проведення профілактичних робіт.

Вимірювальний струмознімач розміщений у кожусі для захисту його вузлів і деталей від пилу й капель промивної рідини в процесі буріння.

На ВС встановлені вхідне й вихідне гнізда для підключення ліній зв'язку, що з'єднують з ним, відповідно, первинні перетворювачі і електронну апаратуру.

Для встановлення вимірювального струмознімача на буровому стенді здійснено його переобладнання (рис. 2.12). Замість ведучої труби у шпинделі 2 стенду встановлюється укорочена труба 4 із закріпленим на її зовнішній поверхні багатожильним кабелем. Труба 4 закріплюється в патронах 3 і 5 через перехідники. Щоб уникнути провертання труби 4 на ній фрезеруються грані згідно числа плашок патронів 3 і 5.

Після закріплення труби 4 кабель виводиться між плашками патронів. На верхньому кінці кабелю встановлюється один 32-контактний з'єднувач. Нижній кінець кабелю розпаюється в гнізда, встановлені на кронштейні 1 під нижнім патроном 3.

Далі проводиться збирання спеціального вертлюга 6. Через обвідну трубу 8 валу вертлюга 6 протягується багатоканальний кабель і розпаюється в гніздах для з'єднання зі струмознімачем й кабелем шпинделя. На кронштейн вала з гніздом 9 встановлюється струмознімач 10. Потім на вертлюг 6 встановлюється захисний кожух 12. Верхній кінець струмознімача 11 центрують і закріплюють в кожусі 12 за допомогою гумової манжети 13.

У зібраному вигляді вертлюг 6 за допомогою різьби з лівим навиванням встановлюється на верхньому перехіднику труби 4. Через трубу 7 вертлюга 6 подають промивальну рідину.

Для виміру, реєстрації, збирання й обробки даних експериментальна установка БШ-145 оснащена вимірювально-обчислювальним комплексом (ВОК) на базі електронно-обчислювальної машини (ЕОМ).

Комбінований пристрій УКБ-200, що використовували в складі ВОК, має тридцять два аналого-цифрових входи (АЦВ), які з'єднані через комутаційно-підсилювальний стояк з шпинделем стенду і забезпечують швидкодію до 20 кГц. Це гарантувало високу надійність результатів експериментів.

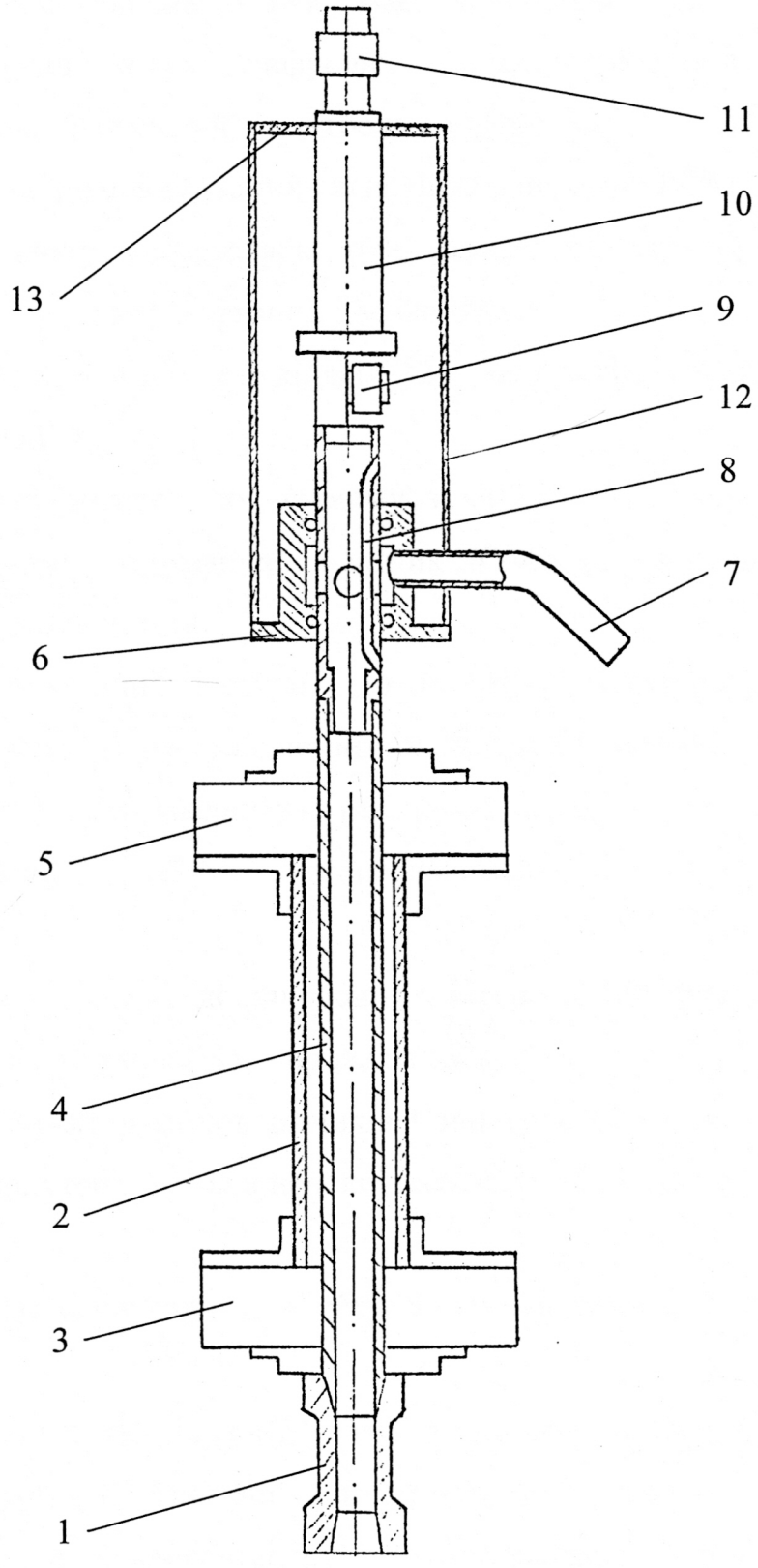


Рис. 2.12. Переобладнання стенду БШ-145 для встановлення вимірювального струмознімача.

Комутаційно-підсилювальний стояк має, відповідно, 32 термічно стабілізованих підсилювача й ряд цифрових і аналогових приладів, що дозволяло здійснювати візуальний контроль інформації зі стенду та забезпечувало необхідний рівень вихідних сигналів для передачі ЕОМ.

Програма, що використовувалась при проведенні експериментів, працювала в режимі діалогу з користувачем і дозволяла:

- опитати в довільній послідовності будь-які з 32 каналів АЦВ із частотою від кількох герців до 20 кГц;
- записати комбіновані сигнали по кожному з каналів, чим виключалася необхідність прямого тарування «датчик-ЕОМ» і підвищувалася метрологічна надійність системи;
- записати нульові показання датчиків до й після експерименту, чим виключався брак через збої контрольно-вимірювальних пристроїв і ЕОМ;
- задати умови для початку та завершення реєстрації даних;
- записати довільний об'єм експериментальних даних на магнітний диск;
- супроводити кожний запис довідковою текстовою інформацією про характер експерименту й умови його проведення;
- ввести тарувальні характеристики датчиків і записати їх на диск разом з результатами експерименту, що виключало помилки при подальшій обробці результатів.

Програми, які застосовували для обробки результатів експерименту, дозволяли:

- для будь-якого набору сигналів побудувати за допомогою графобудівника їхні графіки, одержати статистичні оцінки (середнє значення, середнє квадратичне відхилення, максимальне й мінімальне значення) як на локальному інтервалі, так і накопичені;
- оцінити величину проходки й механічної швидкості буріння;
- зв'язати дослідні параметри з часовими параметрами реєстрації;
- оцінити кінематику породоруйнівного інструменту.

Основна приведена погрішність блоку ПНК (перетворювач «напруга-код»), що здійснює перетворення в цифровий код і вводить в обчислювальний комплекс миттєві значення аналогових сигналів, складала 0,25 %.

Тарування датчиків і підготовку експериментальної установки до роботи здійснювали згідно загальноприйнятих методик. При проведенні експериментів на стенді використовували рекомендації [5, 26, 37, 42, 45, 71 та ін.].

2.3.2. Експериментальне долото ДЛР-146. З урахуванням вимог до дослідних зразків конструкцій експериментальних доліт, які викладені в розділі 2.2, вони створювались з мінімально можливим числом нерегульованих параметрів. При цьому основна увага приділялась тим конструктивним параметрам, дослідження яких входило в задачі даної роботи, а саме – формі різальної крайки і кількості лопатей.

З огляду на те, що об'єктом досліджень породоруйнівних інструментів була просторова геометрія різальної частини, вона й була прийнята в якості основного перемінного конструктивного параметра. При цьому, у різних варіантах їхнього виконання змінювалася тільки форма профілю лопатей та їх кількість зі збереженням постійної величини кута різання.

Таким чином, зазначені зміни проводилися у взаємно перпендикулярних площинах, тобто – у площині, перпендикулярній осі обертання долота, і в площині, що проходить через цю вісь. Відповідно до цього розподілялись завдання, для вирішення яких проектувалось експериментальне долото: визначення впливу на ефективність буріння величини площі поверхні вибою, що утворювався при обертанні інструменту, і його контактної площі. Зміни площі поверхні утвореного вибою забезпечувалися використанням різних профілів різальної частини лопатей, а величини контактної площі – їх кількістю.

Крім того, передбачалося виявлення раціональної форми робочої поверхні долота для розміщення озброєння з умови забезпечення його

тривалого ресурсу роботи.

При розробці конструкцій експериментальних варіантів доліт дотримувались вимог геометричної подібності.

У відповідності до цього було розроблено розбірне долото зі змінними лопатями діаметром 146 мм під шифром ДЛР-146 [32, 43]. Загальний вигляд експериментального долота показаний на рис. 2.13, а його склад – на рис. 2.14. Долото (див. рис. 2.14) складається з корпуса 1, на якому встановлюються лопаті 6...17. Між лопатями розміщені вкладиші 2, кожний з яких кріпиться трьома гвинтами 4 до корпуса 1. Пружинна шайба 5 запобігає при бурінні самовільному відкручуванню гвинта 4 внаслідок впливу обертання і вібрацій породоруйнівного інструменту. Стопорне кільце 3 служить для фіксації лопатей при збиранні долота.

Конструкція долота передбачає встановлення 3, 6 та 12 лопатей. Замість відсутніх лопатей встановлюються спеціальні вкладиші відповідної товщини і довжиною, що виключає їх виступання за межі корпуса.

Робоча частина долота армована твердосплавними циліндричними вставками (форма Г54 за ГОСТ 880—75, ∅10 х 8 мм, сплав ВК8). При розташуванні породоруйнівних елементів на робочій поверхні лопатей мінімальна відстань між ними обумовлювалась їхніми геометричними розмірами, а максимальна обмежувалась необхідністю повного перекриття вибою

На основі проведених в розділі 1.2 досліджень кут нахилу лицевої поверхні різальних елементів до площини вибою позаду них або кут різання був прийнятий рівним 105 градусів.

Розміщення зубків на лопатях, їх розміри та форма різальної крайки повністю моделюють ПАР діаметром 13,5 мм в породоруйнівних інструментах діаметром 214,3 мм.

Долото має чотири варіанти змінних лопатей з різним профілем робочої частини: плоским, обернено-конусним, еліптичним та круглоступінчастим,

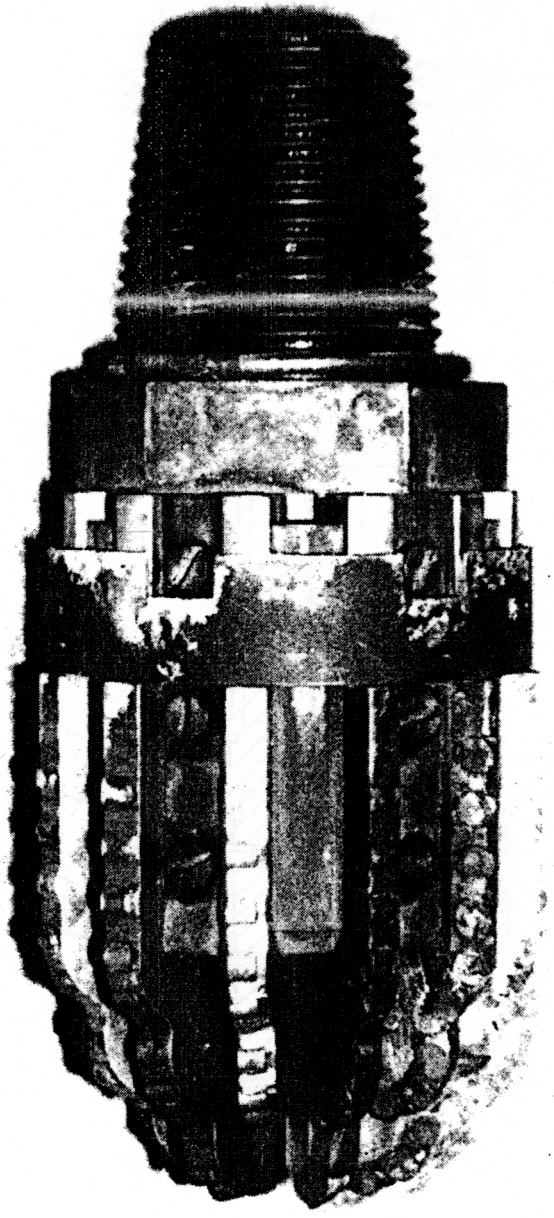


Рис. 2.13. Експериментальне долото ДЛР-146.

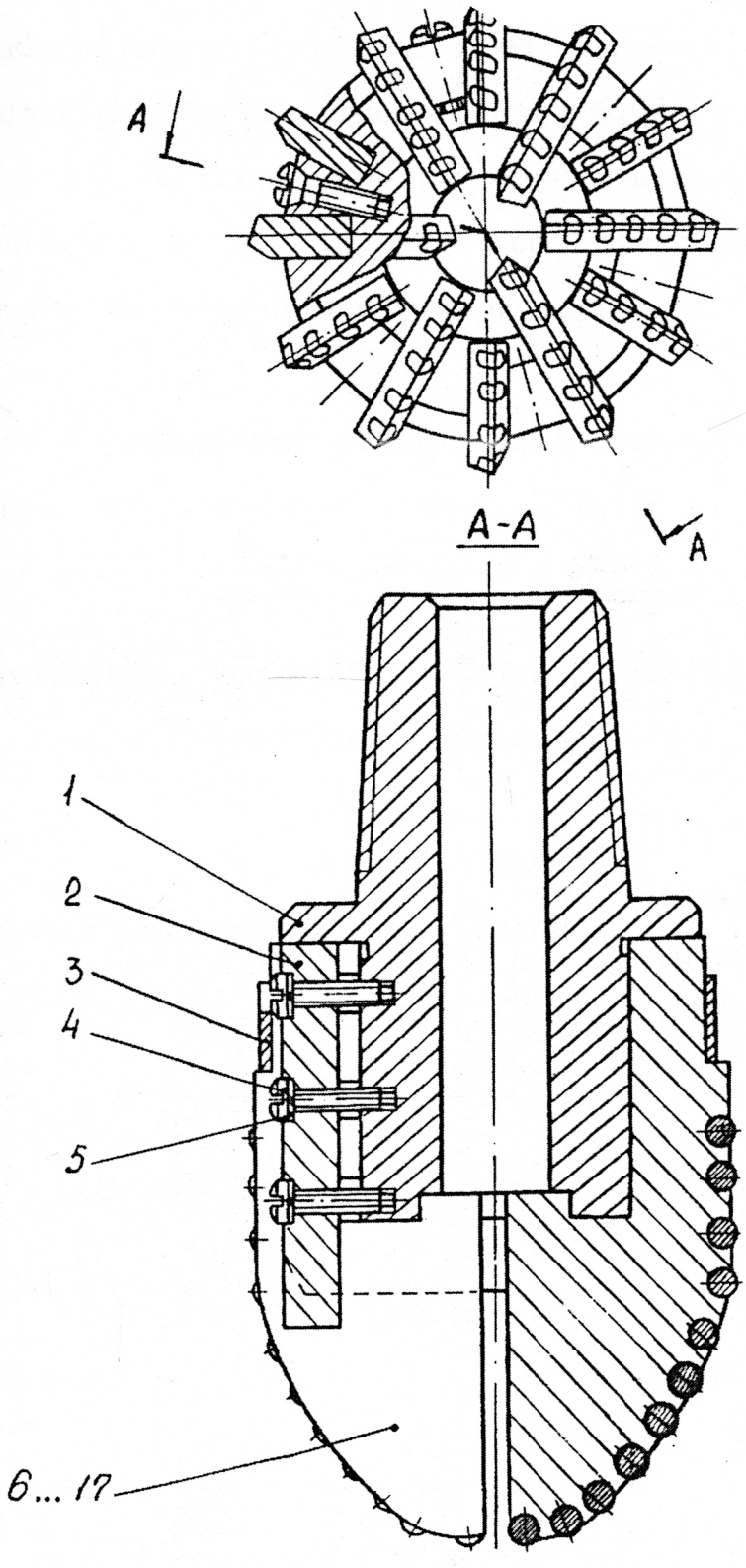


Рис. 2.14. Конструкція експериментального розбірного долота ДЛР-146:

1 – корпус; 2 – вкладиш; 3 – стопорне кільце;

4 – гвинт; 5 – шайба; 6...17 – змінні лопаті.

комплекти яких показані на рисунках, відповідно, 2.15, 2.16, 2.17 і 2.18.

З метою забезпечення компонування породоруйнівного інструменту з 3, 6 і 12 лопатями розроблено по шість різних їх конструкцій для кожного варіанту (див. рис. 2.15 – 2.18), які встановлювали в корпусі через 120 градусів. Щоб скомпонувати долото з 12 лопатями було передбачено виготовлення двох екземплярів кожної конструкції, що розміщувались в корпусі через 180 градусів.

В таблиці 2.4 представлені конструктивні і розрахункові параметри дослідних варіантів експериментального долота ДЛР-146.

Таблиця 2.4

Конструктивні і розрахункові параметри дослідних варіантів експериментального долота ДЛР-146

№№ п/п	Варіанти профілю лопатей	Кількість лопатей, шт..	Площа поверхні вибою, мм^2	Кількість породо-руйнівних елементів, шт..
1	Плоский	12	20990	42
		6		26
		3		14
2	Обернено-конусний	12	22562	53
		6		33
		3		18
3	Еліптичний	12	34906	77
		6		45
		3		24
4	Круглоступінчастий	12	34830	72
		6		42
		3		22

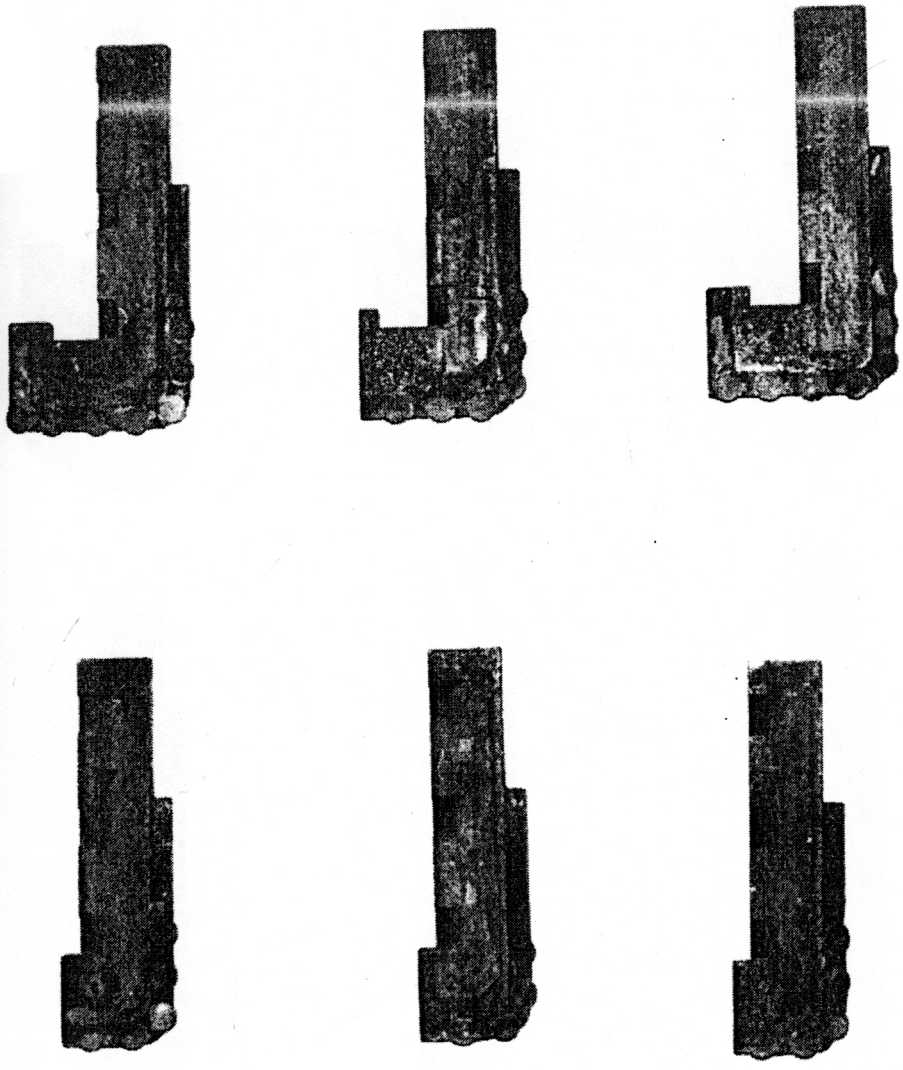


Рис. 2.15. Лопаті з плоским профілем різальної частини.

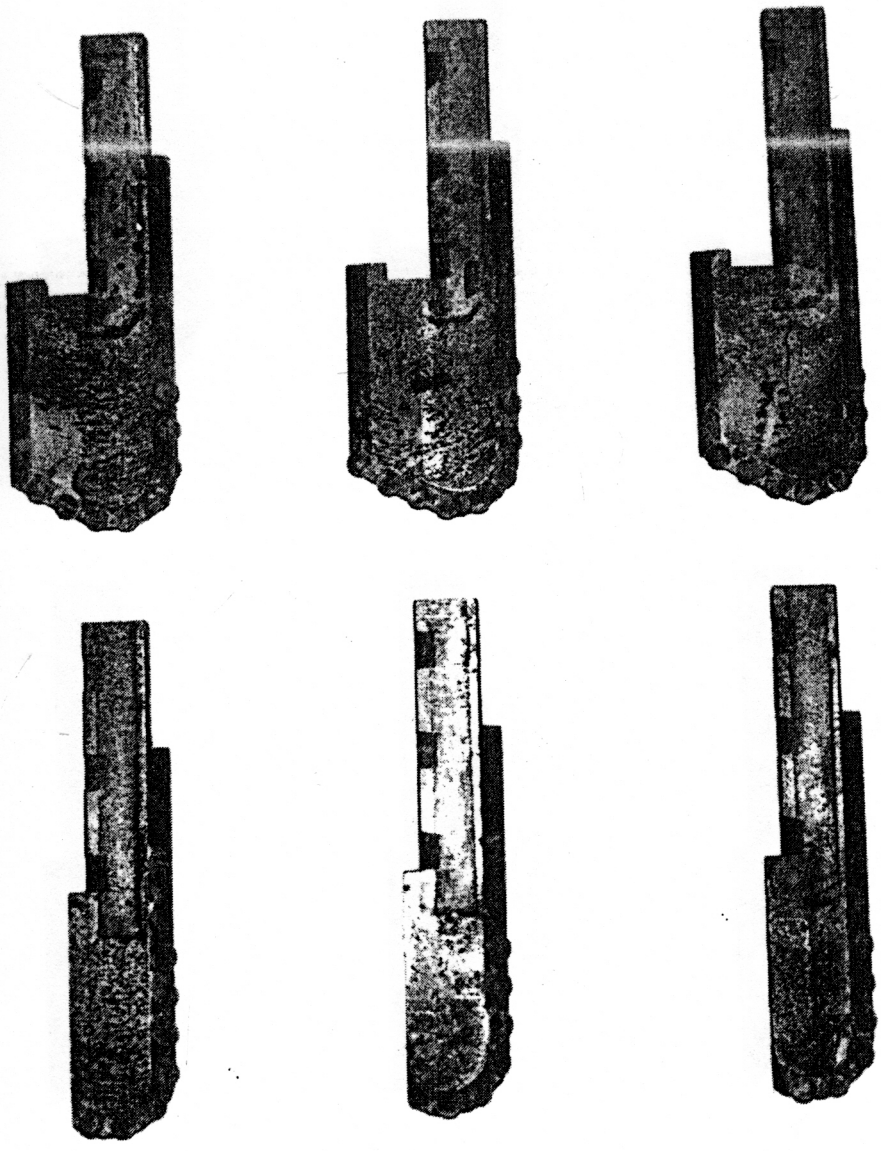


Рис. 2.16. Лопаті з обернено-конусним профілем різальної частини.

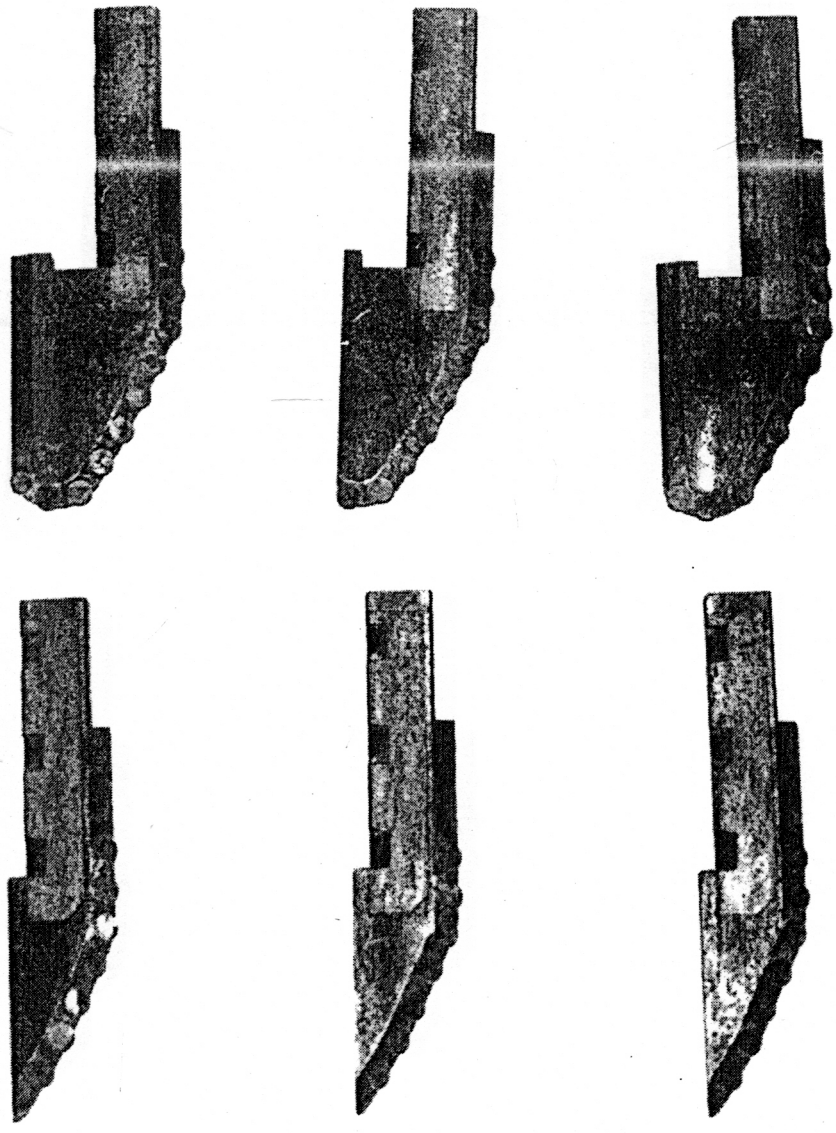


Рис. 2.17. Лопаті з еліптичним профілем різальної частини.

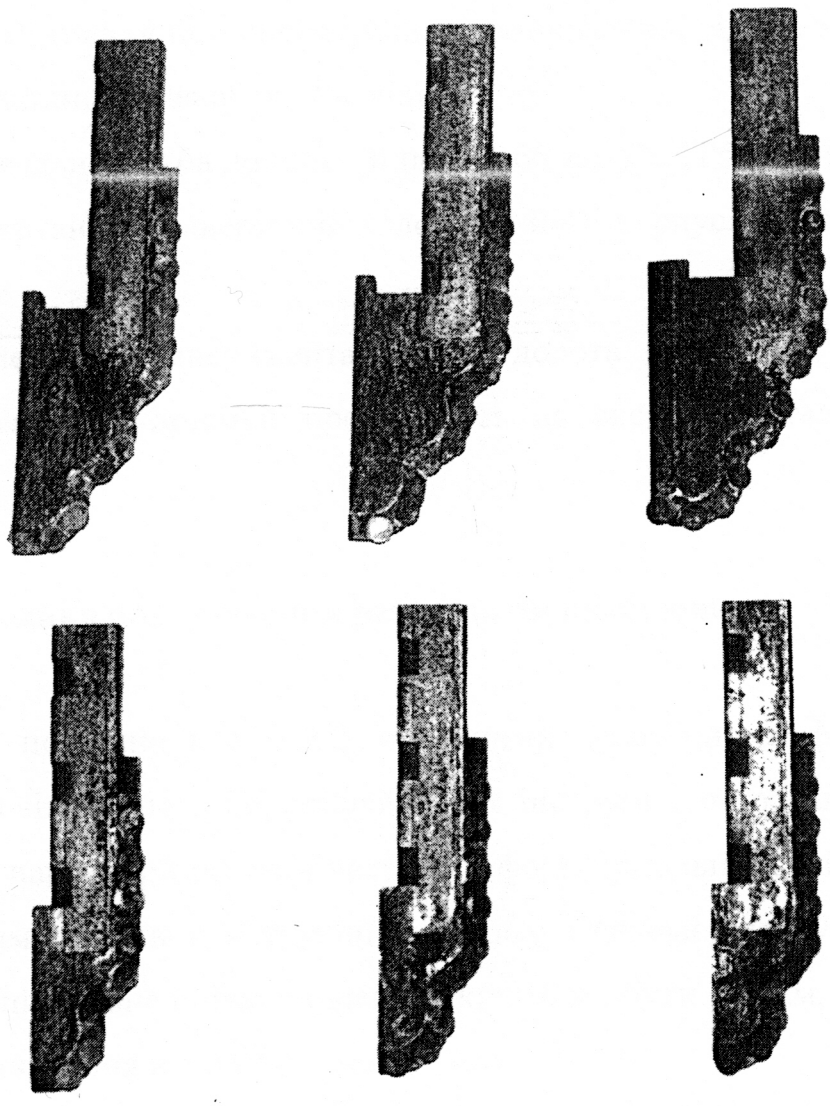


Рис. 2.18. Лопаті з круглоступінчастим профілем різальної частини.

Конструкція корпусу забезпечувала взаємозамінність розташування лопатей. З метою впорядкування процесу збирання експериментального долота лопаті кожного профілю нумерували згідно місця встановлення.

Промивання вибою під час буріння здійснювалось через центральний отвір породоруйнівного інструменту діаметром 30 мм. Для забезпечення герметичності з'єднання при прокачуванні промивальної рідини між упорними торцями різьб встановлювали гумове кільце.

Приєднувальна різьба долота – ніпель З-66 за ГОСТР50864-96.

Для відвертання і навертання долота на його корпусі передбачені лиски під ключ.

Виготовлення експериментального долота ДЛР-146 з чотирма комплектами змінних лопатей проводилось на експериментальному заводі ВНДІБТ [32].

2.4. Методика опрацювання результатів вимірювань

Як було показано в п.п. 2.2, основними перемінними факторами, що підлягають дослідженню в породоруйнівних інструментів, оснащених ПАР, є конструктивні параметри робочої частини – форма різальної крайки і кількість лопатей. Оптимальність конструкції в цілому визначається сукупністю цих параметрів, раціональне співвідношення яких може бути різним, залежно від її цільового призначення й заданих умов роботи.

У зв'язку із цим, у нашому випадку доцільним було використання повно факторного експерименту, що вимагає постановки більшого числа випробувань, але дозволяє одержати більш вірогідне уявлення про вплив факторів, які досліджуються, і умови досягнення оптимуму [4].

З урахуванням цього, у п.п. 2.2 здійснено розподіл випробувань експериментальних зразків згідно режиму буріння, що дозволило скоротити число маніпуляцій, пов'язаних із його зміною та підвищити якість вихідних результатів вимірювань.

Оскільки становили інтерес не стільки абсолютні показники роботи породоруйнівних інструментів, як їхні відносні значення, при проведенні досліджень використовували метод відсівання частини експериментів. Це стосувалося тих іспитів, вплив яких на порівняльні показники буріння різними варіантами доліт виявлявся статистично незначущим.

Відповідно до обраних критеріїв оцінки раціональності тих або інших конструктивних параметрів, їхні оптимальні значення визначалися сукупністю енергетичних показників буріння. У зв'язку із цим експериментальні дослідження проводилися у два етапи: на першому з використанням гірських порід середньої твердості (мармур «коелга»), на другому – м'яких (цементні блоки).

Для повноти оцінки досліджуваних параметрів кожна серія експериментів на мармурі з використанням того або іншого профілю лопатей здійснювалася при трьох різних їх кількостях: 3, 6 і 12 штук. Крім того, для круглоступінчастого профілю різальної частини такі ж варіанти конструкцій використали при бурінні цементного блоку

Експерименти проводилися з використанням принципу рандомізації [18], що дозволяло уникати петлі гістерезису в отриманих результатах.

Комплексні показники (питома об'ємна робота руйнування та коефіцієнт динамічності), прийняті в якості оцінки раціональності конструктивних параметрів породоруйнівних інструментів, розраховували за відомими виразами [72, 77].

Величину питомої об'ємної роботи руйнування визначали за формулою 2.16 (див. розділ 2.1).

Динамічність роботи дослідних варіантів доліт оцінювали визначенням величини коефіцієнта динамічності за складовою крутного моменту на долоті згідно [71]

$$K_{дМ} = \frac{M_{макс}}{M_c}, \qquad (2.28)$$

де $M_{макс}$ і M_c – відповідно, максимальне і середнє значення крутного моменту.

Для порівняння величин крутного моменту й механічної швидкості буріння долотами з різними профілями різальної частини при змінних частоті обертання та кількості лопатей використовували їхні відносні значення, що дозволяло уникати впливу на результати досліджень коливань осьового навантаження, які виникали при заданих умовах випробувань.

У якості базового приймався варіант експериментального зразка, що мав найкращі енергетичні показники буріння – долото з плоским профілем лопатей. Це означає, що для оцінки ефективності конструкції по кожному параметру визначали величину відношення:

$$K_e = П_б / П_п, \qquad (2.29)$$

де $П_б$ – показник роботи базового варіанта долота;

$П_п$ – показник роботи долота з дослідним конструктивним параметром.

Вірогідність результатів досліджень забезпечувалася необхідним числом повторних випробувань і аналізом одержаних даних із застосуванням методів математичної статистики.

Кількість повторних іспитів визначалася за даними для одного з дослідних параметрів, які найбільш відрізнялися між собою, при заданому рівні надійності P и величині відносної похибки ε .

Відповідно до рекомендацій [1, 6, 9, 87] і з урахуванням вимог до точності даних, що варіюють, при дослідженні процесу руйнування гірських порід було прийнято $P = 0{,}95$ і $\varepsilon = 15\%$.

У попередній серії експериментів проводилося до семи повторних вимірів вихідних параметрів. З отриманих даних виключалися варіанти, що значно вирізняються, а утворені статистичні ряди перевірялися на нормальність закону розподілу по наближених методах, що рекомендується в роботі [4].

Визначення повторного числа експериментів проводилося згідно [4] по формулі

$$n = \frac{S^2[x_i] \cdot t_P^2[m-1] \cdot \left(1 + 1/2m \pm 2/\sqrt{2m}\right)}{I_P^2}, \qquad (2.30)$$

де $S[x_i]$ – середнє квадратичне відхилення;

$t_P[m-1]$ – значення коефіцієнта Ст'юдента для ймовірності Р при числі вимірювань m;

I^2_P – максимально припустиме відхилення середнього значення, що задається з імовірністю P, від істинного.

Результати експериментальних досліджень оброблялися відомими методами математичної статистики, викладеними в роботах [4, 12, 37, 49].

У процесі обробки з даних виключали випадкові помилки спостережень і промахи.

В наступному обчислювалося середнє значення з n вимірювань

$$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i \ , \qquad (2.31)$$

а також похибки окремих вимірювань

$$\Delta x_i = \bar{x} - x_i \ . \qquad (2.32)$$

Середня квадратична похибка визначалася по формулі

$$\Delta S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (\Delta x_i)^2}{n(n-1)}} \ . \qquad (2.33)$$

При заданій надійності P = 0,95 і числі вимірів n за допомогою коефіцієнта Ст'юдента $t_P[n]$ розраховували границі довірчого інтервалу

$$\Delta x = t_P[n] \cdot \Delta S_{\bar{x}} \ . \qquad (2.34)$$

Оцінка відносної похибки результатів експериментів проводилася по формулі

$$\varepsilon = \frac{\Delta x}{\bar{x}} \cdot 100\% \ . \qquad (2.35)$$

Відносна похибка експериментальних результатів у даній роботі для вимірів, що найбільш вирізнялися між собою (величини крутного моменту при бурінні мармуру), не перевищує ± 5%.

Для оцінки значимості розходжень порівнюваних результатів використовували методику, наведену в роботі [4].

Висновки до розділу

1. Запропоновано використання круглоступінчастого профілю робочої частини в породоруйнівних інструментах, оснащених полікристалічними алмазними різцями, для буріння вибійними двигунами похило-скерованих та горизонтальних свердловин, в якому з метою зменшення енергоємності конструкції відстані від осі обертання долота до місць сполучення криволінійних сегментів менша від найбільших їх радіусів. Відповідна конструкція долота захищена авторським свідоцтвом на винахід №1783108 (клас Е 21 В 10/52).
2. В результаті дослідження роботи доліт різальної дії методами математичного моделювання встановлені прогнозні величини їх енергетичних параметрів буріння в залежності від форми профілю лопатей, які дозволяють зробити висновок про переваги щодо енергетичних параметрів буріння породоруйнівного інструменту з плоскою формою різальної частини.
3. Для отримання достовірних результатів та зменшення витрат на проведення робіт прийнято експериментальний метод стендових випробувань модельного зразка бурового долота з комплектами змінних лопатей різного профілю і розроблено методику проведення досліджень його параметрів буріння.
4. З метою розширення об'єму вимірюваної інформації модернізовано буровий стенд БШ-145 шляхом створення та застосування комбінованого активного перетворювача крутного моменту і навантаження, а також його переустаткування для встановлення більш досконалого вимірювального струмознімача.
5. Для проведення експериментальних досліджень сконструйовано і виготовлено долото діаметром 146 мм з комплектами змінних лопатей чотирьох профілів: плоского, обернено-конусного, еліптичного й круглоступінчастого.
6. Розроблено методику обробки результатів вимірювань і вибрано комплексні критерії оцінки раціональності конструкції різальної частини долота.

РОЗДІЛ 3

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ СТЕНДОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ ПОРОДОРУЙНІВНИХ ІНСТРУМЕНТІВ РІЗАЛЬНОЇ ДІЇ

У розділі 2.1 теоретично обґрунтовано метод пониження енергоємності буріння породоруйнівними інструментами різальної дії за рахунок конструктивного виконання профілю їх робочої частини плоскої форми. Однак така геометрія різальної частини лопатей, як уже зазначалось, не дозволяє розмістити на ній достатньої кількості оснащення, що приводить до скорочення терміну служби долота.

У зв'язку з викладеним, вирішення завдання по визначенню раціональної конструкції різальної частини в породоруйнівних інструментах з ПАР для буріння гвинтовими вибійними двигунами горизонтальних і похило-скерованих свердловин продовжили проведенням експериментальних досліджень.

Слід зауважити, що конструкція стендового експериментального долота ДЛР-146, яка вміщувала 4 варіанти профілю різальної частини і змінну кількість лопатей, забезпечувала дослідження ефективності процесу буріння при різних сполученнях величин площі поверхні утвореного вибою і контактної площі оснащення.

3.1. Експериментальні дослідження впливу форми профілю різальної частини на енергетичні показники роботи долота

Згідно методики проведення експериментальних стендових досліджень визначення показників роботи доліт з дослідними профілями різальної частини - плоским, обернено-конусним, еліптичним і круглоступінчастим –проводили в два етапи: на першому використовували, як вибій, мармур «коелга», на другому - цементні блоки [20]. З метою забезпечення коректного порівняння

результатів та достовірності вимірювань інші вихідні дані при здійсненні випробувань кожного варіанту долота залишались незмінними і становили:

- кількість лопатей – 12 шт.;
- число довбань – не менше 3;
- проміжок часу, в який проводили запис параметрів роботи, – 40 с;
- витрата промивальної рідини – 0,015 $м^3/с$.

На першому етапі досліджень при використанні, як вибою, мармуру проводили ступінчасту зміну наступних параметрів режиму буріння, величини яких становили:

- осьового навантаження – 15; 20; 25; 30 кН;
- кутової швидкості обертання долота – 1; 2; 3; 4 $с^{-1}$.

У процесі буріння вимірювальний комплекс експериментальної установки забезпечував безперервний вимір і запис наступних величин:

- осьового навантаження на долото G;
- крутного моменту M (максимальне, мінімальне і середнє значення);
- механічної швидкості буріння $v_м$;
- кутової швидкості обертання долота ω.

Запис показників роботи доліт здійснювався в усталеному режимі роботи, тільки після завершення формування вибою лопатями дослідного варіанту профілю різальної частини, що зменшувало похибки вимірювань. Усталеність буріння визначали візуально згідно показів вимірювальних приладів при відсутності відхилень граничних величин.

Значення параметрів роботи доліт опрацьовувались за допомогою ЕОМ і передавались на друкарський пристрій. В додатку А наведено приклад надрукованого звіту про результати експерименту при бурінні породоруйнівним інструментом з плоским профілем різальної частини.

Дані випробувань опрацьовували методами, які описано в розділі 2.4. Там же наведено методику визначення комплексних критеріїв оцінки роботи експериментальних доліт.

У результаті проведених експериментів отримані залежності енергетичних і динамічних параметрів буріння долотами з дослідними варіантами різальної частини від осьового навантаження й частоти обертання долота.

Для побудови даних і наступних графічних залежностей крутного моменту M, механічної швидкості буріння $v_м$, питомої об'ємної роботи руйнування порід A_V та коефіцієнта динамічності за складовою крутного моменту $K_{дМ}$ використовували середні значення отриманих в процесі вимірювань величин.

Із графіків, що відображають залежності енергетичних і динамічних показників роботи долота від величини осьового навантаження, які побудовані за результатами експериментів, проведених на мармурі (рис. 3.1 – 3.4), випливає:

1) величини крутного моменту для всіх варіантів доліт зі збільшенням осьового навантаження зростають. Найбільші значення M мають долота з еліптичним профілем, найменші – із плоским. Найближчі показники M до породоруйнівного інструменту плоскої форми має долото з круглоступінчастим профілем різальної частини (див. рис. 3.1);
2) значення механічної швидкості буріння $v_м$ для дослідних варіантів лопатей зі збільшенням осьового навантаження зростають. Найнижчі показники $v_м$ має долото з еліптичним профілем різальної частини. Для інших варіантів лопатей результати вимірювань відрізняються мало (див. рис. 3.2) і різниця між ними не перевищує величини відносної похибки, як зазначалось, 15 %;
3) енергоємність буріння дослідними долотами зі збільшенням осьового навантаження зменшується. Найбільші значення питомої об'ємної роботи руйнування A_V мають долота з еліптичним профілем, найменші – із плоским. Найближчі показники A_V до породоруйнівного інструменту плоскої форми має долото з круглоступінчастим профілем різальної частини (див. рис. 3.3);

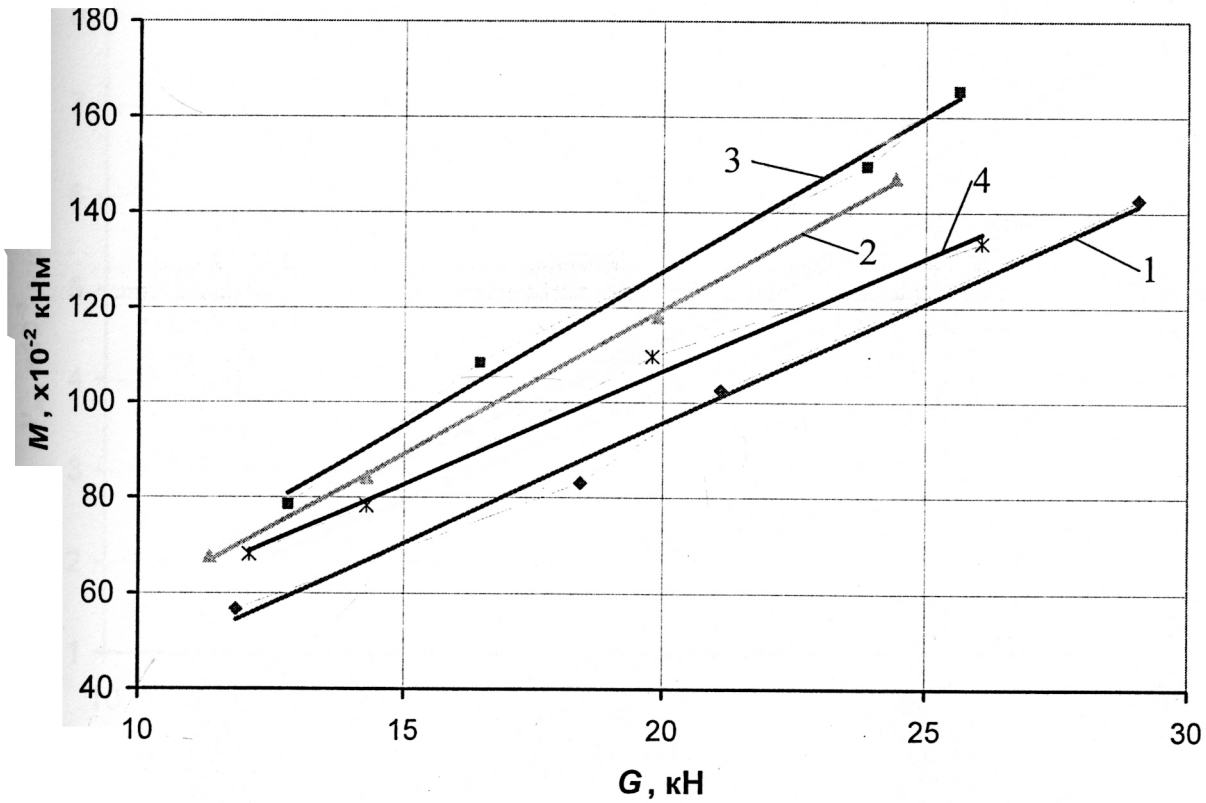


Рис. 3.1. Залежності крутного моменту від осьового навантаження при: $m = 12$; $\omega = 2\ c^{-1}$ (порода – мармур).

Профіль різальної частини долота:

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

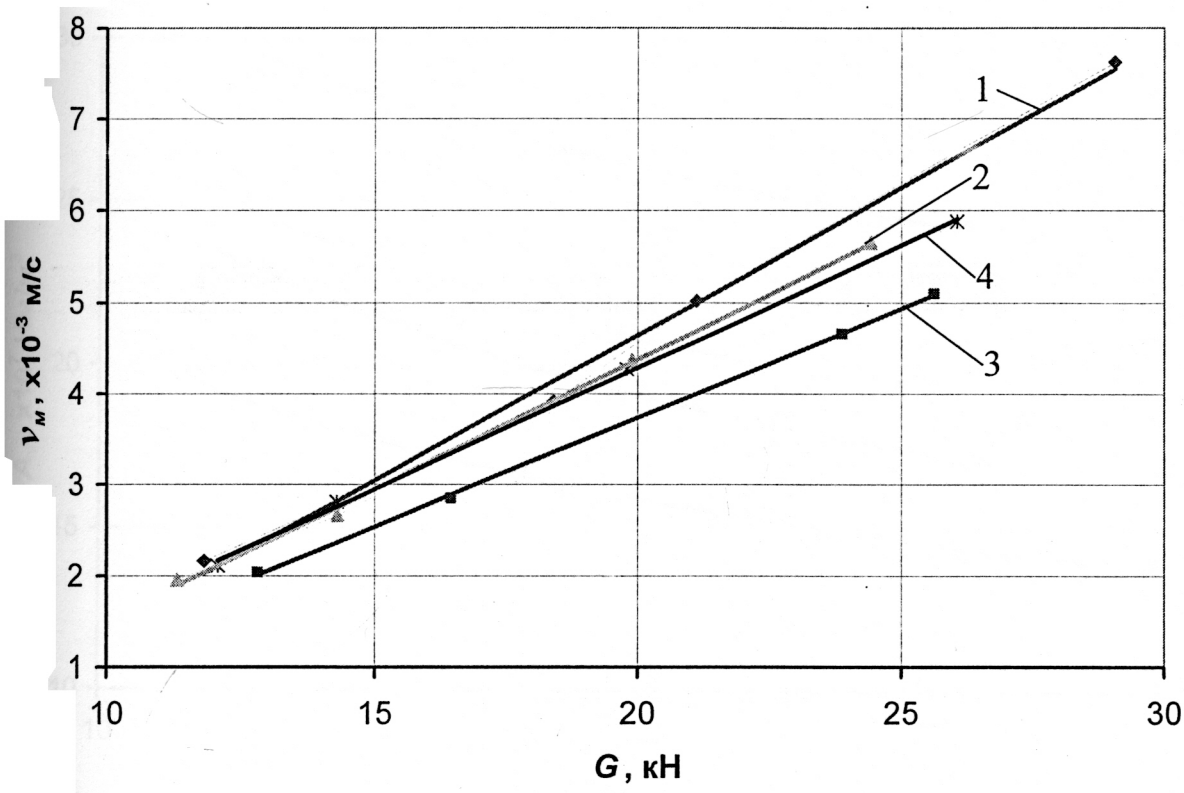


Рис. 3.2. Залежності механічної швидкості буріння від осьового навантаження при: $m = 12$; $\omega = 2$ с$^{-1}$ (порода – мармур).

Профіль різальної частини долота:

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

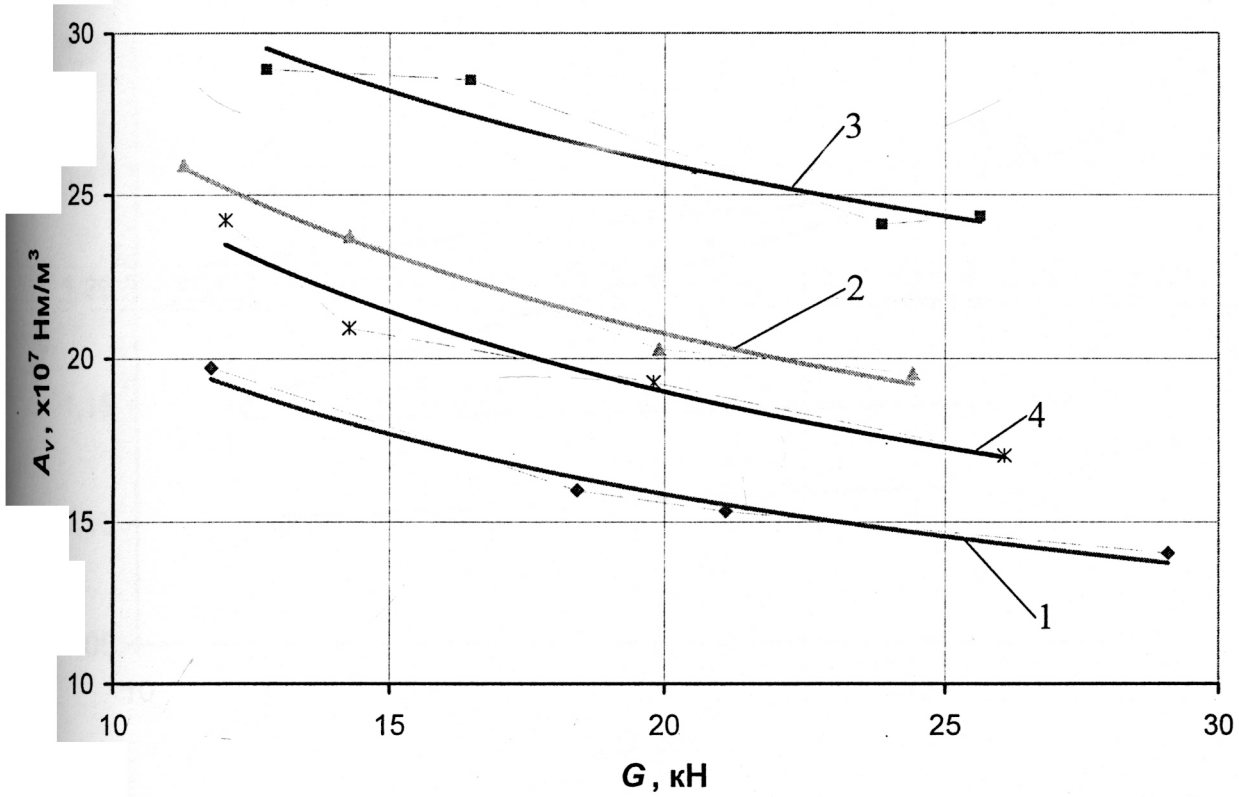


Рис. 3.3. Залежності питомої об'ємної роботи руйнування породи від осьового навантаження при: $m = 12$; $\omega = 2$ с$^{-1}$ (порода – мармур).

Профіль різальної частини долота:

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

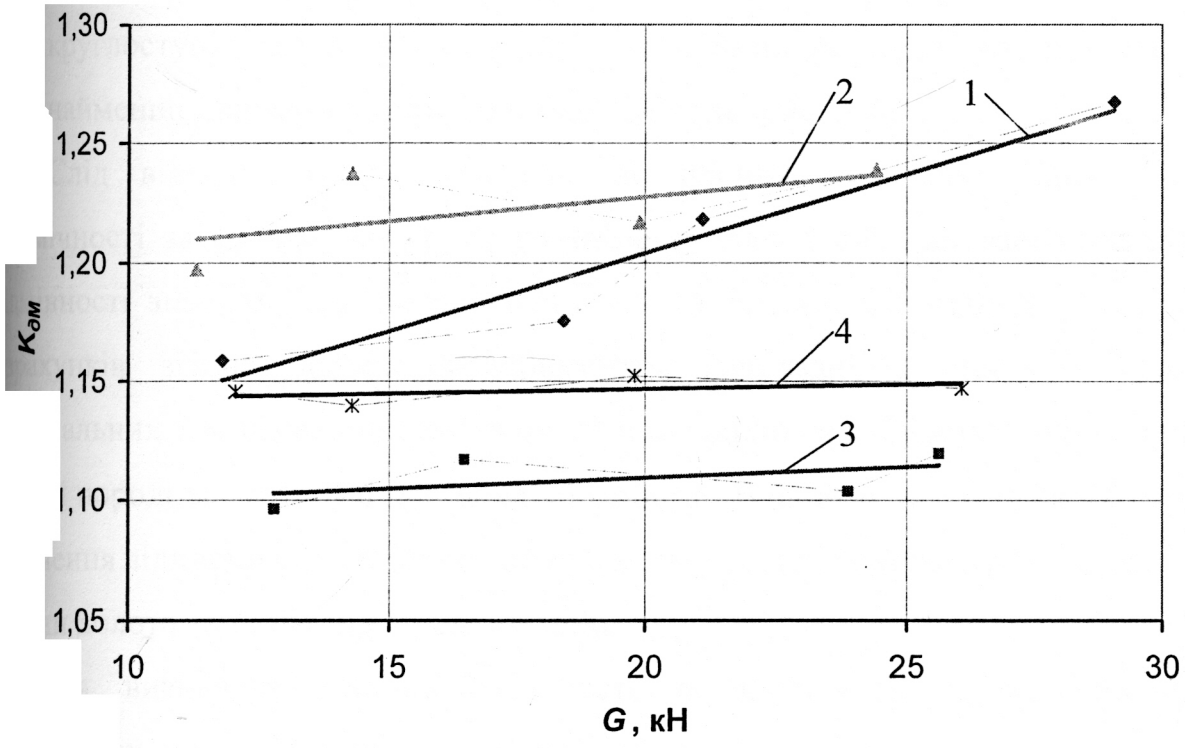


Рис. 3.4. Залежності коефіцієнта динамічності за складовою крутного моменту від осьового навантаження при: $m = 12$; $\omega = 2$ с$^{-1}$ (порода – мармур).

Профіль різальної частини долота:

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

4) динамічність роботи для всіх профілів лопатей зі збільшенням осьового навантаження підвищується. Найвищі значення $K_{\partial M}$ отримані для доліт обернено-конусного і плоского профілів різальної частини, а найнижчі – еліптичного та круглоступінчастого. Найбільшу інтенсивність зростання значення коефіцієнта динамічності за складовою крутного моменту мають долота плоскої і обернено-конусної форм лопатей. Долота з круглоступінчастим й еліптичним профілями різальної частини мають найменші діапазони зміни величин $K_{\partial M}$ (див. рис. 3.4).

Слід відзначити, що незначні відхилення показників коефіцієнта динамічності за складовою крутного моменту для дослідних варіантів доліт (відмінності значень $K_{\partial M}$, не перевищують 16 %), які отримані в результаті розрахунків згідно даних експериментів, пов'язані з тим, що запис максимальних і мінімальних величин M проводили при бурінні в однорідній гірській породі та усталеному режимі роботи. В даному випадку метою було визначення відносних характеристик динамічності різних конструкцій різальної частини долота та їх наочне представлення.

Для визначення впливу кількості оснащення в породоруйнівних інструментах на показники їх роботи побудовані відповідні залежності від питомого навантаження на різальний елемент (рис. 3.5 – 3.8), з яких випливає:

1) при однаковому значенні крутного моменту найбільше навантаження на різець виникає в долоті з плоским, а найменше – з еліптичним профілями робочої частини. Найближчі значення G/a до породоруйнівного інструменту еліптичної форми має долото з круглоступінчастим профілем лопатей (див. рис. 3.5);
2) для відділення від вибою однакового об'єму породи найбільші навантаження на різець необхідно створити в долоті з плоским, а найменші – з круглоступінчастим профілями робочої частини (див. рис. 3.6);
3) найнижчі значення питомої об'ємної роботи руйнування отримані для різців круглоступінчастої і плоскої, а найвищі – еліптичної та обернено-конусної форм лопатей (див. рис. 3.7);

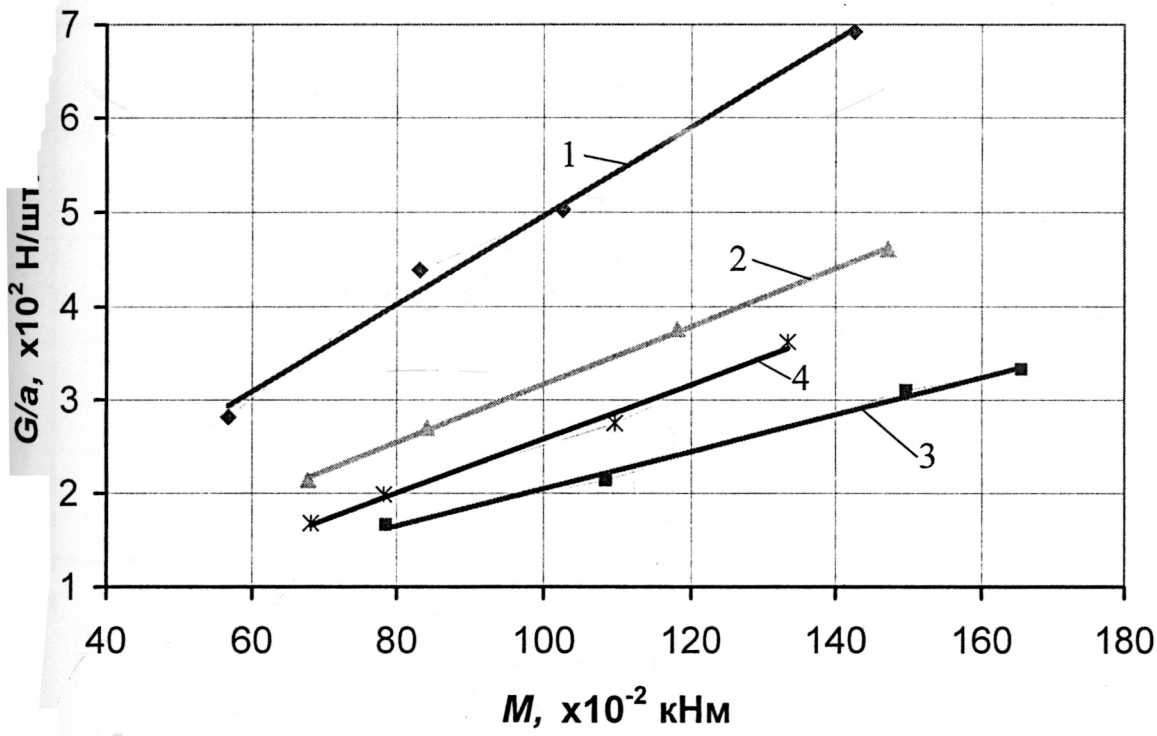


Рис. 3.5. Залежності питомого навантаження на різець від крутного моменту при: $m = 12$; $\omega = 2$ с$^{-1}$ (порода – мармур).

Профіль різальної частини долота:

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

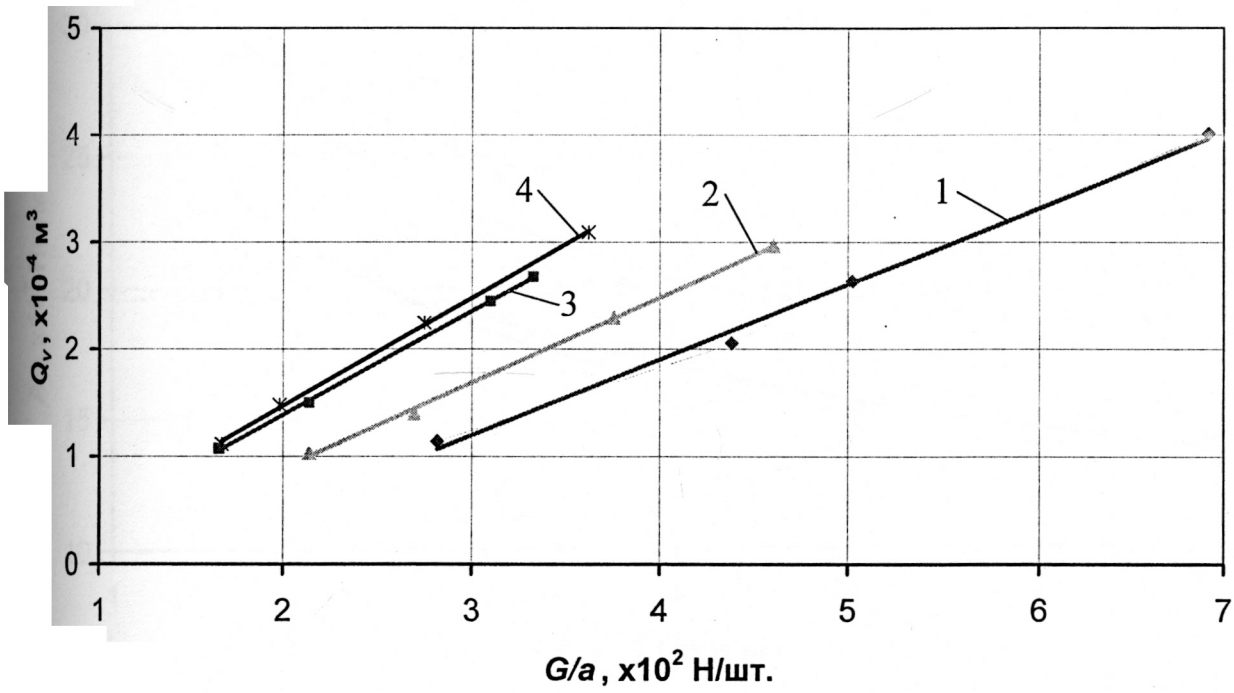


Рис. 3.6. Залежності об'єму відділеної від вибою породи від питомого навантаження на різець при: $m = 12$; $\omega = 2$ с$^{-1}$ (порода – мармур).

Профіль різальної частини долота:

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

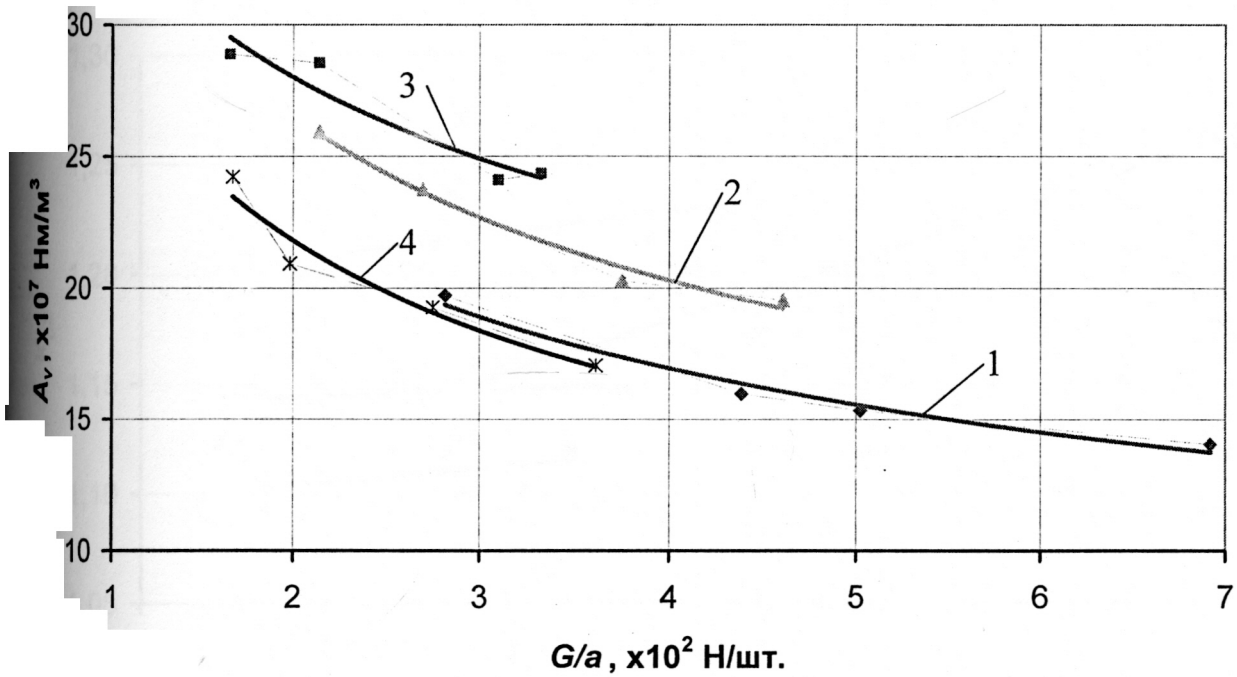


Рис. 3.7. Залежності питомої об'ємної роботи руйнування породи від питомого навантаження на різець при: $m = 12$; $\omega = 2$ с$^{-1}$ (порода – мармур).

Профіль різальної частини долота:

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

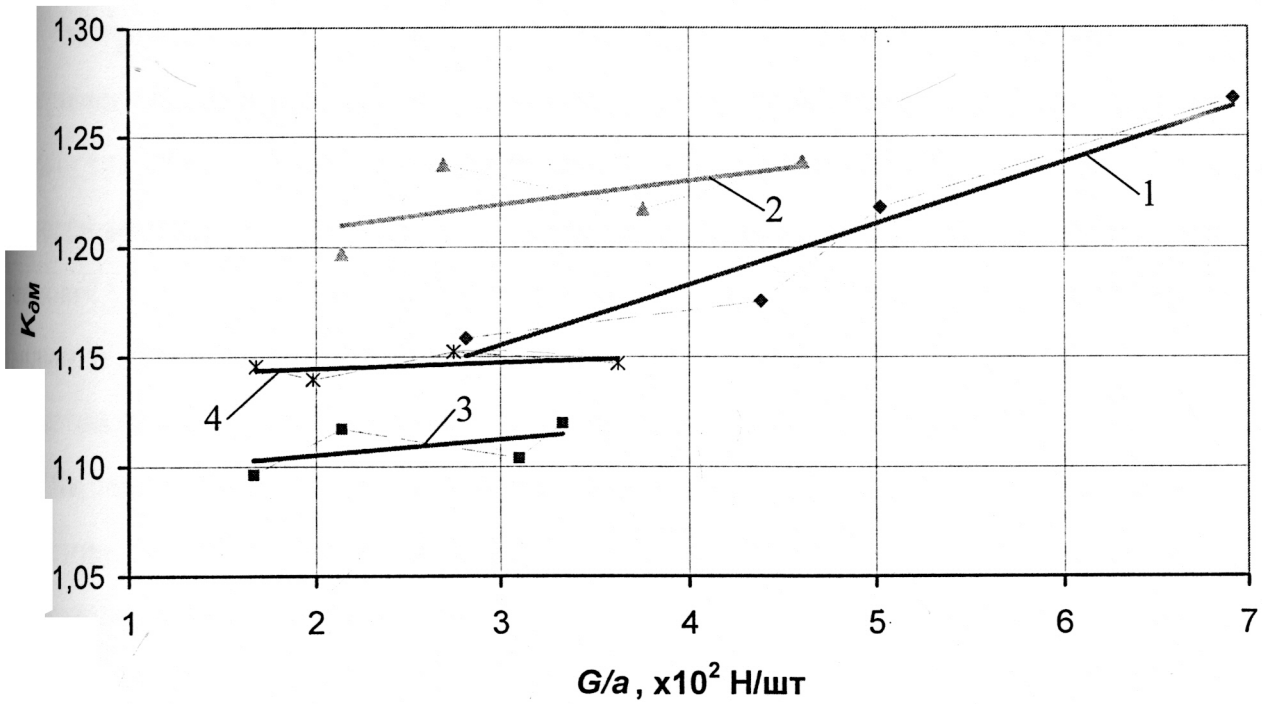


Рис. 3.8. Залежності коефіцієнта динамічності за складовою крутного моменту від питомого навантаження на різець

При: $m = 12$; $\omega = 2$ с$^{-1}$ (порода – мармур).

Профіль різальної частини долота:

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

4) найменші величини коефіцієнта динамічності за складовою крутного моменту отримані для різців еліптичного і круглоступінчастого, а найбільші - обернено-конусного й плоского профілів різальної частини. При цьому значення K_{oM}, для двох останніх варіантів лопатей при підвищенні осьового навантаження на різець зростають з більшою інтенсивністю (див. рис. 3.8).

Для оцінки впливу кількості обертів породоруйнівного інструменту на його енергетичні і динамічні параметри буріння були проведені експериментальні випробування при однаковому навантаженні і різних кутових швидкостях обертання. Величину осьової сили утримували на позначці 15 кН, що регламентувалось методикою досліджень і технічними характеристиками стендової установки. Експерименти проводили при чотирьох значеннях кутової швидкості обертання породоруйнівних інструментів: 1, 2, 3 і 4 $с^{-1}$. Інші параметри режиму буріння та вихідні дані залишали незмінними.

Як зазначалось в розділі 2.4, для підвищення достовірності порівняння та уникнення похибок внаслідок розбіжностей виміряних величин осьового навантаження від заданого, оцінка показників роботи доліт проводилась у відносних величинах. Для визначення їх числових значень використовували дані, які отримані на найближчих до 15 кН навантаженнях.

За результатами проведених експериментів побудовані графічні залежності параметрів буріння дослідними долотами від кутової швидкості обертання (рис. 3.9 – 3. 12), з яких випливає:

1) величини питомого крутного моменту для дослідних варіантів лопатей зі збільшенням кутової швидкості обертання долота з 1 $с^{-1}$ до 4 $с^{-1}$ зменшуються в 1,35…1,43 рази. Найвищі значення $M_п$ отримані для бурового інструменту з еліптичною формою робочої частини, а найнижчі – з плоскою. Для доліт обернено-конусного і круглоступінчастого профілів лопатей різниця між показниками $M_п$ не перевищує 6 % (див. рис. 3.9);

2) значення механічної швидкості буріння на величину осьового навантаження для дослідних доліт зі збільшенням кутової швидкості обертання з 1 $с^{-1}$ до 4 $с^{-1}$ зростають в 1,56…1,75 рази. Найвищі показники $v_м/G$ мають

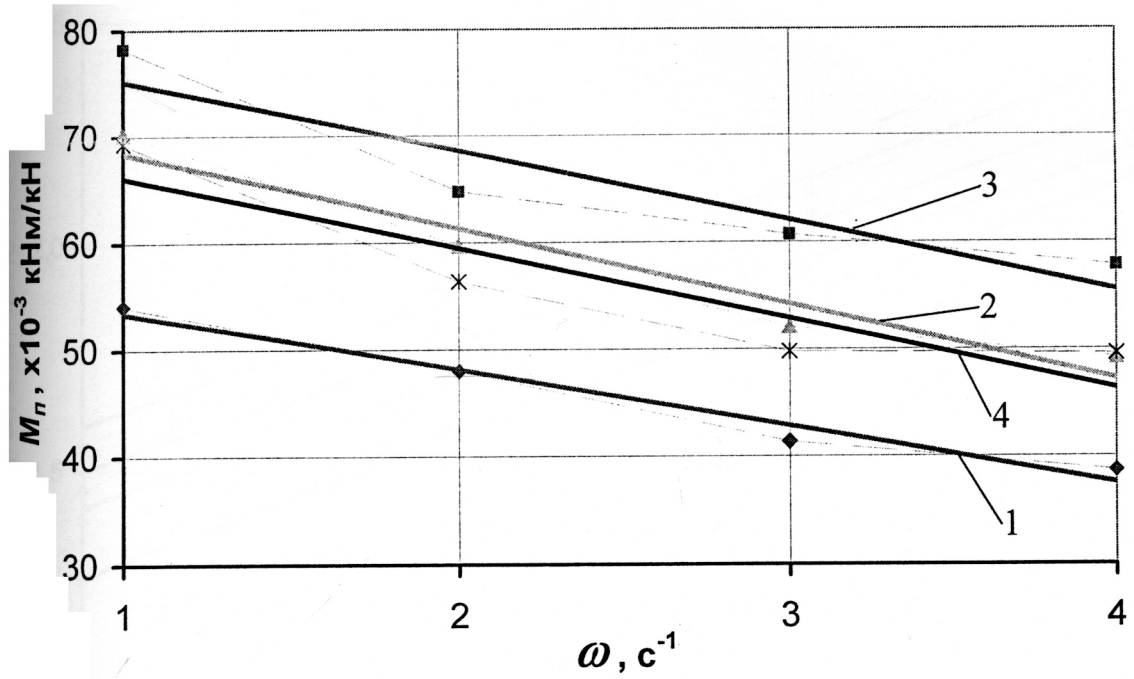


Рис. 3.9. Залежності питомого крутного моменту від кутової швидкості обертання долота при: $m = 12$; $G = 15$ кН (порода – мармур).

Профіль різальної частини долота:

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

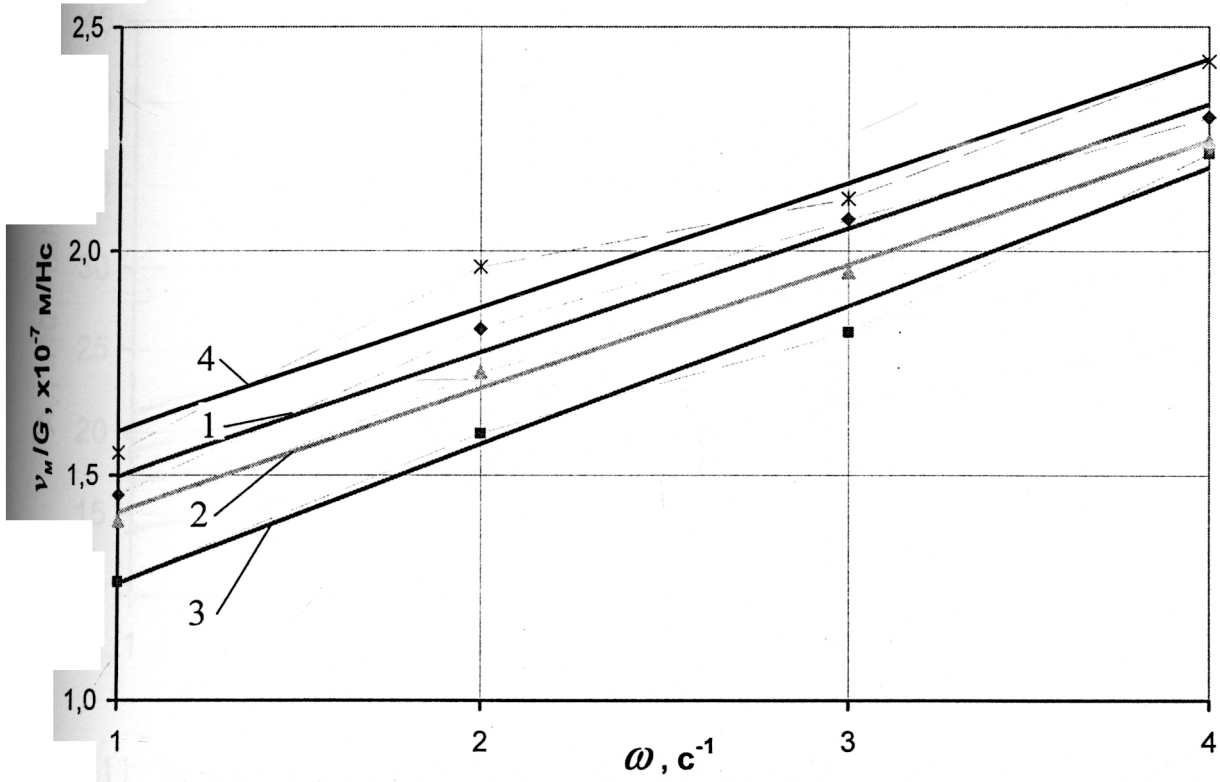


Рис. 3.10. Залежності механічної швидкості буріння на величину осьового навантаження від кутової швидкості обертання долота при:

$m = 12$; $G = 15$ кН (порода – мармур).

Профіль різальної частини долота:

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

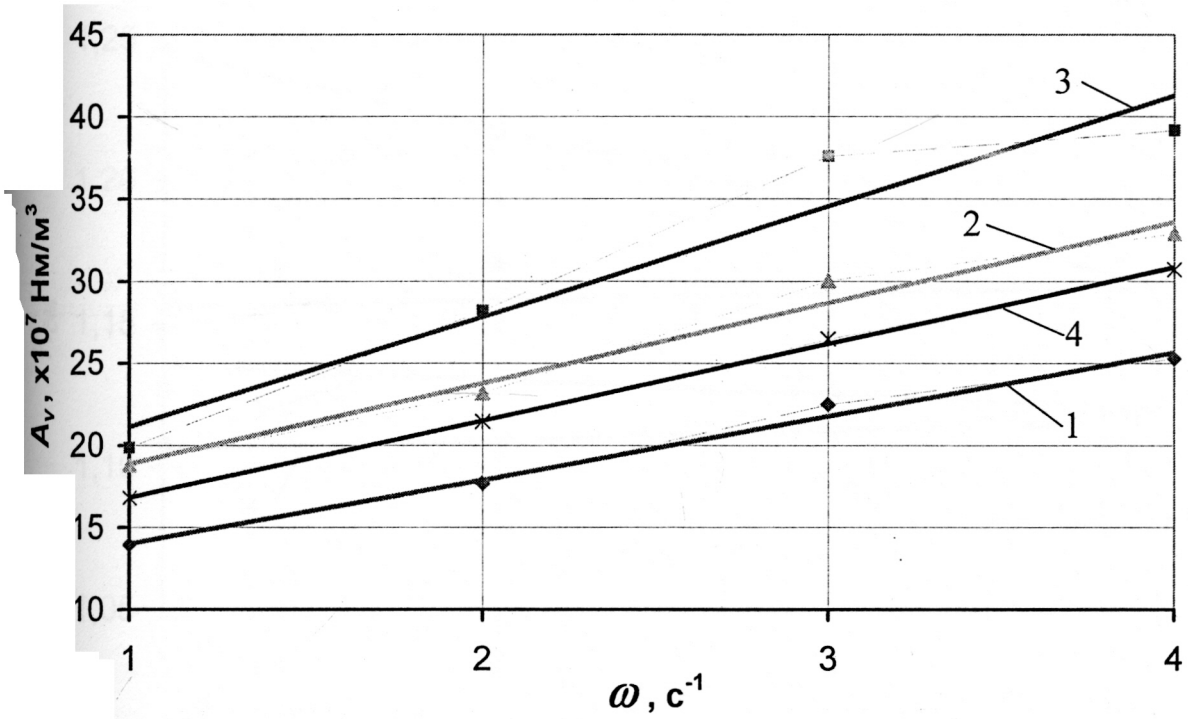


Рис. 3.11. Залежності питомої об'ємної роботи руйнування породи від кутової швидкості обертання долота при: $m = 12$; $G = 15$ кН (порода – мармур).

Профіль різальної частини долота:

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

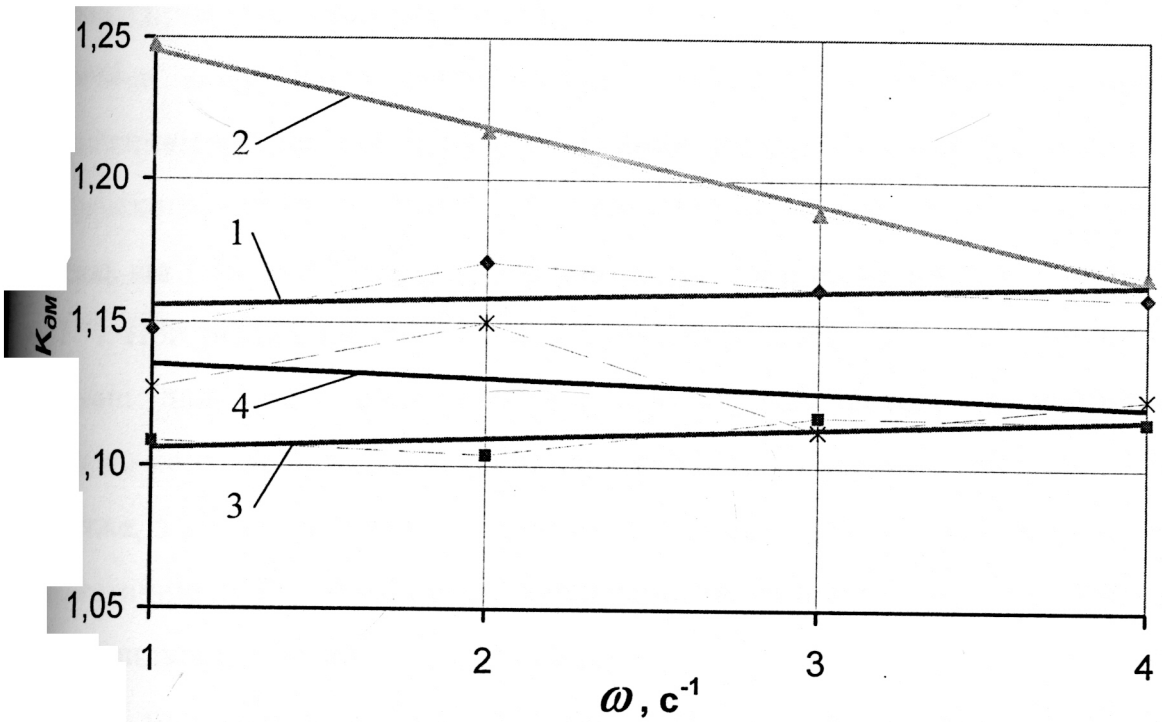


Рис. 3.12. Залежності коефіцієнта динамічності за складовою крутного моменту від кутової швидкості обертання долота при: $m = 12$; $G = 15$ кН (порода – мармур).

Профіль різальної частини долота:

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

породоруйнівні інструменти круглоступінчастого, а найнижчі – еліптичного профілів різальної частини (див. рис. 3.10);

3) енергоємність буріння дослідними долотами зі збільшенням кутової швидкості обертання з 1 $с^{-1}$ до 4 $с^{-1}$ зростає в 1,75…1,97 рази. Найвищі значення A_V мають породоруйнівні інструменти еліптичного, а найнижчі – плоского профілів лопатей (див. рис. 3.11);

4) величина коефіцієнта динамічності за складовою крутного моменту з підвищенням кутової швидкості обертання долота з 1 $с^{-1}$ до 4 $с^{-1}$ змінюється для плоского, круглоступінчастого і еліптичного профілів різальної частини у межах від 1 % до 3 %, а для обернено-конусної форми лопатей зменшується на 7 %. При різних кутових швидкостях обертання найменші величини $K_{дМ}$ отримані для доліт еліптичного і круглоступінчастого, а найбільші – обернено-конусного й плоского профілів різальної частини (див. рис. 3.12).

Отже, з графіків можна припустити, що порядок вишикування профілів за енергетичними і динамічними характеристиками буріння не залежить від кутової швидкості обертання інструменту.

Крім того, інтенсивності змін основних показників роботи для різних дослідних варіантів доліт при збільшенні кількості обертів приблизно однакова або їх відмінність знаходиться в межах похибки експериментальних вимірювань.

На основі отриманих результатів експериментів на мармурі і наведених графічних залежностей здійснено розрахунок основних параметрів роботи для доліт діаметром 146 мм з різними профілями різальної частини при наступному режимі буріння:

- осьовому навантаженні $G = 25$ кН;
- кутовій швидкості обертання $\omega = 2$ $с^{-1}$.

Вказані величини моделюють реальні значення при бурінні породоруйнівними інструментами з ПАР діаметром 214,3 мм.

На рисунку 3.13 показано діаграми, які відображають порівняння величин параметрів буріння дослідними варіантами доліт при вказаному

режимі роооти.

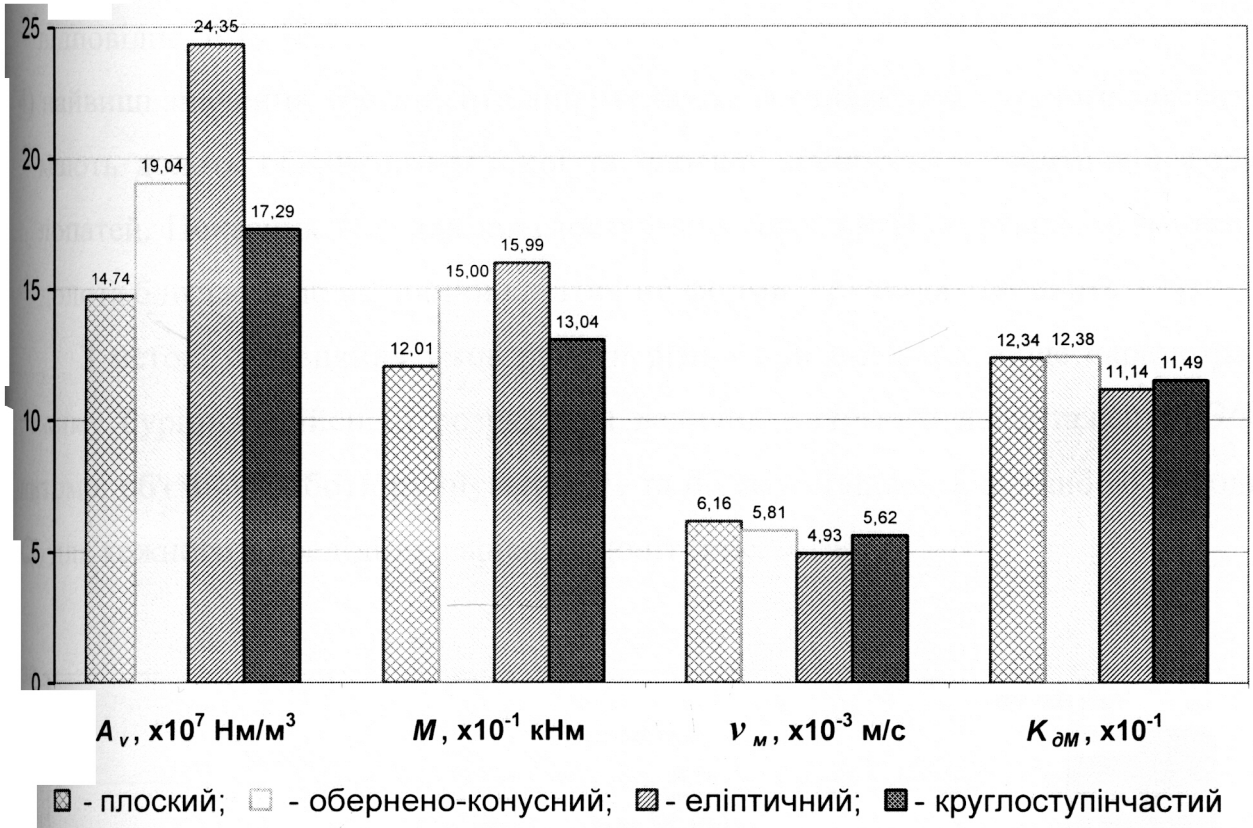


Рис. 3.13. Порівняння величин параметрів буріння дослідними варіантами доліт за результатами стендових експериментальних досліджень на мармурі при $G = 25$ кН і $\omega = 2$ с$^{-1}$.

Результати розрахунків, які наведені на діаграмах, свідчать про наступне:

1) величина питомої об'ємної роботи руйнування для долота з плоским профілем різальної частини в 1,65 рази менша, ніж для долота – з еліптичним. Найближче значення A_V до плоского має породоруйнівний інструмент круглоступінчастого профілю;
2) найбільшу величину крутного моменту отримано для еліптичної форми лопатей, що в 1,33 рази відрізняється від – плоскої. Найближче значення M до плоского має породоруйнівний інструмент круглоступінчастого профілю – відрізняється на 9 %;
3) найвищу механічну швидкість буріння має долото з плоским, а найнижчу – з еліптичним профілями різальної частини. Показник $\nu_м$ для першого варіанту

в 1,25 рази вищий, ніж – для другого. Різниця величин $v_м$ для доліт плоского профілю відносно обернено-конусного й круглоступінчастого становить, відповідно, 6 та 10 %;

4) найвищі значення коефіцієнта динамічності за складовою крутного моменту мають долота обернено-конусної та плоскої, найнижчі – еліптичної форм лопатей. Показник $K_{\partial M}$ для круглоступінчастого профілю різальної частини долота близький до величини еліптичної форми – різниця становить 3 %.

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. 3.14).

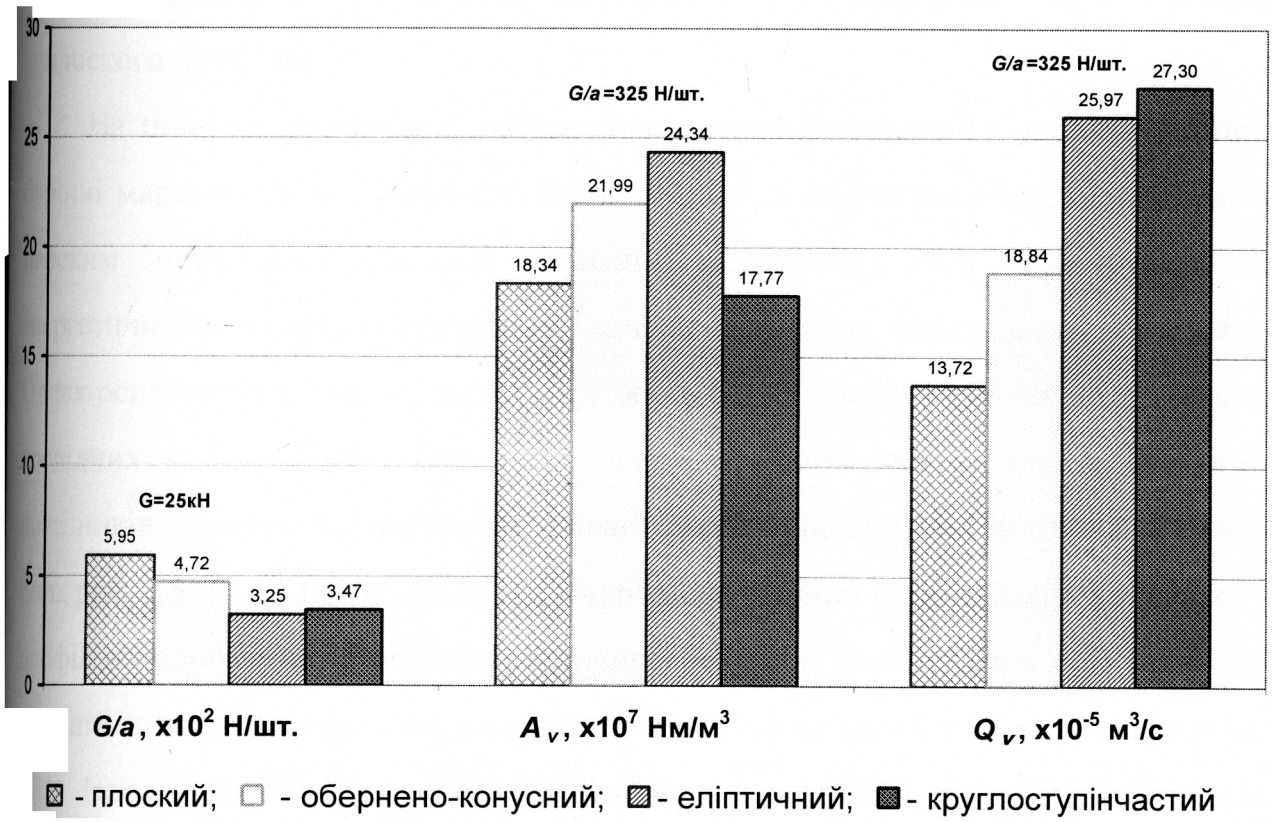


Рис. 3.14. Порівняння показників, які характеризують умови роботи породоруйнівних елементів на кожному з дослідних варіантів профілю різальної частини долота за результатами стендових експериментальних досліджень на мармурі при $G = 25$ кН і $\omega = 2$ с$^{-1}$.

З результатів розрахунків, які наведені на діаграмах, випливає:

1) найбільше навантаження зазнає різець в долоті з плоским, а найменше – з еліптичним профілями лопатей. Значення *G/a* першого варіанту в 1,83 рази переважає – другого;

2) при мінімальному навантаженні на різець, яке виникає в долоті еліптичного профілю, найменший показник питомої об'ємної роботи руйнування отримано для породоруйнівного елементу в круглоступінчастій, а найбільший – в еліптичній формах робочої частини. Частка між ними становить – 1,37;

3) при мінімальному навантаженні на різець, яке виникає в долоті еліптичного профілю, найбільший об’єм гірської породи відокремлюється від вибою в круглоступінчастій формі лопатей, що майже в 2 рази перевищує показник плоского профілю.

На підставі отриманих результатів експериментальних досліджень при бурінні мармуру можна зробити висновок, що породоруйнівний інструмент з плоским профілем різальної частини переважає інші конструкції за енергетичними показниками роботи при всіх кутових швидкостях обертання. Однак оснащення в такому долоті працює в більш важких умовах, ніж в інших дослідних конструкціях. Про це свідчать графічні залежності та діаграми показників буріння від питомого навантаження на породоруйнівний елемент (див. рис. 3.5 – 3.8, 3.14). 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 плоского і круглоступінчастого профілів різальної частини, на перше долото необхідно створити навантаження в 1,7 разів більше, ніж на друге (див. рис. 3.6). Крім того, різці на плоскій поверхні зазнають більших динамічних навантажень, про що свідчать залежності коефіцієнта динамічності за складовою крутного

моменту.

У значно більш вигідному положенні щодо долота з плоским профілем різальної частини згідно результатів досліджень знаходиться породоруйнівний інструмент з круглоступінчастою формою лопатей (другий по оптимальності енергетичних параметрів). Розташування і кількість різців, які встановлені на ній, близькі до таких, як на еліптичному профілі (найбільш оснащеному). Для порівняння, оснащеність породоруйнівними елементами різальної частини долота з круглоступінчастим профілем менше еліптичного на 7%, а плоского — на 45%. Крім того, круглоступінчастою конструкцією забезпечується дублювання периферійних ділянок оснащення різцями вище розміщеної ступені лопаті. При цьому різальний елемент, який розташований на лопаті круглоступінчастої форми, має найнижче значення питомої об'ємної роботи руйнування гірської породи (див. рис. 3.14).

З викладеного випливає, що при бурінні з використанням гвинтових вибійних двигунів порід середньої твердості доцільно застосовувати в породоруйнівних інструментах, оснащених ПАР, круглоступінчасту форму лопатей, яка найбільш раціонально сполучає переваги плоскої (найменш енергоємної) і еліптичної (найбільш зносостійкої) форм.

На наступному етапі досліджень для визначення характеристик роботи породоруйнівних інструментів з різним профілем різальної частини при бурінні порід малої твердості були проведені експерименти з використанням, як вибою, цементних блоків.

Параметри режимів буріння, вихідні дані та умови проведення вказаних випробувань різних варіантів доліт утримувались незмінними і становили:

- осьове навантаження – 15 кН;
- кутова швидкість обертання – 2 $с^{-1}$;
- витрата промивальної рідини – 0,015 $м^3/с$;
- кількість лопатей – 12 шт.;
- число довбань – не менше 3;

- проміжок часу, в який проводили запис параметрів роботи, – 40 с.

У результаті експериментальних досліджень отримані величини енергетичних і динамічних параметрів буріння цементних блоків долотами з дослідними варіантами різальної частини.

На рисунках 3.15 – 3.18 наведено діаграми, що відображають характеристики роботи породоруйнівних інструментів з різним профілем лопатей при бурінні вибоїв різної твердості. З них випливає, що:

1) величини питомого крутного моменту при бурінні цементних блоків переважають аналогічні дані на мармурі: для плоского й обернено-конусного профілів, відповідно, – на 8 і 12 %; круглоступінчастого та еліптичного – в 1,19 і 1,31 рази. Різниця між показниками $M_{\text{п}}$ на вибоях різної твердості для обернено-конусної та круглоступінчастої конструкцій не перевищує 4 % (див. рис. 3.15);

2) механічна швидкість буріння дослідними долотами цементних блоків в 4,73…5,41 рази вища, ніж – мармуру. Найбільший приріст $v_{\text{м}}/G$ отримано для еліптичного, а найменший – для обернено-конусного профілів різальної частини. Найвищі значення $v_{\text{м}}/G$ при бурінні вибоїв різної твердості має долото круглоступінчастої конструкції, а найнижчі: еліптичної – на мармурі і обернено-конусної – на цементних блоках (див. рис. 3.16);

3) значення питомої об'ємної роботи руйнування для всіх варіантів експериментальних доліт при бурінні мармуру переважають такі ж показники на цементних блоках в 3,82…4,64 рази. Найвищі показники A_V при бурінні цементних блоків має еліптична, а найнижчі – плоска форми лопатей. Частка між ними складає 1,72. Послідовності ранжирування профілів лопатей по величині енергоємності буріння для порід різної твердості повністю співпадають. Різниця величин A_V для круглоступінчастої й обернено-конусної конструкцій на цементних блоках не перевищує 2 % (див. рис. 3.17);

4) при бурінні цементних блоків найбільше значення коефіцієнта динамічності за складовою крутного моменту має долото з плоским, а найменше – з еліптичним профілями різальної частини. Частка між ними становить – 1,28.

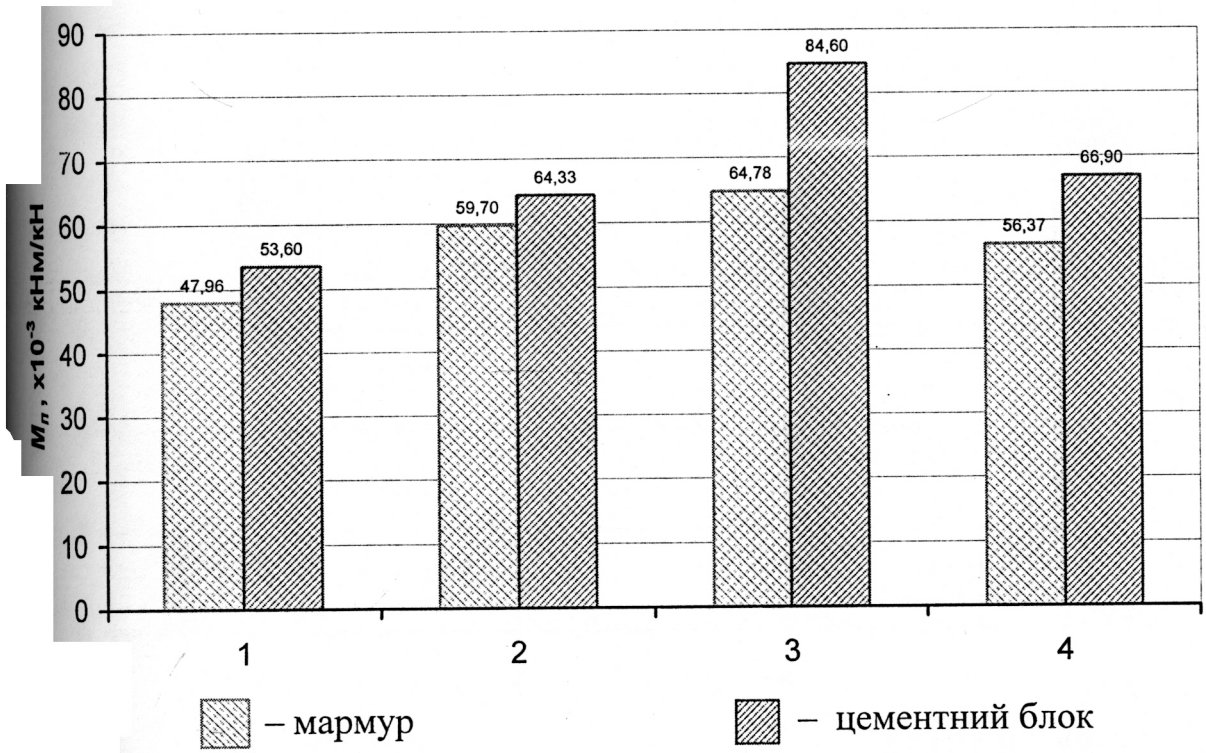


Рис. 3.15. Величини питомого крутного моменту для дослідних варіантів доліт при бурінні порід різної твердості: $m = 12$; $G = 15$ кН; $\omega = 2$ с$^{-1}$.

Профіль різальної частини долота:

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

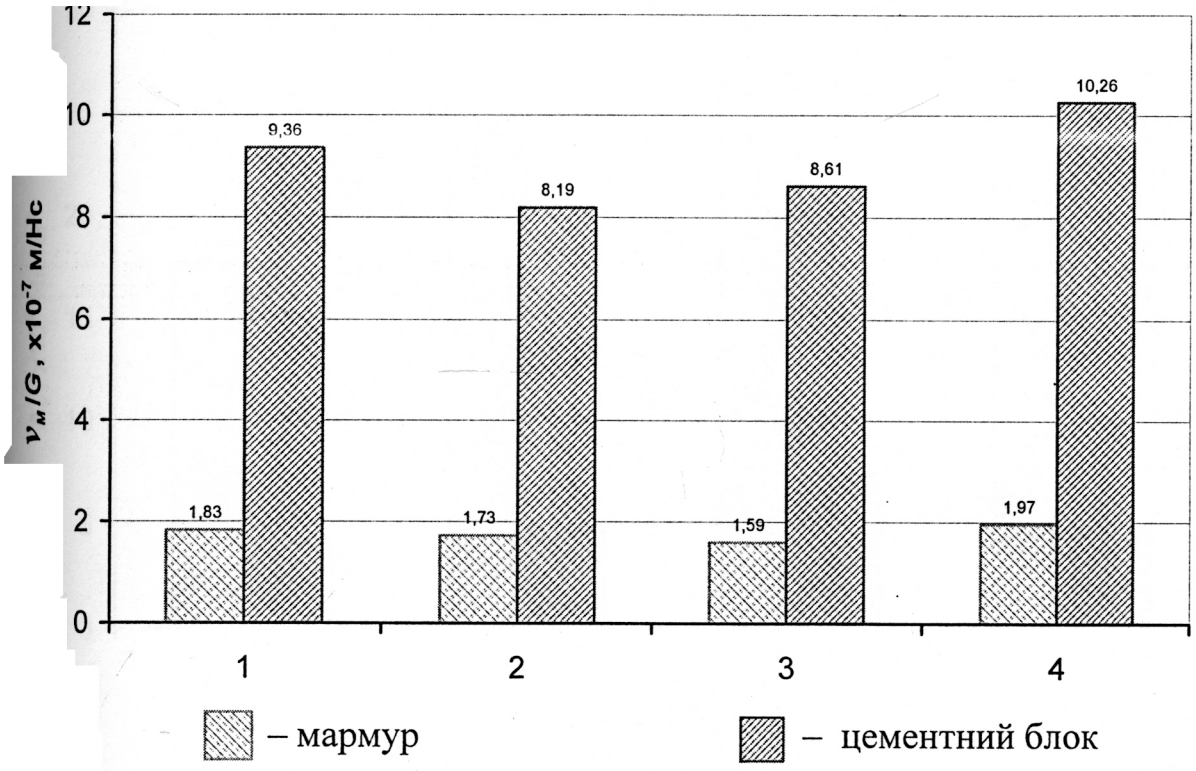


Рис. 3.16. Величини механічної швидкості буріння на величину осьового навантаження для дослідних варіантів доліт при бурінні порід різної твердості: $m = 12$; $G = 15$ кН; $\omega = 2$ с$^{-1}$.

Профіль різальної частини долота:

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

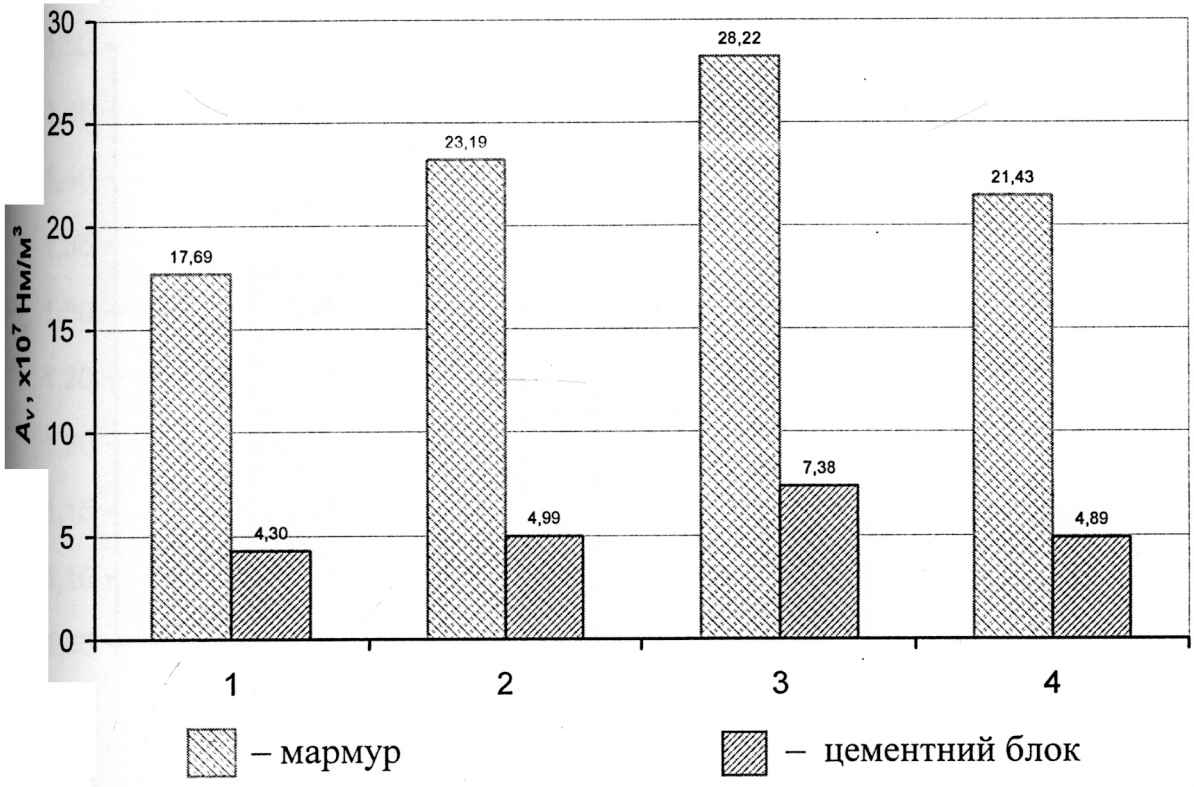


Рис. 3.17. Величини питомої об'ємної роботи руйнування породи для дослідних варіантів доліт при бурінні вибоїв різної твердості:

$m = 12$; $G = 15$ кН; $\omega = 2$ с$^{-1}$.

Профіль різальної частини долота:

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

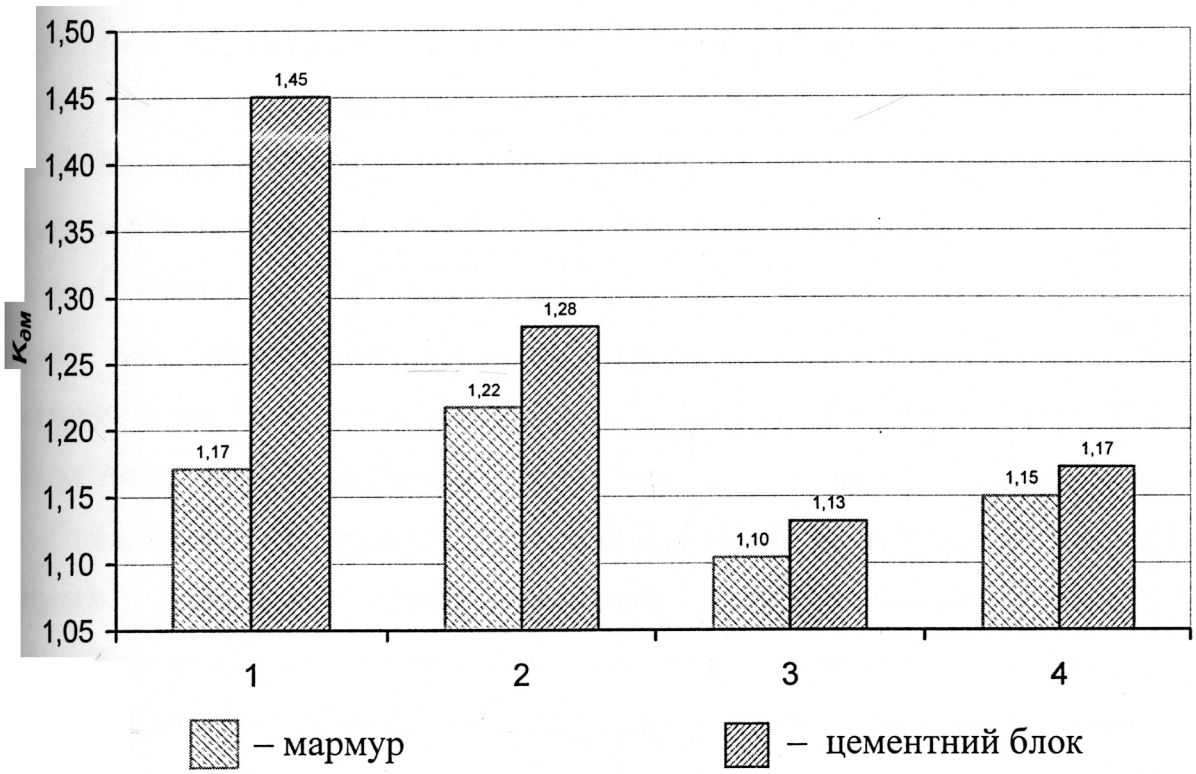


Рис. 3.18. Величини коефіцієнта динамічності за складовою крутного моменту для дослідних варіантів доліт при бурінні порід різної твердості: $m = 12$; $G = 15$ кН; $\omega = 2$ с$^{-1}$.

Профіль різальної частини долота:

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

Величини коефіцієнта динамічності за складовою крутного моменту для всіх варіантів профілів при бурінні цементних блоків переважають аналогічні дані на мармурі в межах: від 2 % – для круглоступінчастої, до 1,24 рази – для плоскої форми лопатей (див. рис. 3.18).

Порівняння енергетичних характеристик роботи доліт, які отримані при бурінні цементних блоків, свідчить, що найкращі показники має породоруйнівний інструмент з плоским профілем різальної частини. За ним – долота з круглоступінчастим і оберненоконусним профілями. При цьому породоруйнівний інструмент з круглоступінчастою формою лопатей має в 1,25 рази кращий показник $v_м/G$, ніж оберненоконусна конструкція.

При вищих в 1,25 рази значеннях $M_п$ долото круглоступінчастого профілю характеризується більшими значеннями питомої об'ємної роботи руйнування – на 13 % і механічної швидкості буріння на величину осьового навантаження – на 9 %, ніж породоруйнівний інструмент плоского профілю.

Отже, можна припустити, що в породах малої, як і середньої, твердості з дослідних варіантів також доцільно використовувати долота з круглоступінчастим профілем. Однак, внаслідок переважаючого впливу при роботі з вибійними двигунами низьких величин необхідного крутного моменту ефективними в даних умовах 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.

3.2. Експериментальні дослідження впливу кількості лопатей на енергетичні показники роботи долота

Одним з конструктивних параметрів, який впливає на величину енергетичних характеристик роботи породоруйнівним інструментом з ПАР, є кількість його лопатей. Для проведення стендових експериментальних досліджень процесу буріння в долоті ДЛР-146 передбачено встановлення 3, 6 та 12 лопатей кожного з 4-х варіантів профілю різальної частини.

Випробування здійснювали також, як і в розділі 3.1, двома етапами: на першому використовували, як вибій, мармур «коелга», на другому – цементні блоки [22].

На першому етапі для забезпечення коректного порівняння результатів вимірювань експерименти проводили з використанням всіх дослідних форм лопатей при різному їх числі і постійних параметрах режимів буріння, які були наступними:

- осьове навантаження – 15 кН;
- кутова швидкість обертання – 2 $с^{-1}$;
- витрата промивальної рідини – 0,015 $м^3/с$.

В кожному експерименті здійснювали не менше 3 довбань. Проміжок часу, в який проводився запис параметрів роботи дослідних варіантів доліт, становив 40 с.

У процесі випробувань фіксували показники та дотримували інші умови, які наведені в розділі 3.1.

За результатами проведених на мармурі експериментів побудовані графічні залежності енергетичних і динамічних параметрів буріння від кількості лопатей в долоті, які наведено на рисунках 3.19 – 3.22. З них випливає:

1) величини питомого крутного моменту для дослідних варіантів доліт зі збільшенням кількості лопатей від 3 до 12 зменшуються на 4…12 %. При всіх числах лопатей найвищі значення $M_п$ отримані для породоруйнівного інструменту з еліптичною формою робочої частини, а найнижчі – з плоскою. Для доліт обернено-конусного і круглоступінчастого профілів різниця між показниками $M_п$ не перевищує 6 % (див. рис. 3.19);

2) значення механічної швидкості буріння на величину осьового навантаження для дослідних доліт зі збільшенням кількості лопатей знижуються в 1,6…1,74 рази. При всіх числах лопатей найвищі показники $v_м/G$ мають породоруйнівні інструменти круглоступінчастого, а найнижчі – еліптичного профілів різальної частини (див. рис. 3.20);

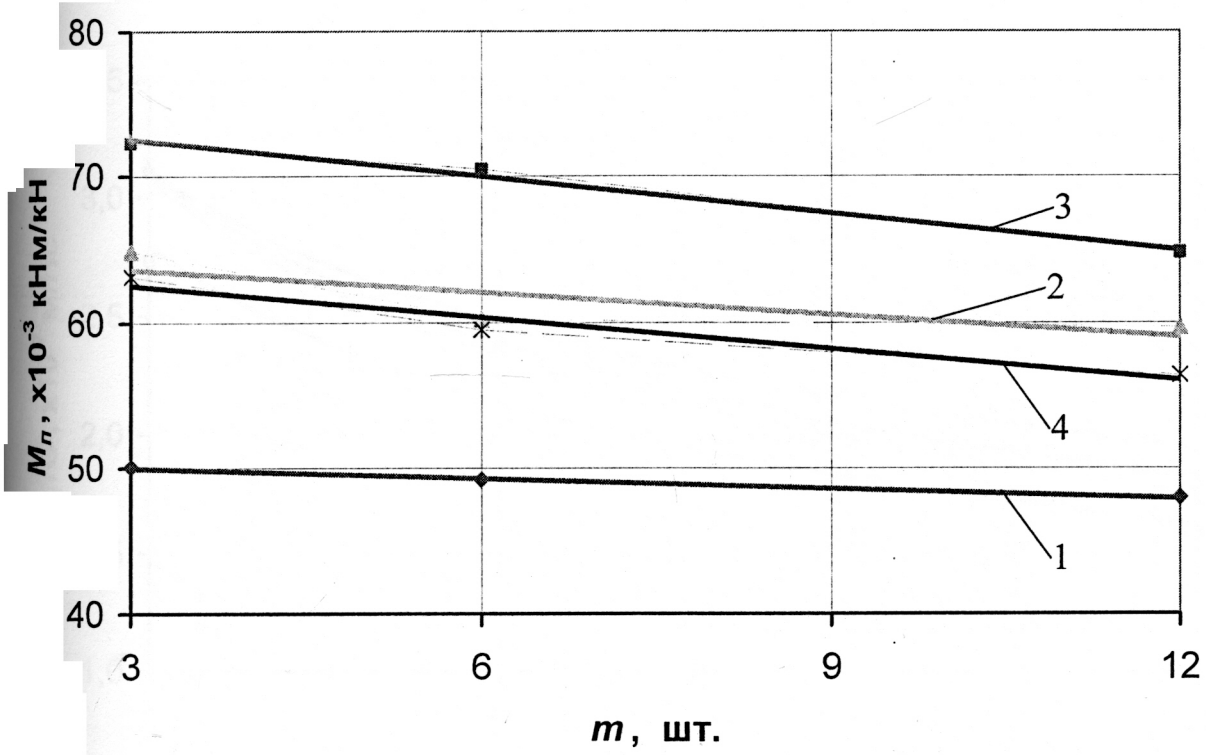


Рис. 3.19. Залежності питомого крутного моменту від кількості лопатей в долоті при: $\omega = 2$ с$^{-1}$; $G = 15$ кН (порода – мармур).

Профіль різальної частини долота:

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

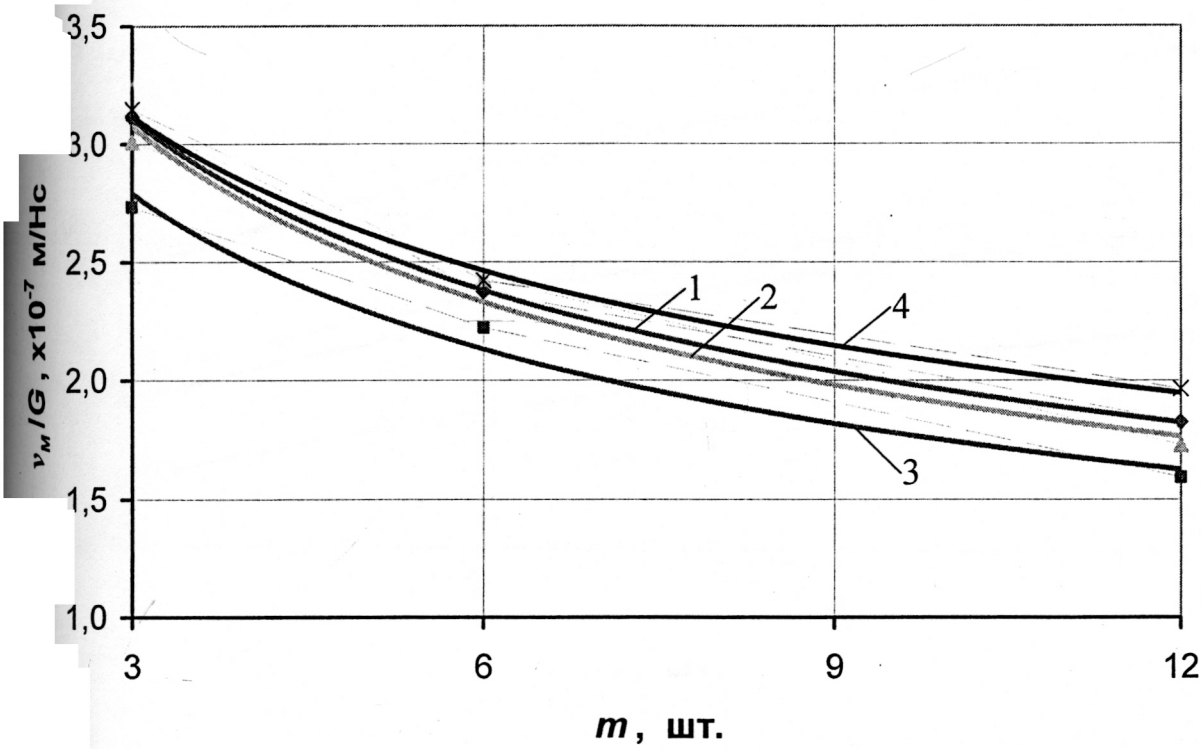


Рис. 3.20. Залежності механічної швидкості буріння на величину осьового навантаження від кількості лопатей в долоті при: $\omega = 2$ с$^{-1}$; $G = 15$ кН (порода – мармур).

Профіль різальної частини долота:

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

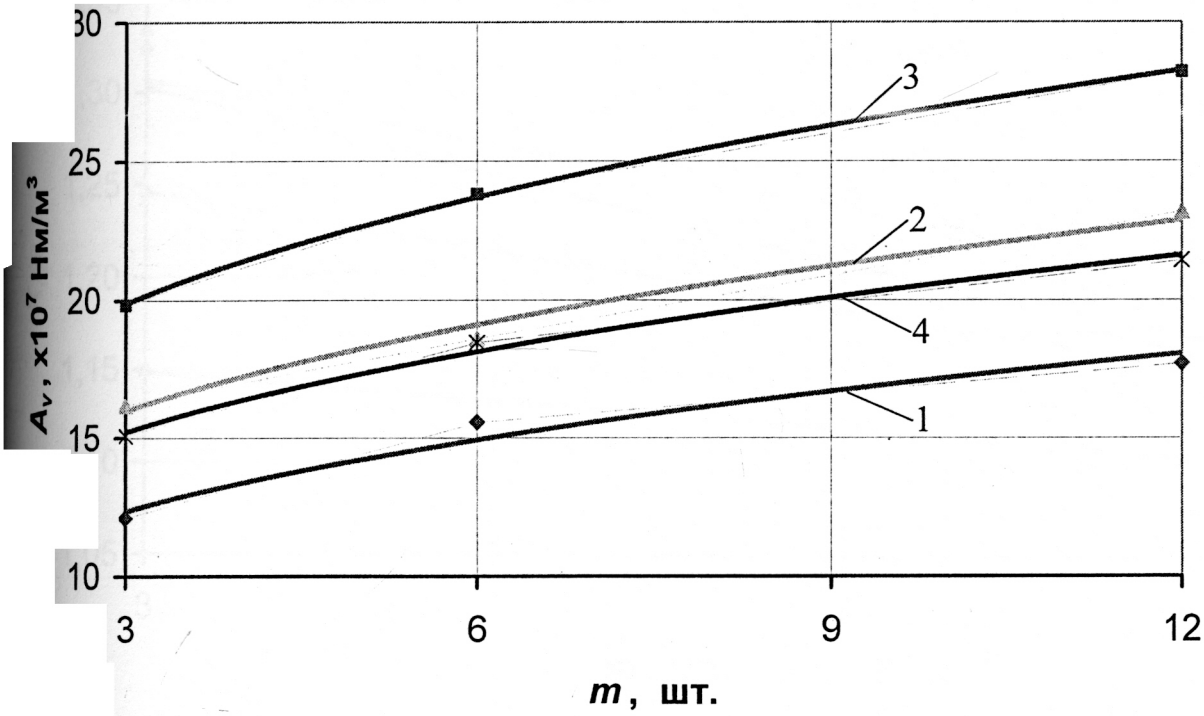


Рис. 3.21. Залежності питомої об'ємної роботи руйнування породи від кількості лопатей в долоті при: $\omega = 2$ с$^{-1}$; $G = 15$ кН (порода – мармур).

Профіль різальної частини долота:

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

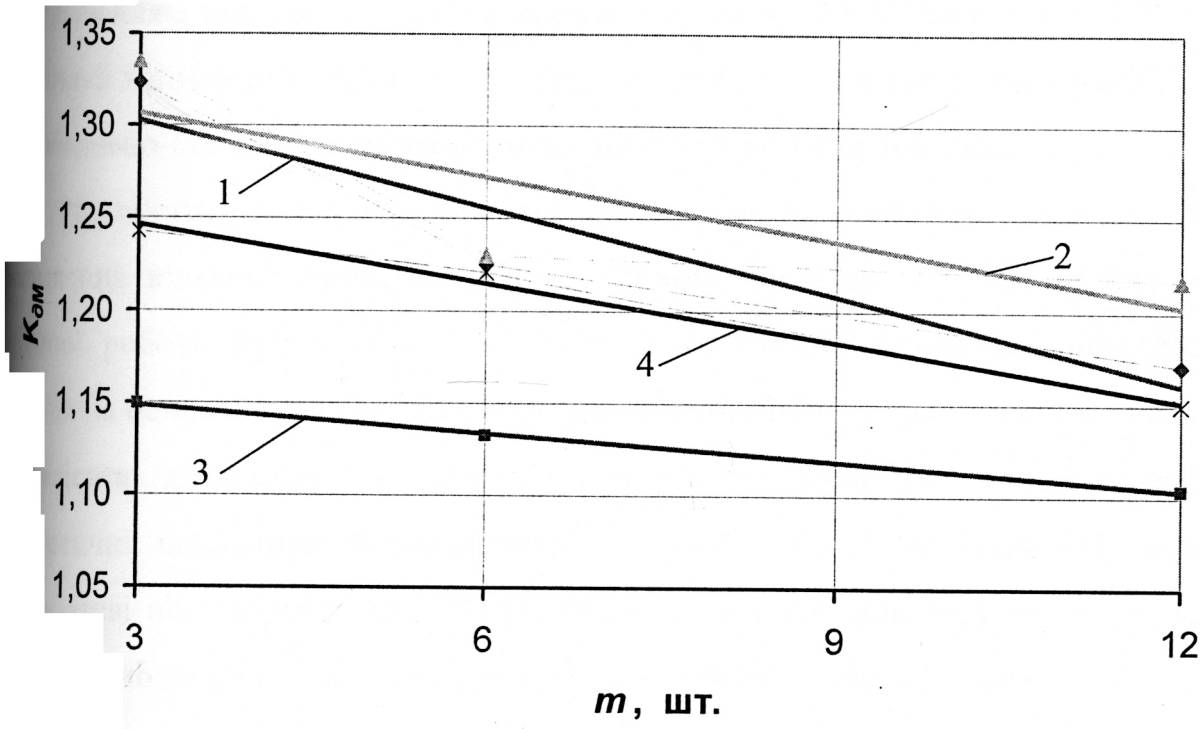


Рис. 3.22. Залежності коефіцієнта динамічності за складовою крутного моменту від кількості лопатей в долоті при: $\omega = 2$ с$^{-1}$; $G = 15$ кН (порода – мармур).

Профіль різальної частини долота:

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

3) енергоємність буріння дослідними долотами зі збільшенням кількості лопатей від 3 до 12 зростає в 1,42..1,46 рази. При всіх числах лопатей найвищі значення A_V мають породоруйнівні інструменти з еліптичним, а найнижчі – з плоским профілями різальної частини (див. рис. 3.21);

) значення коефіцієнта динамічності за складовою крутного моменту зі збільшенням кількості лопатей знижується на 4…13 %. При різних числах лопатей найменші величини $K_{\partial M}$ отримані для доліт еліптичного, а найбільші – обернено-конусного профілів різальної частини (див. рис. 3.22).

Результати експериментів, які проведено на мармурі, свідчать, що збільшення кількості лопатей з 3 до 12 приводить до збільшення питомої об'ємної роботи руйнування та значного пониження механічної швидкості буріння на одиницю осьової сили при зменшенні питомого крутного моменту й коефіцієнта динамічності. Отже, з дослідних варіантів доліт найкращі енергетичні показники буріння гірських порід середньої твердості мають трилопатеві породоруйнівні інструменти. Проте, така конструкція долота має обмежені можливості для розміщення достатньої кількості оснащення, щоб забезпечити його зносостійкість. Тому кількість лопатей у даному випадку має обмежуватися останньою умовою.

З наведених графіків можна стверджувати, що при однаковому осьовому навантаженні кількість лопатей не впливає на порядок розташування доліт з різними профілями різальної частини за величинами енергетичних параметрів буріння, який отримано в розділі 3.1.

Для порівняння впливу кількості лопатей на показники роботи долота в породах малої твердості проведено експерименти з використанням, як вибою, цементних блоків. Оскільки характер зміни енергетичних величин процесу буріння не залежав від профілю різальної частини долота, про що свідчать вище наведені результати досліджень, було прийнято рішення з метою зменшення витрат часу і коштів здійснити випробування породоруйнівного інструменту з круглоступінчастою формою лопатей. Даний варіант профілю

обрано з причини переваг його параметрів роботи при здійсненні випробувань на вибоях різної твердості.

На рисунках 3.23 – 3.26 показані графічні залежності, які отримані під час буріння цементних блоків та мармуру долотом з круглоступінчастою конструкцією різальної частини. З наведених графіків випливає, що:

1) величини питомого крутного моменту зі збільшенням кількості лопатей від 3 до 12 зменшуються при бурінні цементних блоків в 1,19 рази, а мармуру – на 12 %. Вищі значення $M_п$ отримані при роботі на цементних блоках, ніж на мармурі, – в 1,26 рази для породоруйнівного інструменту з 3 і в 1,19 рази – з 12 лопатями (див. рис. 3.23);

2) значення механічної швидкості буріння на величину осьового навантаження зі збільшенням кількості лопатей від 3 до 12 знижуються при бурінні цементних блоків в 1,34 рази, а мармуру – в 1,6 рази. Вищі показники $v_м/G$ мають породоруйнівні інструменти при роботі на цементних блоках, ніж на мармурі, – в 4,37 рази для породоруйнівного інструменту з 3 і в 5,22 рази – з 12 лопатями (див. рис. 3.24);

3) енергоємність буріння зі збільшенням кількості лопатей від 3 до 12 зростає при бурінні цементних блоків на 13 %, а мармуру – в 1,42 рази. Вищі показники A_V мають породоруйнівні інструменти при роботі на мармурі, ніж на цементних блоках, – в 3,48 рази для породоруйнівного інструменту з 3 і в 4,38 рази – з 12 лопатями (див. рис. 3.25);

4) значення коефіцієнта динамічності за складовою крутного моменту зі збільшенням кількості лопатей знижується при бурінні цементних блоків на 9 %, а мармуру – на 8 %. Вищі показники $K_{дМ}$ мають породоруйнівні інструменти при роботі на цементних блоках, ніж на мармурі, – на 3 % для долота з 3 і 2 % – з 12 лопатями (див. рис. 3.26).

Результати експериментів, які проведено на цементних блоках, свідчать, що збільшення кількості лопатей з 3 до 12, також як і мармурі приводить до зростання величини питомої об'ємної роботи руйнування і значного пониження

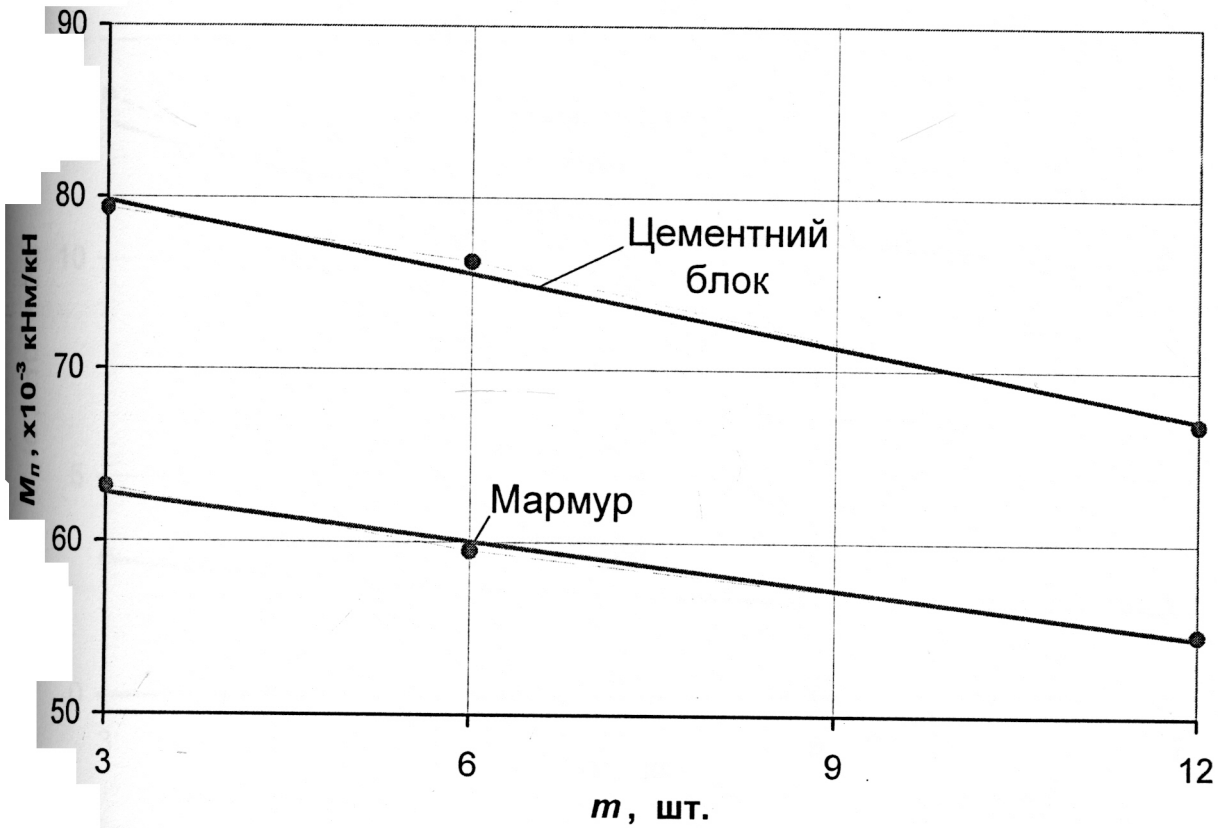


Рис. 3.23. Залежності питомого крутного моменту від кількості лопатей для долота з круглоступінчастим профілем різальної частини при бурінні порід різної твердості: $\omega = 2$ с$^{-1}$; $G = 15$ кН.

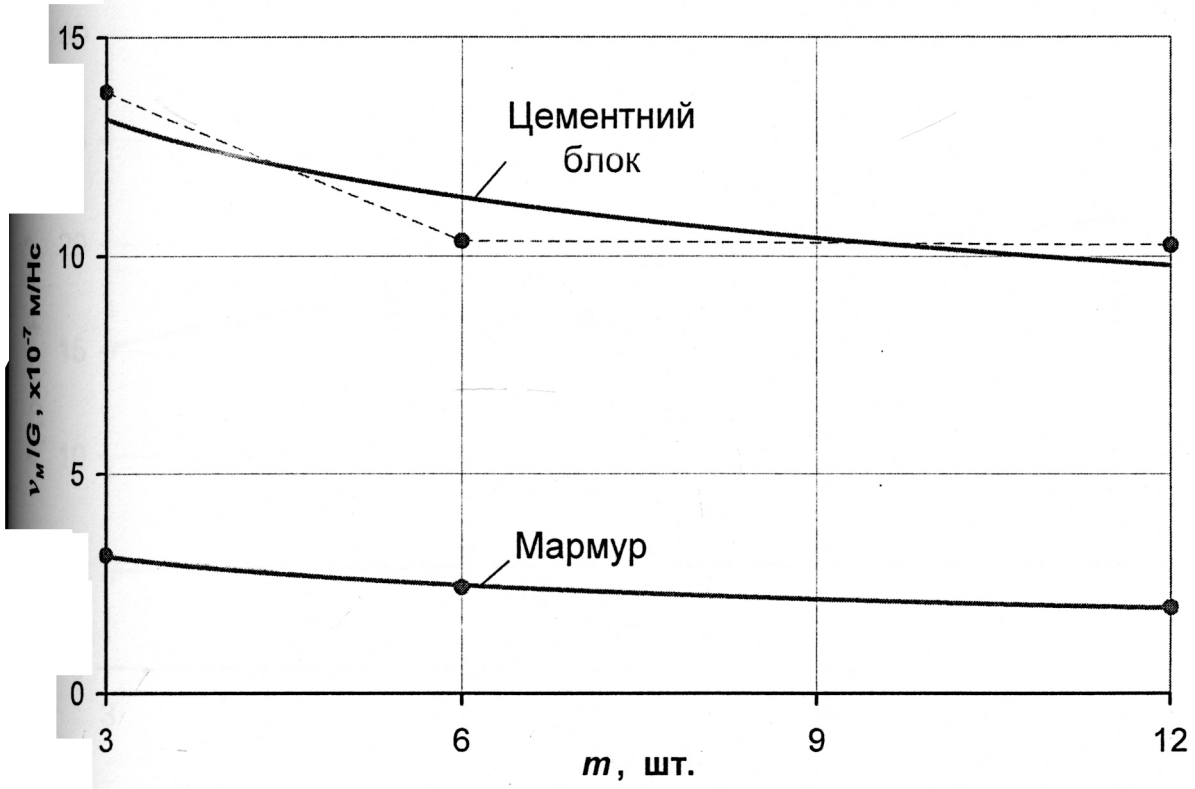


Рис. 3.24. Залежності механічної швидкості буріння на величину осьового навантаження від кількості лопатей для долота з круглоступінчастим профілем різальної частини при руйнуванні порід різної твердості:

$\omega = 2$ с$^{-1}$; $G = 15$ кН.

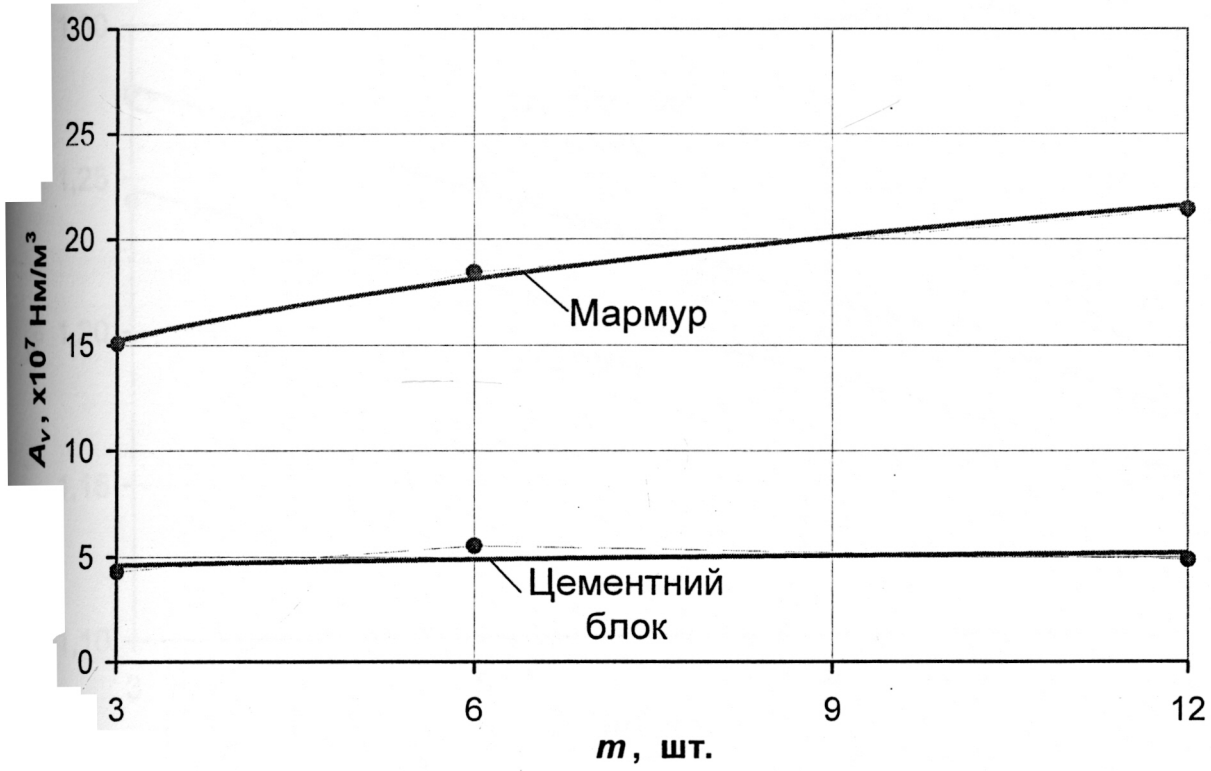


Рис. 3.25. Залежності питомої об'ємної роботи руйнування від кількості лопатей для долота з круглоступінчастим профілем різальної частини при бурінні порід різної твердості: $\omega = 2$ с$^{-1}$; $G = 15$ кН.

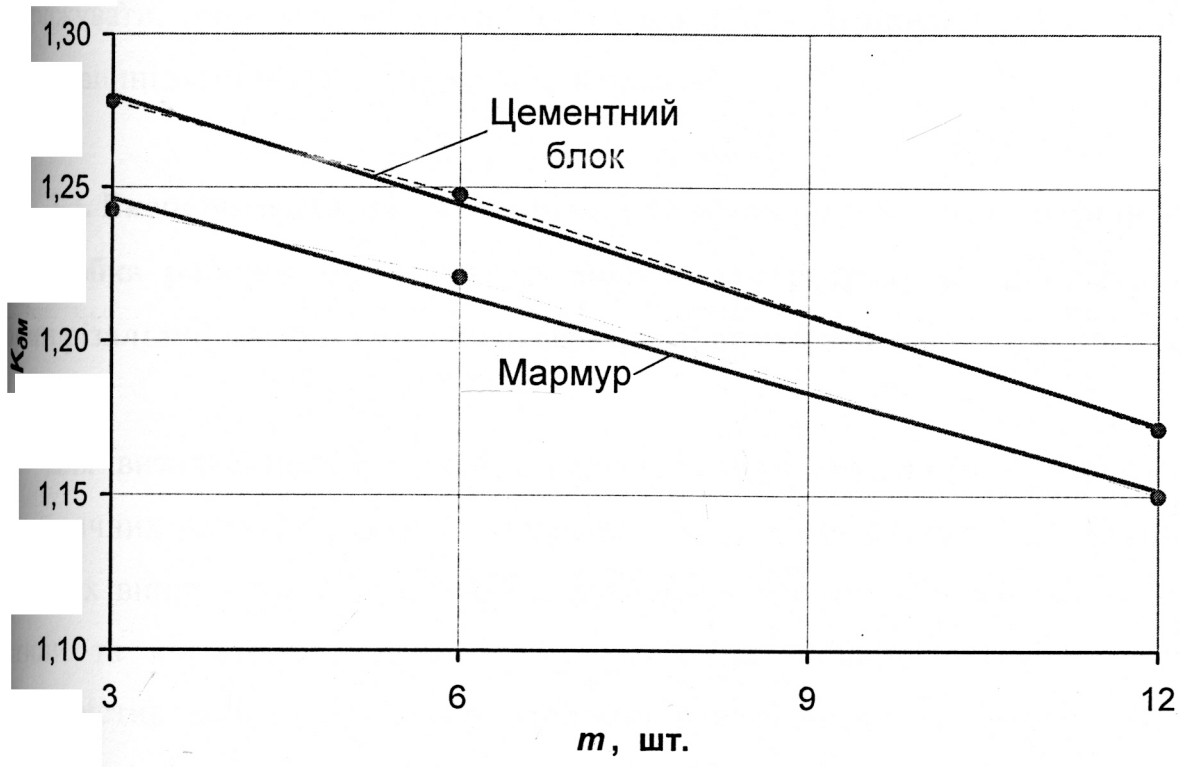


Рис. 3.26. Залежності коефіцієнта динамічності за складовою крутного моменту від кількості лопатей для долота з круглоступінчастим профілем різальної частини при бурінні порід різної твердості: $\omega = 2$ с$^{-1}$; $G = 15$ кН.

механічної швидкості буріння на одиницю осьової сили при зменшенні питомого крутного моменту й коефіцієнта динамічності.

Таким чином, з дослідних варіантів доліт найкращі енергетичні показники буріння цементних блоків мають трилопатеві конструкції. Оскільки в даному випадку фактор спрацювання оснащення порівняно малий, то можна стверджувати, що породоруйнівні інструменти для буріння м'яких гірських порід повинні мати мінімальну кількість лопатей.

3.3. Експериментальне визначення величин емпіричних коефіцієнтів та розробка робочої математичної моделі для розрахунку раціональної форми різальної частини долота стосовно заданих умов застосування

Для визначення ступеня адекватності запропонованих в розділі 2.1 математичних співвідношень і перевірки їх працездатності на прикладі стендових випробувань бурового інструменту з різними профілями робочої частини та кількістю лопатей було здійснено порівняння енергетичних характеристик роботи доліт, які отримані в результаті експериментальних досліджень та теоретичних розрахунків [31, 44].

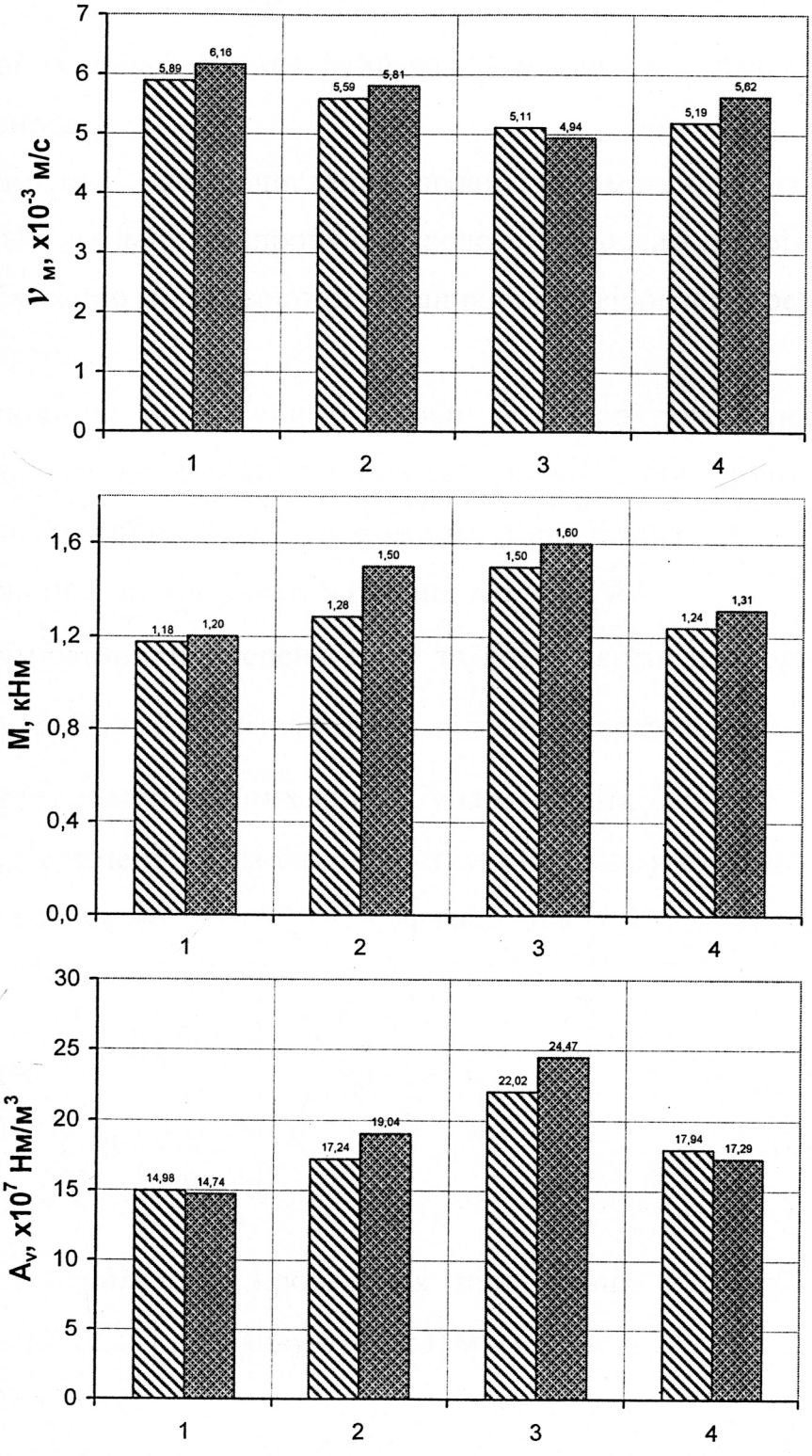
На рисунку 3.27 наведено діаграму, що відображає порівняння розрахованих математично і отриманих експериментально параметрів роботи дослідних варіантів доліт при наступному режимі:

- осьовому навантаженні – 25 кН;
- кутовій швидкості обертання – 2 $с^{-1}$.

Вказані числові значення параметрів режиму буріння, як зазначалось вище, моделюють реальні величини при використанні породоруйнівних інструментів з ПАР.

Результати математичних розрахунків мали максимальні розбіжності з експериментальними даними для різних варіантів доліт по величині:

- механічної швидкості буріння до 8 % – для круглоступінчастого профілю лопатей;
- крутного моменту до 15 % – для оберненоконусного;



▨ – попередні математичні співвідношення;

▩ – стендові експериментальні дослідження

Рис. 3.27. Порівняння результатів розрахунків прогнозних параметрів роботи доліт з дослідними профілями різальної частини за попередніми математичними співвідношеннями і експериментальними даними (G = 25 кН, ω = 2 с$^{-1}$):

1 - плоский; 2 – оберненоконусний; 3 – еліптичний; 4 - круглоступінчастий.

- питомої об'ємної роботи руйнування до 10 % – для еліптичного і оберненоконусного.

Слід відмітити, що обчислення згідно математичних співвідношень базувались тільки на даних випробувань долота з плоским профілем різальної частини, що обмежило можливості отримання більш вірогідних результатів для інших трьох варіантів.

Враховуючи це, нами були проведені додаткові розрахунки на основі експериментальних досліджень з метою визначення дійсних величин коефіцієнтів пропорційності для для кожного з дослідних профілів різальної частини і створення робочої математичної моделі [44].

Значення показників степеня a і b та коефіцієнтів пропорційності k_R, k_{C_1}, k_{C_2} (див. розділ 2.1) 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 (2.9) отримаємо

$$a = \left[\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=2}^{n} \frac{\ln \frac{G_i}{G_j}}{\ln \left(\frac{v_{M\,i}}{v_{M\,j}} \right)} \right] \Bigg/ \left[\frac{n(n-1)}{2} \right] \qquad (3.1)$$

Для n експериментів, проведених при різних кутових швидкостях обертання долота з (2.15) і враховуючи (2.3) маємо

$$b = \left[\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=2}^{n} \frac{\ln \left[\frac{M_i}{M_j} \left(\frac{\omega_i}{\omega_j} \frac{v_{M\,j}}{v_{M\,i}} \right)^a \right]}{\ln \left(\frac{\omega_i}{\omega_j} \right)} \right] \Bigg/ \left[\frac{n(n-1)}{2} \right]. \qquad (3.2)$$

З (2.9) випливає

$$k_{C_1} = \frac{I_1}{I_2}\left[\sum_{i=1}^{n-1}\sum_{j=2}^{n}\frac{1-\dfrac{G_i}{G_j}\left(\dfrac{v_{M_j}}{v_{M_i}}\dfrac{\omega_i}{\omega_j}\right)^a}{\dfrac{\omega_j^{\,b-a}\omega_i^{\,a}G_i}{G_j}\left(\dfrac{v_{M_j}}{v_{M_i}}\right)^a-\omega_i^{\,b}}\right]\Bigg/\left[\frac{n(n-1)}{2}\right]. \qquad (3.3)$$

Для n експериментів з (2.9) також випливає

$$k_R = \frac{1}{(2\pi)^a}\left[\sum_{i=1}^{n}\frac{G_i}{\left(I_1 + k_{C_1}\omega_i^{\,b} I_2\right)}\left(\frac{\omega_i}{v_{M_i}}\right)^a\right]\Bigg/ n \ , \qquad (3.4)$$

з (2.15)

$$k_2 = \frac{1}{\int x^{b+1}\left[\psi(x)\sqrt{1+f'^2(x)}\right]^{1-a}dx}\left(\sum_{i=1}^{n}\frac{M_i\left(I_1 + k_{C_1}\omega_i^{\,b} I_2\right)}{G_i\omega_i^{\,b}}\right)\Bigg/ n \ . \qquad (3.5)$$

В результаті проведених розрахунків за даними експериментів згідно співвідношень (3.1) – (3.5) отримані дійсні величини показників степеня a і b та коефіцієнтів пропорційності k_R, k_{C_1}, k_{C_2} для кожного з дослідних варіантів доліт.

Оскільки відхилення від середніх значень отриманих величин показників степеня a і b для різних профілів лопатей не перевищували 2,5 %, з метою спрощення наступних обчислень, прийнято їх усереднені числа.

Надійність визначення констант k_R, k_{C_1}, k_{C_2} перевірялася шляхом використання різних пар експериментальних даних для 4-ох дослідних форм робочої частини долота. Відхилення зазначених констант від середніх значень також не перевищували 2,5 %.

В таблиці 3.1 наведено числові значення емпіричних коефіцієнтів для кожного профілю різальної частини, які визначені за результатами експериментів та співвідношеннями (3.1) – (3.5).

Таблиця 3.1

Величини емпіричних коефіцієнтів для дослідних профілів різальної частини долота ДЛР-146 отримані за результатами експериментальних досліджень

Варіанти профілю лопатей	a	b	k_R	k_{C_1}	k_{C_2} x10^{-3}
Плоский	0,732	0,271	-2,283	-4,364	-2,703
Обернено-конусний			-1,113	-6,681	-6,634
Еліптичний			-2,192	-4,798	-3,995
Круглоступінчастий			-2,683	-4,092	-2,555

На наступному етапі отримані величини констант використовували для розрахунків показників роботи доліт з дослідними варіантами лопатей при такому ж режимі, як зазначалось вище.

При розрахунках енергетичних параметрів буріння для долота з круглоступінчастим профілем різальної частини приймали, що вивільнені від стискаючих навантажень окремі ділянки лопатей ($y_{к1}$, $y_{к2}$, див. рис. 2.2) не приймають участі в руйнуванні вибою. Отже, їх величини не враховували в обчисленнях.

На рисунку 3.28 наведені порівняння параметрів буріння за результатами стендових досліджень розбірного лопатевого долота ДЛР-146 та розрахунками згідно співвідношень, які наведено у розділі 2.1, з числовими значеннями емпіричних коефіцієнтів, що визначені для кожного варіанту профілю згідно (3.1) – (3.5).

Результати розрахунків за розробленою математичною моделлю мають розбіжності з експериментальними даними, що не перевищують 5 %.

На основі викладених закономірностей розроблено комп'ютерне програмне забезпечення, за допомогою якого по вихідних даних – геометрії різальної частини, режимних параметрах буріння і числових значеннях констант a, b, k_R, k_{C_1} і k_{C_2} (див. табл. 3.1) – розраховуються прогнозні значення енергетичних характеристик роботи породоруйнівних інструментів з

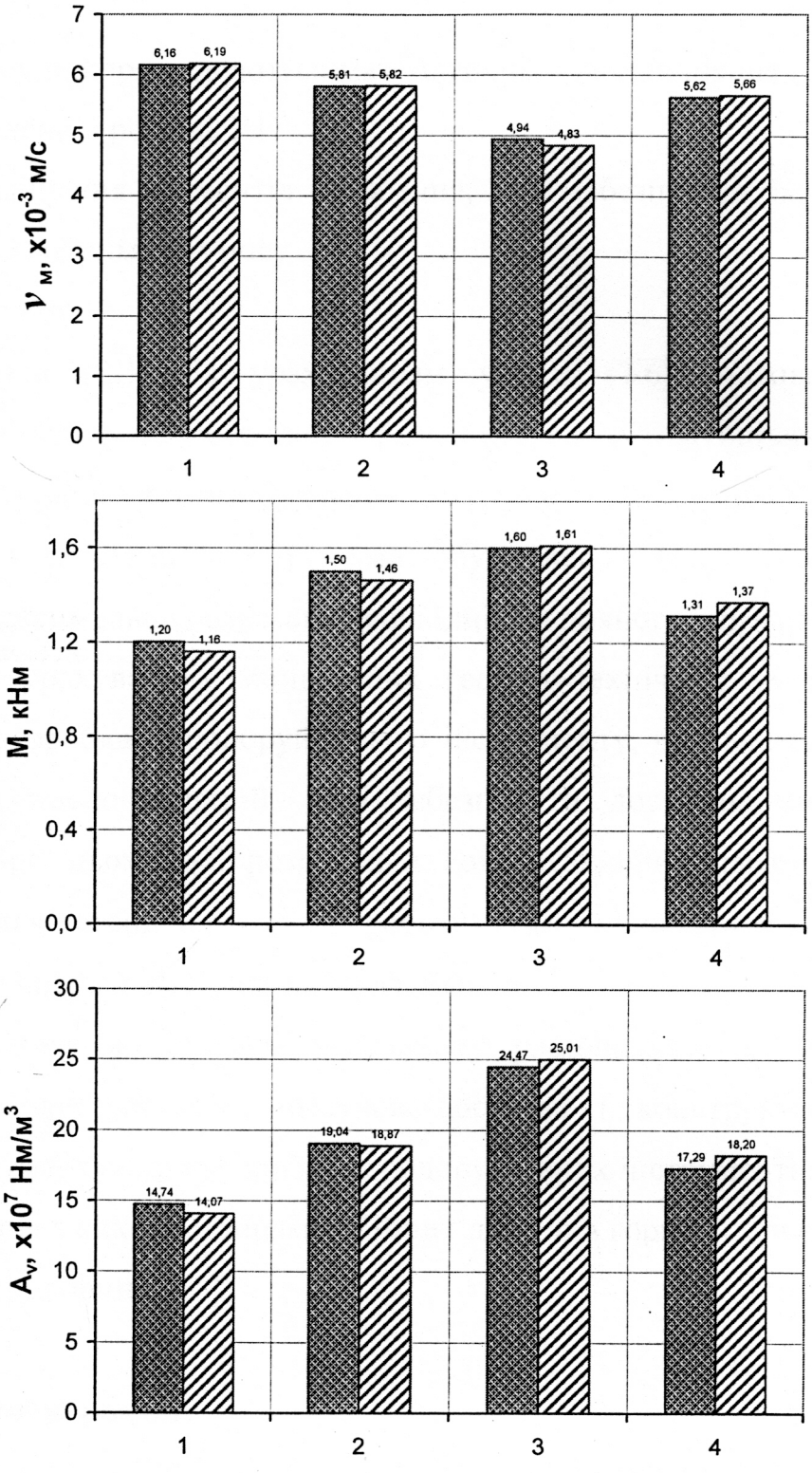


Рис. 3.28. Порівняння експериментальних даних і результатів розрахунків параметрів роботи доліт з дослідними профілями різальної частини згідно математичної моделі (G = 25 кН, ω = 2 с$^{-1}$):

1 - плоский; 2 – оберненоконусний; 3 – еліптичний; 4 - круглоступінчастий.

ПАР. При цьому використовуються математичні співвідношення (2.12), (2.15) і (2.17), які наведено в розділі 2.1.

Для розміщення елементів озброєння, щоб забезпечити їх рівномірний знос, необхідно витримати умову

$$A_V = const. \qquad (3.6)$$

Вирішуючи (2.17) з урахуванням умови (3.6), можна визначити оптимальне з погляду зносостійкості розміщення породоруйнівних елементів на профілю різальної частини бурового інструменту. При цьому враховується, що мінімальна відстань між різцями обумовлена їхніми геометричними розмірами, а максимальна обмежена необхідністю повного перекриття вибою.

Потім з урахуванням конкретних геолого-технічних умов, для яких здійснюється розробка породоруйнівного інструменту, визначається кількість оснащення та число лопатей, щоб забезпечити достатню зносостійкість конструкції. При цьому всі розрахунки конструктивних параметрів долота проводяться для стендових умов роботи, які визначаються наведеними числовими значеннями емпіричних коефіцієнтів.

Математична модель для розрахунку раціональної форми різальної частини застосовується ЗАТ «Науково-дослідне і конструкторське бюро бурового інструменту» при розробці породоруйнівних інструментів, оснащених ПАР, для буріння з використанням вибійних двигунів горизонтальних і похило-скерованих свердловин [51].

Висновки до розділу

1. В результаті експериментальних досліджень зразків бурових доліт встановлені графічні залежності енергетичних параметрів їх роботи від форми профілю різальної частини та кількості лопатей, які дозволяють визначити раціональні конструкції породоруйнівних інструментів для буріння похило-скерованих та горизонтальних свердловин з використанням вибійних двигунів.
2. Експериментально встановлено, що при бурінні гірських порід різної

твердості найнижчі показники питомої об'ємної енергоємності руйнування мають плоска та круглоступінчаста конструкції різальної частини долота.

3. Експериментальними дослідженнями підтверджена раціональність для умов спрямованого буріння захищеного авторським свідоцтвом на винахід №1783108 круглоступінчастого профілю лопатей долота, який забезпечує низьку питому об'ємну енергоємність руйнування гірських порід при більшій в 1,7 разів кількості різців у порівнянні з базовим плоским профілем.

Для буріння гірських порід середньої твердості з використанням вибійних двигунів найбільш раціональним є застосування в долотах, оснащених ПАР, круглоступінчастого профілю лопатей, який поєднує переваги плоскої (найменш енергоємної) і еліптичної (найбільш зносостійкої) форм.

5. Для буріння м'яких гірських порід з використанням вибійних двигунів доцільно використовувати долота з ПАР, в яких профіль різальної частини близький до плоского, але з більш раціональним щодо зносостійкості розміщенням різців, тобто поєднує круглоступінчасту і плоску форми.

6. Експериментальними дослідженнями 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.

Експериментально встановлено, що долота для буріння м'яких гірських порід повинні мати мінімальну кількість лопатей, оскільки при цьому енергетичні параметри роботи найкращі, а фактор спрацювання оснащення порівняно незначний.

Експериментально визначено величини емпіричних коефіцієнтів для нового дослідного профілю лопатей та розроблено робочу математичну модель для розрахунку раціональної форми різальної частини долота стосовно заданих умов застосування.

РОЗДІЛ 4

РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЙ ПОРОДОРУЙНІВНИХ ІНСТРУМЕНТІВ РІЗАЛЬНОЇ ДІЇ З ПОНИЖЕНОЮ ЕНЕРГОЄМНІСТЮ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД

Наведені в розділах 2 і 3 результати теоретичних та експериментальних досліджень дозволили встановити залежності енергетичних показників роботи породоруйнівних інструментів різальної дії від параметрів режиму буріння і профілю лопатей при руйнуванні порід різної твердості. Це допомогло виявити раціональні конструктивні параметри доліт з ПАР, які впливають на підвищення ефективності буріння гвинтовими вибійними двигунами похило-скерованих і горизонтальних свердловин.

Таким чином, отримані результати створили необхідні передумови для розробки принципово нових породоруйнівних інструментів різальної дії для руйнування порід суцільним і кільцевим вибоями.

4.1. Долота для буріння нафтогазових свердловин

В основу створення нових конструкцій доліт з ПАР для буріння вибійними двигунами похило-скерованих і горизонтальних свердловин покладено результати проведених нами 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.

В процесі оптимізації конструкції різальної частини доліт, оснащених ПАР, за прогнозними енергетичними характеристиками роботи і вихідними даними нами здійснено розрахунки різних форм лопатей методами математичного моделювання з використанням експериментально визначених величин емпіричних коефіцієнтів.

На рисунку 4.1, як приклад, наведено варіанти профілів породоруйнівного інструменту діаметром 214,3 мм пониженої енергоємності роботи для заданих умов буріння в неабразивних гірських породах:

а) м'яких і середньої твердості;

б) м'яких та з прошарками середньої твердості;

в) м'яких та з незначними прошарками середньої твердості.

Перший варіант призначений для руйнування перемежованих по твердості порід при очікуваному приблизно однаковому їх об'ємі. В даному випадку з метою підвищення довговічності долота поряд з пониженою енергоємністю роботи необхідно забезпечити достатню зносостійкість його різальної частини. Як свідчать результати експериментальних досліджень ефективною тут є круглоступінчаста конструкція (див. рис. 4.1, а).

Для руйнування переважно м'яких з прошарками середньої твердості неабразивних гірських порід призначено наступний варіант профілю різальної частини (див. рис. 4.1, б). Зносостійкість долота в ньому забезпечується розрахунковою кількістю лопатей. Даний профіль може застосовуватись, зокрема, в породоруйнівних інструментах малого діаметру, в яких обмежені можливості щодо розміщення різців заданих розмірів.

Третій варіант конструктивного виконання різальної частини долота призначено для буріння однорідних м'яких та з незначними прошарками середньої твердості гірських порід (див. рис. 4.1, в). За формою він наближений до найменш енергоємного плоского профілю, але дозволяє розмістити більшену кількість оснащення. Дана конструкція виконана у вигляді двох

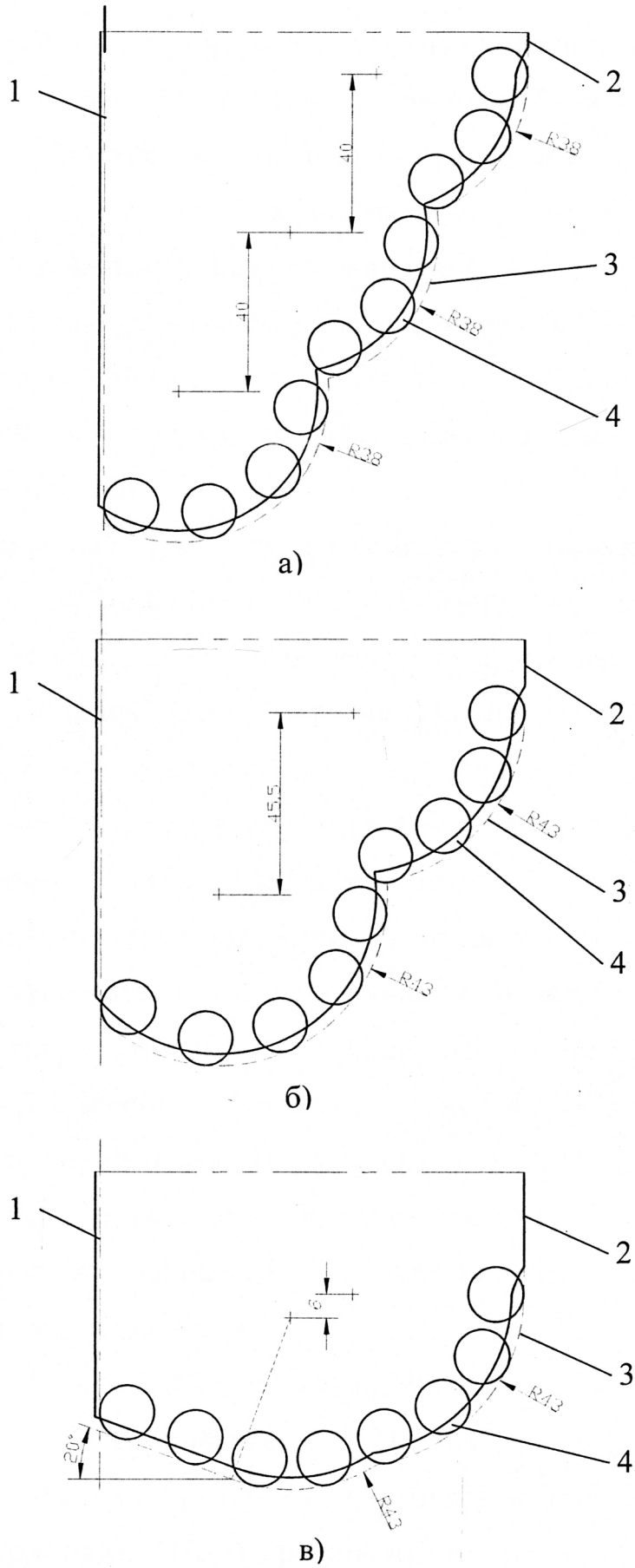


Рис. 4.1. Варіанти профілю лопатей доліт з ПАР діаметром 214,3 мм пониженої енергоємності буріння для заданих умов застосування.

форм: круглоступінчастої, яка формує периферійну ділянку вибою, і обернено-конусної з кутом 20 градусів, що утворює поверхню ближче до осі обертання породоруйнівного інструменту. Зносостійкість долота з таким профілем різальної частини також, як і в попередньому варіанті, забезпечується розрахунковою раціональною кількістю лопатей.

В загальному можна зауважити, що зі зростанням об'єму гірських порід середньої твердості збільшується кількість необхідного оснащення і, відповідно, змінюється форма профілю різальної частини долота, щоб забезпечити їх розміщення.

Порядок розробки нової конструкції породоруйнівного інструменту наступний. Спочатку задається розміщення, щодо вісі долота 1 і вибою, калібрувальної частини 2 й окремих сегментів круглоступінчастої форми 3 (див. рис. 4.1). По тому згідно методики з урахуванням геометричних розмірів породоруйнівних елементів 4 та за умови повного перекриття ними вибою здійснюється попереднє розташування різців на профілю. За допомогою математичної моделі і експериментально визначених величин емпіричних коефіцієнтів розраховуються прогнозні значення енергетичних параметрів роботи, а для конкретних геолого-технічних умов визначається кількість оснащення та число лопатей в долоті. Одночасно здійснюється оптимізація профілю різальної частини лопатей (див. рис. 4.1). Остаточний варіант конструкції долота повинен забезпечувати разом з прийнятними прогнозними енергетичними характеристиками буріння достатню зносостійкість, що визначається кількістю оснащення за умови постійної величини питомої об'ємної роботи руйнування порід.

На рисунку 4.2 представлено конструкцію долота діаметром 214,3 мм, оснащеного ПАР, під шифром АП-214,3МС-К, яка розроблена за результатами проведених досліджень для буріння вибійними двигунами скерованих свердловин. Породоруйнівний інструмент призначений для використання в неабразивних гірських породах м'яких і середньої твердості при застосуванні промивальних рідин з низьким вмістом піску.

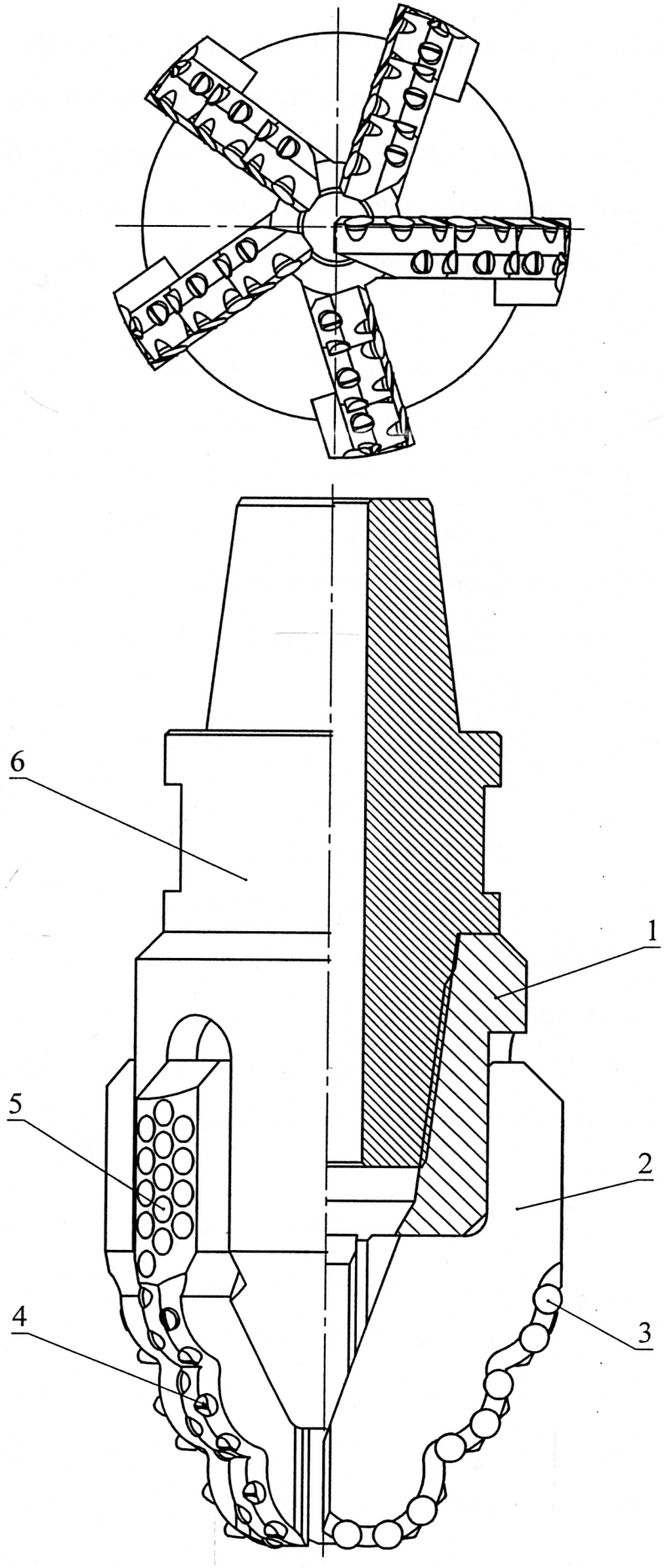


Рис. 4.2. Бурове долото АП-214,3МС-К

Долото АП-214,3МС-К містить остов 1 і приварні лопаті 2, різальна частина яких армована циліндричними полікристалічними алмазними різцями 3 та клиновидними вставками 4 діаметрами, відповідно, 13,5 й 10 мм. Калібрувальна частина лопатей оснащена циліндричними твердосплавними зубцями 5 діаметром 12 мм. Для приєднання долота до валу вибійного двигуна служить перехідник 6 з різьбою З-117 (ніпель) за ГОСТ 28487-90. Така збірна конструкція забезпечує, з одного боку, підвищення технологічності виготовлення виробу, а з іншого – довший ресурс роботи різьбового з'єднання за рахунок можливості додаткової термічної обробки перехідника 6.

Розташування ПАР 3 на робочій поверхні лопатей здійснено за вище указаними методиками із забезпеченням повного перекриття ними площини забою ближче до осі обертання долота і 1,5 – кратного кількісного запасу на периферії різальної частини.

Клиновидні вставки 4 розміщені позаду ПАР, в проміжку між ними і служать для підвищення ударної стійкості та запобіганню передчасного зносу долота. Матеріал, з якого вони можуть бути виготовлені – твердий сплав, "Славутич" або інший, з кращими механічними характеристиками.

Для забезпечення тривалого терміну роботи при формуванні похилого стовбура свердловини та здатності до спрямовування калібрувальна частина долота оснащена додатковими рядами твердосплавних виробів 5 і має зменшену у порівнянні з серійними породоруйнівними інструментами довжину (див. рис. 4.2) [105, 111].

Для очищення вибою від решток гірської породи та охолодження різців в представленому долоті служить центральний промивальний отвір збільшеного ближче до вибою діаметру. Потік промивальної рідини спрямовано у найглибшу поверхню вибою.

В таблиці 4.1 наведено кількість оснащення та прогнозні величини енергетичних характеристик роботи (питомої об'ємної роботи руйнування A_V, крутного моменту M і механічної швидкості v_M) долота АП-214,3МС-К при бурінні однорідних м'яких і середньої твердості порід, допустимому

симальному осьовому навантаженні G = 70 кН [98, 104, 112, 120] та вій швидкості обертання ω = 2 c^{-1}, які визначені за допомогою робленої математичної моделі. Також, для порівняння, надано відповідні актеристики серійної конструкції породоруйнівного інструменту ИСМ -214,3МС виробництва Дослідного заводу ІНМ НАН України, ованого алмазно-твердосплавними пластинами, клиновидними і ібрувальними вставками таких же діаметрів.

Таблиця 4.1

лькість оснащення та прогнозні енергетичні характеристики роботи нової і серійної конструкцій доліт з ПАР (при G = 70 кН, ω = 2 c^{-1})

Шифр долота	Гірські породи	Кількість, шт.				Прогнозні енергетичні характеристики роботи		
		Лопатей	ПАР	Клиновидних вставок	Калібрувальних вставок	A_V, x10^7 Нм/м^3	M, кНм	v_M, x10^{-3} м/с
АП-214,3МС-К	Середньої твердості	5	35	30	70	15,67	5,59	19,77
	М'які					3,57	6,63	102,98
ИСМ АП-214,3МС	Середньої твердості	9	63	59	63	26,95	6,91	14,21
	М'які					6,35	9,02	78,71

Як випливає з розрахункових величин, що наведені в таблиці 4.1, тлоступінчаста конструкція долота переважає серійний інструмент за всіма нозними енергетичними показниками роботи:

при бурінні порід середньої твердості – значення A_V і M, відповідно, в 1,72 та 1,24 рази нижчі, а величина v_M в 1,39 рази більша;

при бурінні м'яких гірських порід – значення A_V і M, відповідно, в 1,77 та 1,36 рази нижчі, а величина v_M в 1,31 рази більша.

При розробці породоруйнівних інструментів для буріння гвинтовими вибійними двигунами похило-скерованих і горизонтальних свердловин застосовували також суттєві елементи запропонованої нами конструкції кругового долота (рис. 4.3, а, б), яка захищена патентами України №3846 та Росії №42571 [62, 63].

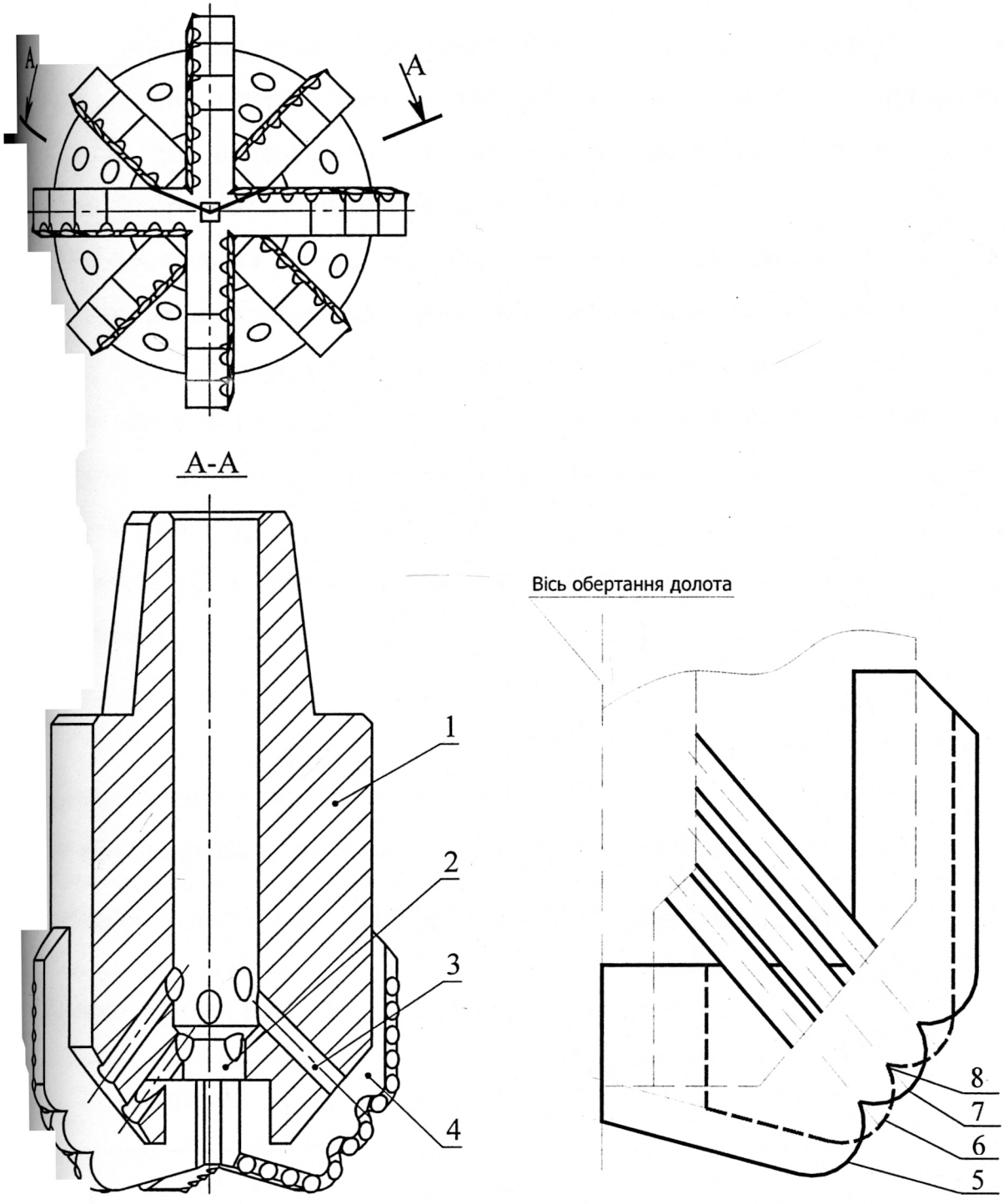
Долото містить корпус 1 із центральним 2 і додатковими 3 промивальними каналами та лопаті 4 круглоступінчастої форми, ступені яких 5 і 6 знаходяться на різних відстанях від вибою. При цьому в осьовому перерізі долото виконане у вигляді зворотних клинів з вершинами, розташованими на його осі.

Винахід спрямований на вирішення актуальних проблем буріння – збільшення ресурсу роботи породоруйнівних інструментів і удосконалення процесу будівництва похило-скерованих і горизонтальних свердловин.

Виконання криволінійних сегментів сусідніх лопатей в долоті на різних відстанях від вибою дозволяє досягти при обертанні інструменту взаємного перекривання їх найбільших радіусів 7 і точок сполучення 8 (див. рис. 4.3, б). Така форма різальної частини запобігає утворенню кругових горизонтальних переміщень шламу, які призводять до передчасного зносу лопатей і, як наслідок, оголення й випадіння різців.

Крім того, розміщення породоруйнівних елементів сусідніх лопатей на різних відстанях від вибою дозволяє запобігти одночасному їх спрацюванню, а також створює демпферну поверхню проти надмірного проникнення різців, що знаходяться на виступаючих лопатях, в породу і, тим самим, зменшує при роботі величину необхідного крутного моменту [99, 104, 111, 112, 116, 118].

Оснащення долота додатковими промивальними каналами, спрямованими убік породоруйнівних елементів, які знаходяться на найбільших радіусах сегментів 7 (див. рис. 4.3, б), допомагає вимивати залишки гірської породи, що приводять при обертанні інструменту до додаткового зносу



а) б)

ис. 4.3. Бурове долото, захищене патентами України №3846 та Росії №42571:
- конструкція долота;
- схема перекриття при обертанні профілів лопатей і додаткових
омивальних каналів в проекції на площину, що проходить через вісь долота.

патей, а також очищати і охолоджувати периферійні різці.

Як зазначалось вище, виконання долота в осьовому перерізі у вигляді оротних клинів з вершинами, розташованими на осі, поліпшує придатність струменту до оперативного коректування траєкторії буріння похило-ерованих і горизонтальних свердловин [53, 110, 111].

Ґрунтуючись на результатах вище наведених досліджень і патентованих нструктивних нововведеннях нами було розроблено ряд породоруйнівних струментів, оснащених ПАР, пониженої енергоємності роботи, які изначені для використання в компоновці з гвинтовими вибійними двигунами и бурінні похило-скерованих та горизонтальних нафтогазових ердловин [66, 84].

В таблиці 4.2 наведені шифри створених бурових доліт і їх конструктивні рактеристики.

Таблиця 4.2

урові долота, оснащені ПАР, з пониженою енергоємністю роботи для буріння ибійними двигунами похило-скерованих та горизонтальних свердловин

Шифр долота		АП-214,3МС	АП-138,2МС	АП-123МС	АП-120МС
Діаметр долота, мм		214,3	138	123	120
Кількість, шт.	Лопатей	9	5	5	5
	ПАР	51	17	17	17
	Клиновидних вставок	41	14	13	13
	Калібрувальних вставок	78	54	52	52
Приєднувальна різьба за ГОСТ 28487-90		З-117	З-88	З-76	З-76

На рисунку 4.4 показано конструкцію долота АП-214,3МС, яке конструйовано для буріння гвинтовими вибійними двигунами похило-керованих і горизонтальних свердловин діаметром 214,3 мм. Воно призначене для руйнування м'яких з незначними прошарками середньої твердості неабразивних гірських порід і складається з корпуса 1, лопатей 2 та перехідника 6.

Різальна частина лопатей оснащена полікристалічними алмазними вставками 3 діаметром 13,5 мм та клиновидними вставками 4 діаметром 10 мм.

Розташування ПАР здійснено за вище вказаними методиками при забезпеченні від 1 до 2,5-кратного перекриття ними площини вибою зі зростанням від центру до периферії. Кут нахилу лицевої поверхні різальних елементів до площини вибою позаду них або кут різання був прийнятий рівним 110 градусів.

Вершини клиновидних вставок знаходяться відносно профілю долота на деякій відстані від різальної крайки ПАР, щоб створювати в процесі буріння конусну поверхню з метою обмеження глибини проникнення різців в породу. Таке конструктивне виконання забезпечує, як уже зазначалось, зменшення величини необхідного крутного моменту [62, 63].

Для пониження енергоємності роботи долота профіль різальної частини виконано у вигляді двох форм: круглоступінчастої, яка формує периферійну частинку вибою, і обернено-конусної з кутом 20 градусів, що утворює поверхню ближче до осі обертання породоруйнівного інструменту. Остання форма, як вказано вище, також поліпшує придатність його до оперативного проектування траєкторії буріння. Крім того, для підвищення здатності долота до спрямовування зменшено довжину калібрувальної частини лопатей, а, щоб запобігти передчасному зношенню в похилому стовбурі свердловини, їх оснащено додатковими рядами циліндричних вставок 5 (див. рис. 4.4) діаметром 12 мм.

Промивання вибою передбачено здійснювати через центральний отвір збільшеного ближче до вибою діаметру. Вказана особливість пов'язана з

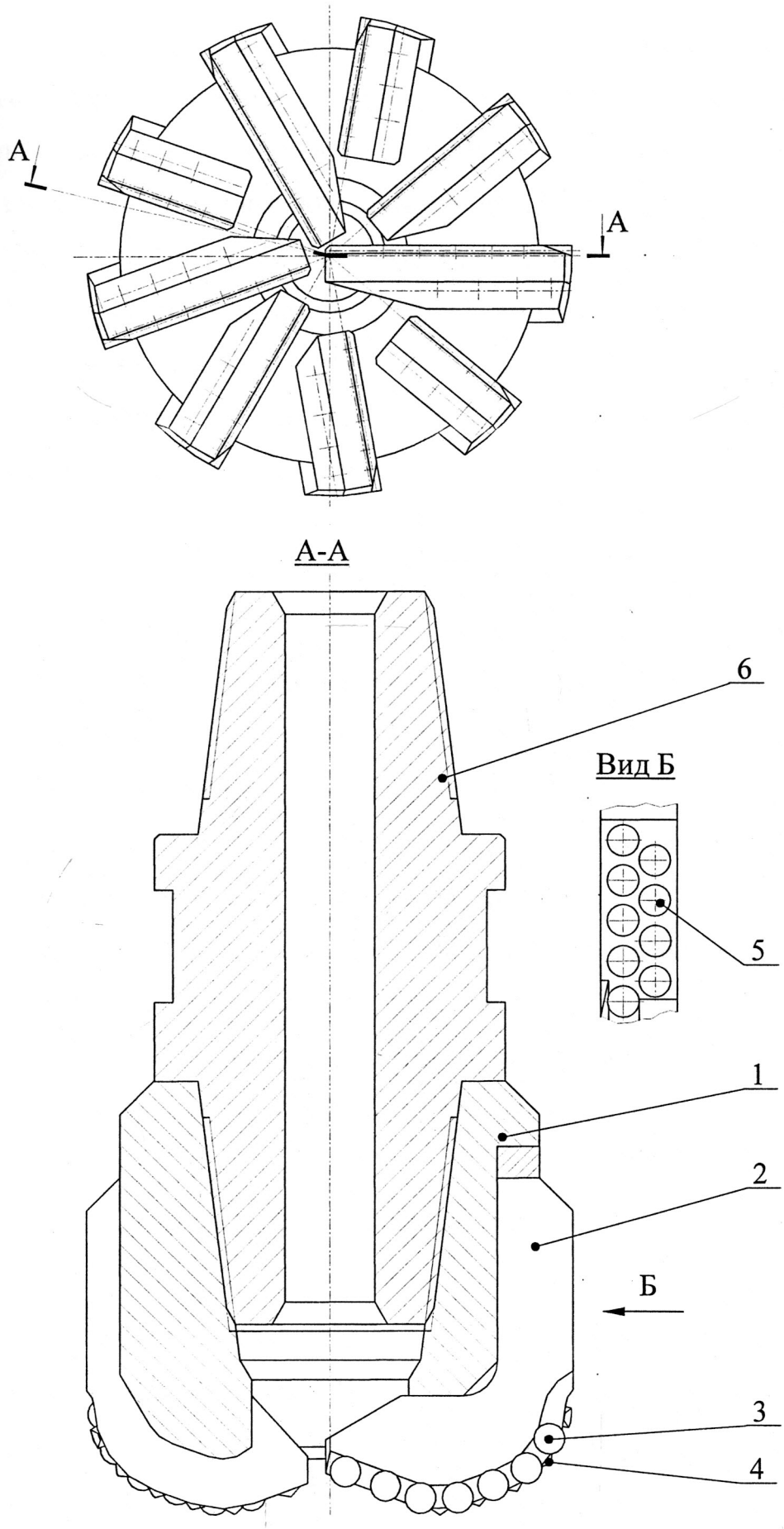


Рис. 4.4. Долото АП-214,3МС.

бхідністю забезпечення повноцінного охолодження оснащення долота та щення його поверхонь від решток гірської породи. На це також направлено конання зовнішніх ділянок корпуса згідно форми лопатей, що спрямовує ік промивальної рідини вздовж розташованих на них рядів різців.

Перехідник 6 (див. рис. 4.4), який закріплений до корпуса на різьбі та за помогою зварювання, призначений для приєднання долота до валу вибійного игуна і сприймає навантаження й крутний момент при навертанні-відвертанні трументу, що запобігає його випадковому пошкодженню. Крім того така нструкція долота більш технологічна у виготовленні, ніж з суцільним рпусом.

За схожою конструктивною схемою створено бурові долота АП-138,2МС, -123МС і АП-120МС (рис. 4.5). Вони також складаються з корпуса 1, латей 2, які оснащено полікристалічними алмазними різцями 3, иновидними вставками 4 й циліндричними вставками 5. Для приєднання лота до валу вибійного двигуна служить перехідник 6.

Форми профілю даних породоруйнівних інструментів, розміри й міщення ПАР, клиновидних та калібрувальних вставок аналогічні веденим вище для долота АП-214,3МС. Основні відмінності полягають в нішніх діаметрах та кількостях лопатей (див. табл. 4.2).

На вказані породоруйнівні інструменти розроблено комплекти структорської документації та технічні умови для їх виготовлення.

4.2. Бурильні головки для буріння з відбором керна

Створення бурильних головок різальної дії з пониженою енергоємністю оти для відбору керна гвинтовими вибійними двигунами в похило-ованих та горизонтальних свердловинах має особливо важливе значення.

Встановлено, що якщо при бурінні щільних і слабо тріщинуватих ладів зенітний кут незначно впливає на ефективність процесу відбору, слабозцементованих (пухких), сильно тріщинуватих та піщано-глинистих

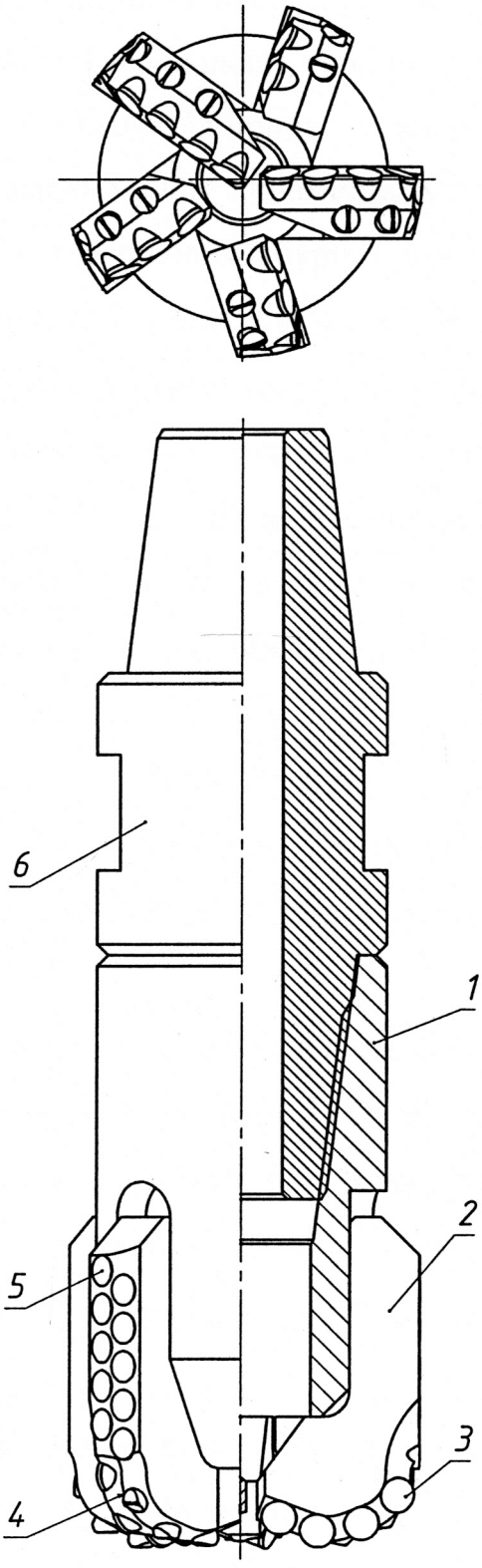


Рис. 4.5. Бурове долото АП-120МС .

ських породах, які досить часто складають продуктивні горизонти, кут хилу свердловини може спричинити недостатній для наступних досліджень івень його виносу [54]. Такі складні геолого-технічні умови вимагають астосування досконалої керновідбірної техніки та породоруйнівних нструментів з ПАР, які мають меншу динамічність роботи й вищий потенціал о стійкості в порівнянні з шарошковими бурголовками.

На відміну від суцільного буріння, ситуація ускладнюється ще й тим, що ри ефективному осьовому навантаженні потужності вибійного двигуна овинно вистачати не тільки, щоб перебороти високий крутний момент урильної головки різальної дії, але й на обертання керноприймального ристрою з масивним корпусом. Як відомо, в свердловинах з великими нітними кутами КНБК лежить на нижній стінці свердловини, що значно ільшує зусилля тертя.

Слід зауважити також, що при бурінні з відбором керна необхідно бмежувати самовільні зупинки вибійного двигуна, оскільки вони негативно ливають на збереженість стовпчика гірської породи і призводять до його рат.

Вказані чинники підтверджують актуальність створення для відбору керна ородоруйнівних інструментів, оснащених ПАР, з пониженою енергоємністю ріння. Особливо важливо розробити нові конструкції бурильних головок зальної дії для свердловин малих діаметрів, в яких внаслідок зменшеного перечного перерізу стовпчика гірської породи більш ускладнене збереження го цілісності.

З урахуванням вище наведених результатів досліджень нами були зроблені конструкції породоруйнівних інструментів для відбору керна різних аметрів (таблиця 4.3) [76, 84, 85].

Вказані породоруйнівні інструменти створені для заданих умов роботи – ріння м'яких та з незначними прошарками середньої твердості неабразивних ських порід. Метою розробок було забезпечення ефективного відбору керна

Таблиця 4.3

Бурильні головки, оснащені ПАР, пониженої енергоємності роботи для буріння вибійними двигунами похило-скерованих та горизонтальних свердловин з відбором керну

Шифр бурильної головки		АП-212,7/100 МС-8/6/5	АП-144,4/67 МС	АП-123/52 МС	АП-118/52 МС
Діаметр, мм	Бурильної головки	212,7	144,4	123	118
	Керну	100	67	52	52
Кількість, шт.	Лопатей	8/6/5	6	6	6
	ПАР	28/21/18	13	11	11
	Клиновидних вставок	28/21/17	11	10	10
	Калібрувальних вставок	56/42/35	51	52	52
	Керноутворюючих вставок	16/12/10	12	12	12
Приєднувальна різьба		З-161 за ГОСТ 28487-90	МК-112х4х1:32 за ОСТ39-226-91	МК-94х4х1:32 за ОСТ39-226-91	МК-94х4х1:32 за ОСТ39-226-91

в продуктивних горизонтах похило-скерованих і горизонтальних свердловин при застосуванні гвинтових вибійних двигунів.

Конструкції бурильних головок з пониженою енергоємністю роботи різних діаметрів однакові, тому докладно розглянемо склад тільки однієї з них.

Бурильна головка АП-212,7/100МС-8 (рис. 4.6) призначена для буріння з відбором керна діаметром 100 мм в свердловинах, які попередньо проведені шарошковими долотами діаметром 215,9 мм, і містить корпус 1 та лопаті 2, з'єднані за допомогою зварювання.

Різальна частина лопатей оснащена полікристалічними алмазними різцями 3, клиновидними 4 та керноутворюючими вставками 5 діаметрами, відповідно, 13,5, 10 й 12 мм.

Розташування ПАР здійснено за вище вказаними методиками при забезпеченні 2-кратного перекриття ними кільцевої площини вибою. Кут різання був прийнятий рівним 105 градусів.

З метою пониження енергоємності роботи профіль різальної частини бурильної головки виконано у вигляді двох форм – круглоступінчастої та вогнуто-конусної з кутом 15 градусів, які формують, відповідно, периферійну ділянку вибою і керноутворюючу поверхню.

Для запобігання передчасному зношенню бурильної головки в похилому стовбурі свердловини калібрувальні поверхні лопатей оснащено додатковими рядами циліндричних вставок 6 (див. рис. 4.6) діаметром 12 мм.

Промивання вибою передбачено здійснювати через повздовжні пази між лопатями та додаткові отвори 7, спрямовані убік породоруйнівних елементів, які знаходяться на найбільших радіусах сегментів профілю лопатей [62, 63]. Розділення потоку розчину здійснено для забезпечення повноцінного охолодження периферійного оснащення бурильної головки та зменшення негативного впливу рідини на збереженість керну.

Для буріння з відбором керна діаметром 100 мм в свердловинах, які попередньо проведені шарошковими долотами діаметром 215,9 мм, також розроблено бурильні головки АП-212,7/100МС-6 та АП-212,7/100МС-5. Вони

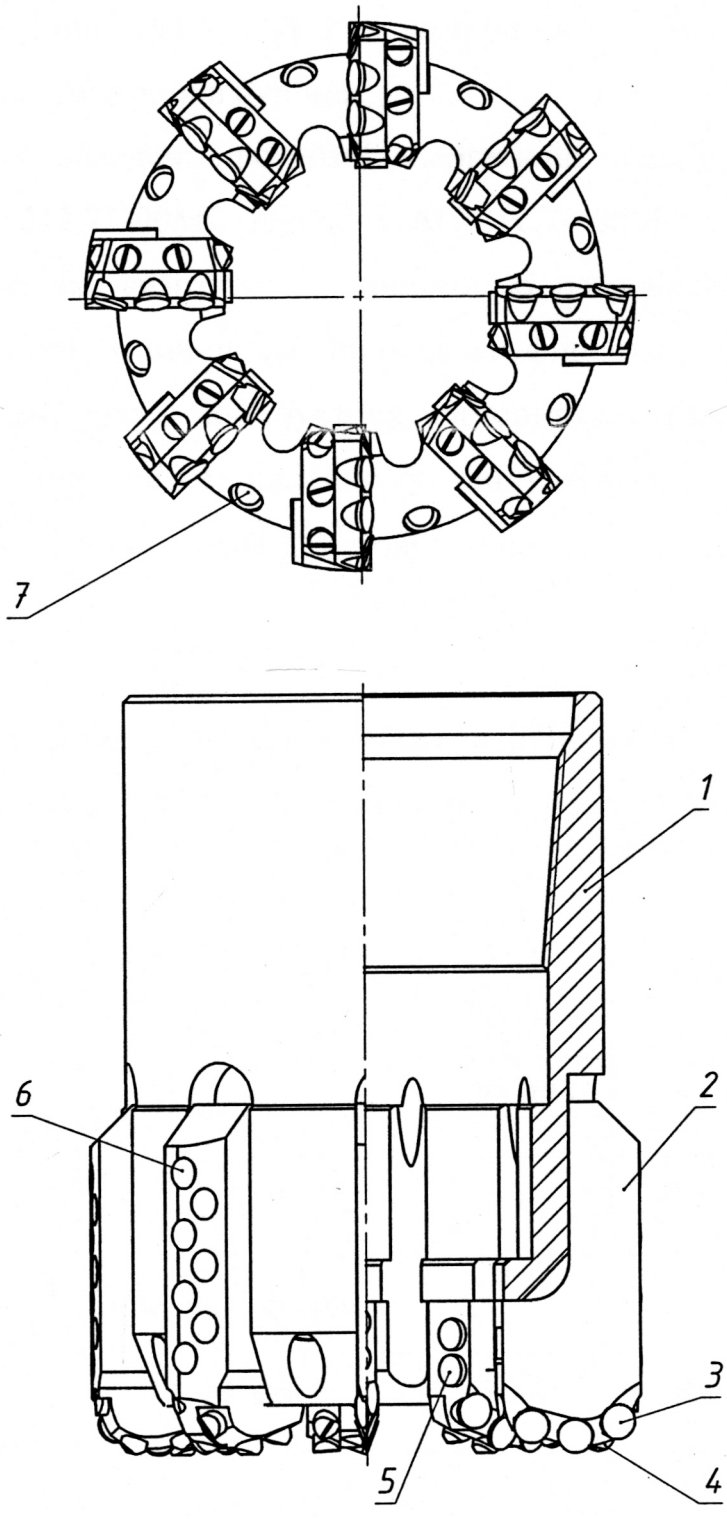


Рис. 4.6. Бурильна головка АП-212,7/100МС-8.

едставляють собою модифікації розглянутої конструкції зі зменшеною лькістю лопатей (див. табл. 4.3) і сконструйовані з метою покращення кніко-економічних показників буріння.

В таблиці 4.4 наведені прогнозні енергетичні характеристики роботи рійної ИСМ АП-212,7/100МС та нових АП-212,7/100МС-8/6/5 конструкцій рильних головок, які визначені за допомогою розробленої математичної оделі з урахуванням величин емпіричних коефіцієнтів (див. розділ 3.3). зрахунки здійснено для умов буріння однорідних м'яких і середньої ердості порід при рекомендованому допустимому максимальному льовому навантаженні $G = 70$ кН та кутовій швидкості обертання $\omega = 2$ с$^{-1}$.

Таблиця 4.4

рогнозні енергетичні характеристики роботи серійної ИСМ АП-212,7/100 МС та нових АП-212,7/100 МС-8/6/5 конструкцій бурильних головок

Шифр бурильної головки	Гірські породи	A_V, x10^7 Нм/м^3	M, кНм	v_M, x10^{-3} м/с
СМ АП-212,7/100МС	Середньої твердості	23,27	5,61	17,57
	М'які	5,18	5,92	83,27
АП-212,7/100МС-8	Середньої твердості	17,67	4,54	18,72
	М'які	3,84	5,05	95,93
П-212,7/100МС-6	Середньої твердості	16,18	4,58	20,62
	М'які	3,51	5,09	105,63
П-212,7/100МС-5	Середньої твердості	15,54	4,60	21,56
	М'які	3,37	5,10	110,49

Як випливає з розрахункових величин, що наведені в таблиці 4.4, струкції бурильних головок пониженої енергоємності роботи мають кращі казники у порівнянні з серійним інструментом при бурінні порід м'яких і едньої твердості щонайменше за величиною:

- питомої об'ємної роботи руйнування A_V – в 1,32…1,35 рази;
- необхідного крутного моменту M – в 1,17…1,24 рази;
- механічної швидкості v_M – на 6…13 %.

Зменшення кількості лопатей з 8 до 5 дозволяє досягти при бурінні порід ої середньої твердості:

- пониження величини A_V більше, ніж на 12 процентів;
- підвищення v_M не менше, ніж на 13 %.

Зростання величини M при зменшені кількості лопатей з 8 до 5 становить більше, ніж – 1,3 процента.

Бурильні головки АП-212,7/100 МС-8/6/5 розроблені для використання в мпоновці з серійними УКР-172/100 «Кембрій» та спеціальними ПКГ-172/100 4] керноприймальними пристроями.

З метою збереження уніфікації між розробленими і серійними струментами всі конструктивні параметри бурильних головок, єднувальних різьб і поверхонь під керновідривачі узгоджені з існуючими ржавними стандартами.

Породоруйнівні інструменти під шифрами АП-144,4/67МС, АП-3/52МС та АП-118/52МС (див. табл. 4.3) призначені для буріння з відбором рну у свердловинах малих діаметрів, які попередньо проведені долотами рошковими і різального типу. Застосовувані діаметри шарошкових родоруйнівних інструментів, відповідно, 146, 124 й 120,6 мм, а доліт з ПАР – 4,4, 123 та 120 мм.

Як зазначено вище, склад бурильних головок АП-144,4/67МС, АП-3/52МС та АП-118/52МС схожий з розглянутою конструкцією. Розміри й міщення ПАР, клиновидних, керноутворюючих та калібрувальних вставок ні ж, як і в буровому інструменті АП-212,7/100МС-8/6/5. Основні відмінності

лягають в формі профілю різальної частини лопатей, зовнішньому і утрішньому діаметрах та кількостях лопатей.

З метою пониження енергоємності руйнування гірських порід різальна стина бурильних головок АП-144,4/67МС, АП-123/52МС та АП-118/52МС є круглоступінчасту форму, а її оснащенням забезпечується 1,5-кратне рекриття площі вибою. Для підвищення зносостійкості інструментів орочена калібрувальна частина на лопатях також, як в попередніх нструкціях, оснащена додатковими рядами твердосплавних вставок.

Бурильні головки АП-144,4/67МС та АП-123/52МС (АП-118/52МС) зроблені для використання в компоновці з спеціальними керноприймальними ристроями, відповідно, ПКГ-127/67 і ПКГ-106/52, які призначені для відбору рна в похило-скерованих і горизонтальних свердловинах [54]. Зокрема, азані інструменти можуть застосовуватись при бурінні з-під хвостовиків та з різних ділянок обсадних колон умовних діаметрів, відповідно, 168 й 140 мм.

Для виготовлення бурильних головок АП-212,7/100МС-8/6/5, АП-44,4/67МС, АП-123/52МС та АП-118/52МС розроблено комплекти нструкторської документації та технічні умови.

4.3. Виготовлення дослідних зразків і партій породоруйнівних струментів з пониженою енергоємністю руйнування гірських порід

Виготовлення всіх дослідних зразків і партій породоруйнівних струментів з пониженою енергоємністю буріння проводилось на Дослідному спериментально-механічному заводі Інституту надтвердих матеріалів імені М. Бакуля НАН України за замовленням, по конструкторській документації при науково-методичному сприянню ЗАТ «НДІКБ бурового інструменту».

На експериментальному виробництві фахівцями ІНМ здійснено підбір обхідних матеріалів, марок сталей, складових частин оснащення й припоїв я виготовлення дослідних доліт і бурильних головок з ПАР. Розроблено хнологічні процеси механічної та термічної обробки остова й лопатей,

варювання деталей, пайки алмазно-твердосплавних пластин, клиновидних, алібрувальних і керноутворюючих вставок. Згідно конструкторської окументації створені програми для обробки остова й кожної лопаті на станках числовим програмним управлінням.

Виготовлення породоруйнівних інструментів проводилось окремими партіями не менше 2 штук в кожній. В таблиці 4.5 наведено шифри і загальну кількість бурових доліт та бурильних головок, оснащених АТП, пониженої енергоємності буріння, виробництво яких завершено станом на 01.05.2006 року.

Таблиця 4.5

Породоруйнівні інструменти пониженої енергоємності роботи для буріння вибійними двигунами похило-скерованих та горизонтальних свердловин, які виготовлено станом на 01.05.2006 року

Породоруйнівні інструменти		Кількість, шт.
Тип	Шифр	
Бурові долота	АП-120МС	4
	АП-123МС	8
	АП-138.2МС	2
	АП-214.3МС	3
Бурильні головки	АП-118/52МС	2
	АП-123/52МС	3
	АП-144.4/67МС	3
	АП-212.7/100МС-8	19
	АП-212.7/100МС-5	4

На рисунках 4.7 і 4.8 представлено фотографії, відповідно, бурового олота АП-214,3МС та бурильної головки АП-212,7/100МС-5 з пониженою

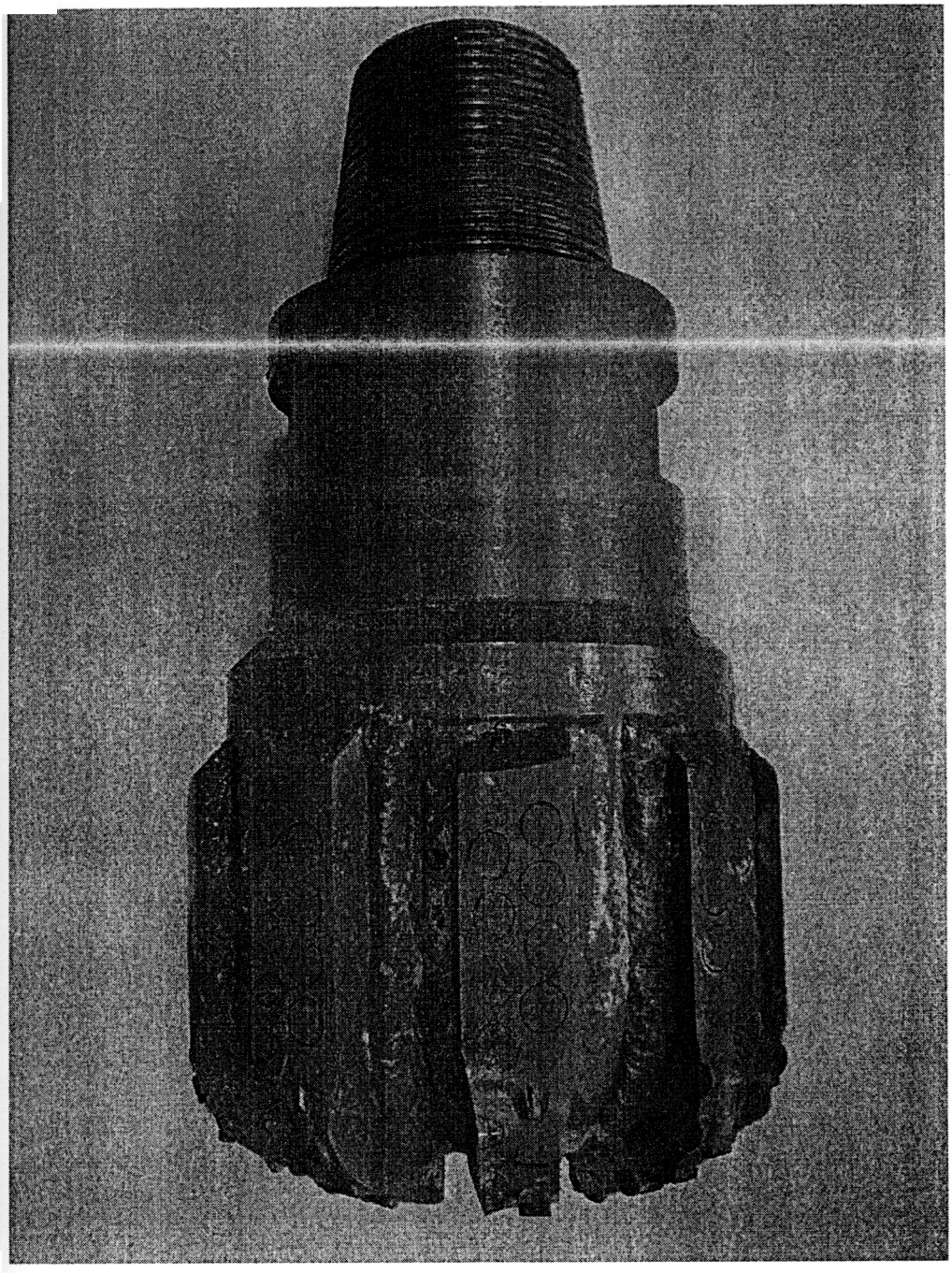


Рис. 4.7. Бурове долото АП-214,3МС з пониженою енергоємністю роботи, яке виготовлено за результатами наведених у даній роботі досліджень.

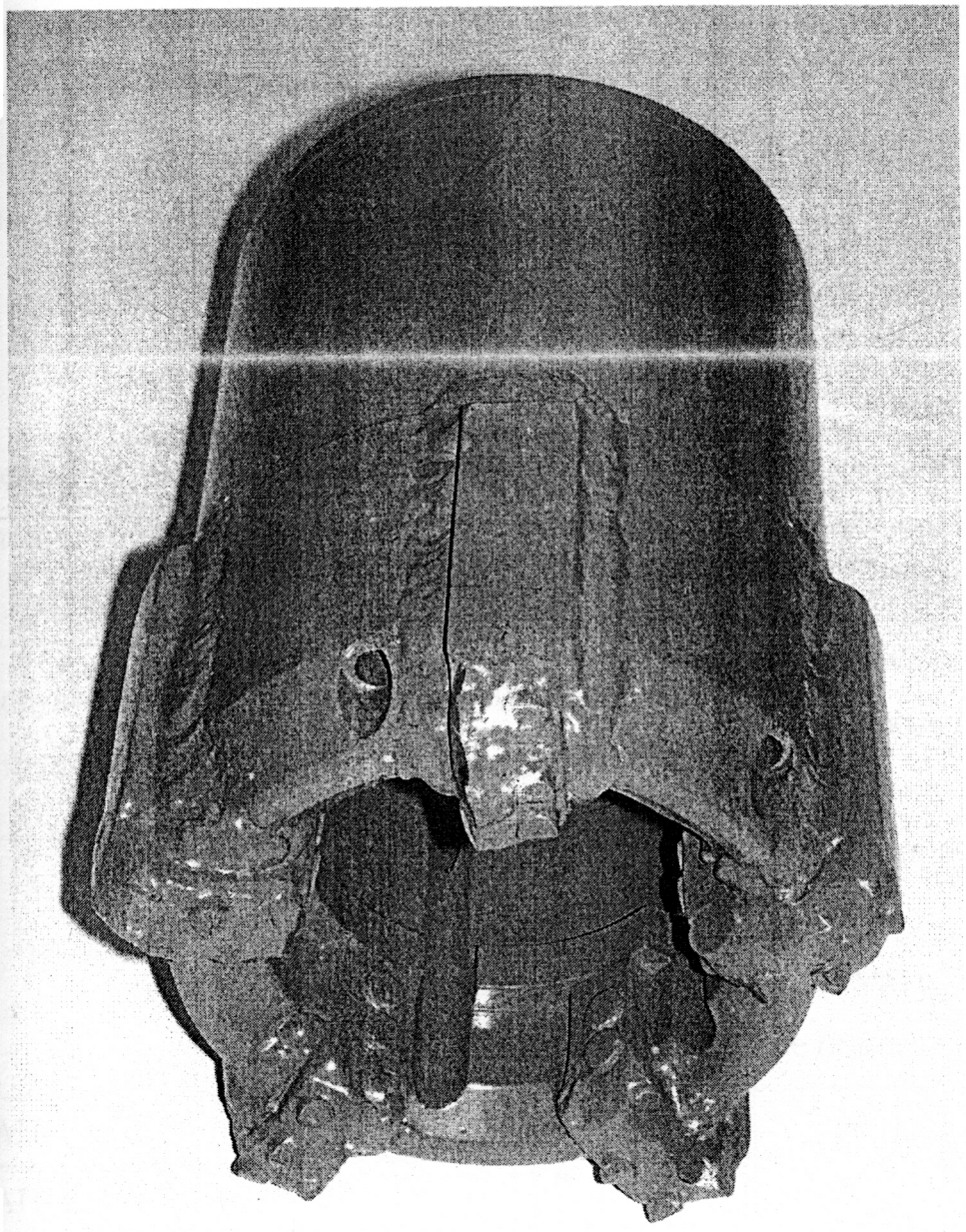


Рис. 4.8. Бурильна головка АП-212,7/100МС-5 з пониженою енергоємністю роботи, яка виготовлена за результатами наведених у даній роботі досліджень.

ергоємністю буріння, які виготовлено за результатами наведених в даній оботі досліджень.

В таблиці 4.6 наведено рекомендовані параметри режиму буріння озробленими породоруйнівними інструментами з пониженою енергоємністю оботи та характеристики гірських порід, які визначені на основі аналітичних сліджень наукових праць і світового досвіду [14, 26, 77, 98, 108, 111, 112, 24].

Таблиця 4.6

екомендовані параметри режиму буріння породоруйнівними інструментами з пониженою енергоємністю роботи та механічні характеристики гірських порід

Породоруйнівний інструмент		Рекомендовані параметри режиму буріння			Механічні характеристики гірських порід	
	Шифр	Осьове наванта-ження, кН	Витрата бурового розчину, х 10^{-3} $м^3/с$	Частота обертів, $с^{-1}$	Твердість по штампу, х10^2 МПа не більше	Коефіцієнт пластич-ності, не менше
Долото	АП-120МС	10,0-30,0	4,0-12,0	1,0-5,0	20	2,0
	АП-123МС	10,0-30,0	4,0-12,0	1,0-5,0	20	2,0
	АП-138,2МС	20,0-40,0	12,0-20,0	1,0-4,0	20	2,0
	АП-214,3МС	40,0-70,0	25,0-35,0	1,0-5,0	30	1,5
Бурильна головка	АП-118/52МС	10,0-30,0	4,0-8,0	1,0-5,0	20	2,0
	АП-123/52МС	10,0-30,0	4,0-8,0	1,0-5,0	20	2,0
	АП-144,4/67МС	20,0-40,0	12,0-15,0	1,0-4,0	20	2,0
	АП-212,7/100МС-8	30,0-70,0	15,0-35,0	1,0-5,0	30	1,5
	АП-212,7/100 МС-5	20,0-50,0	15,0-35,0	1,0-5,0	20	2,0

Довідка про кількість та заводські номери виготовлених на Дослідному експериментально-механічному заводі ІНМ ім. В. М. Бакуля НАН України породоруйнівних інструментів з пониженою енергоємністю буріння додається в додатку Б.

Висновки до розділу

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

2. 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

На основі результатів проведених теоретичних та 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.

Організовано виготовлення дослідних зразків і партій породоруйнівних інструментів з пониженою енергоємністю буріння на Дослідному експериментально-механічному заводі Інституту надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України.

РОЗДІЛ 5

ПРОМИСЛОВІ ВИПРОБУВАННЯ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ РОЗРОБЛЕНИХ ПОРОДОРУЙНІВНИХ ІНСТРУМЕНТІВ РІЗАЛЬНОЇ ДІЇ З ПОНИЖЕНОЮ ЕНЕРГОЄМНІСТЮ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД ПРИ БУРІННІ ПОХИЛО-СКЕРОВАНИХ І ГОРИЗОНТАЛЬНИХ СВЕРДЛОВИН

Наступним кроком досліджень з розробки породоруйнівних інструментів, оснащених ПАР, пониженої енергоємності роботи було проведення промислових випробувань дослідних зразків і партій наведених у розділі 4 доліт й бурильних головок. Їх промислові випробування та впровадження здійснювали при бурінні гвинтовими вибійними двигунами похило-скерованих і горизонтальних свердловин на нафтогазових родовищах ВАТ «Укрнафта» й ВАТ «Татнефть».

5.1. Промислові випробування та впровадження бурових доліт

Промислові випробування бурових доліт з пониженою енергоємністю руйнування гірських порід АП-120МС проводили на свердловинах № 155 та № 23 Качанівського родовища ВАТ «Укрнафта» в інтервалах верхнього й середнього карбону, які складені шаруваннями глин, алевролітів, вапняків і нафтонасичених пісковиків [68]. За результатами робіт складено акт, який наведено у додатку В.

Метою випробувань було визначення ефективності роботи експериментальних бурових доліт пониженої енергоємності руйнування гірських порід АП-120МС при бурінні гвинтовими вибійними двигунами похило-скерованих і горизонтальних свердловин діаметром 120 мм, у тому числі – з коригуванням параметрів стовбура.

Компоновки низу бурильної колони (КНБК) були наступними:

- бурове долото АП-120МС (з калібратором лопатевим або без нього);

- гвинтовий вибійний двигун Д1-105 (з «кривим» перехідником і деметричною системою СТТ-108 або без них);

- колона бурильних труб.

В процесі випробувань експериментальних доліт на свердловинах № 155 № 23 дотримували наступного режиму буріння: осьове навантаження 10 – 40 Н; частота обертання 2,6 – 3,8 $с^{-1}$; тиск на стояку 11,0 – 15,0 МПа; витрата промивальної рідини 0,0098 – 0,012 $м^3/с$.

Параметри промивальної рідини знаходились у межах: густина 1,08 – 1,17 $г/см^3$; умовна в'язкість 40 – 70 с; водовіддача 3 – 4 $см^3$ за 30 хв.

Базою для порівняння показників роботи експериментальних бурових доліт АП-120МС у похило-скерованих і горизонтальній ділянках свердловин, наслідок відсутності відпрацьовування у даному регіоні аналогічних типорозмірів породоруйнівних інструментів різальної дії, були прийняті кращі техніко-економічні характеристики роботи шарошкових доліт III 120,6С-ЦАУ в аналогічних геолого-технічних умовах (див. додаток В).

Як параметри, що визначають ефективність роботи породоруйнівних інструментів, були прийняті: здатність до скеровування, проходка й механічна швидкість буріння.

В свердловині №155 дослідження роботи експериментальних доліт АП-120МС №33477 та №33490 здійснювали при бурінні пілотного і горизонтального стовбурів на глибинах 2024,0 – 2197,3 м.

Усього буровими долотами пониженої енергоємності роботи №33477 та №33490 із застосуванням гвинтових вибійних двигунів Д1-105 пройдено, відповідно, 65,1 і 54,0 м гірських порід при середній механічній швидкості буріння 0,87 й 1,05 м/год. Породоруйнівні інструменти відпрацьовано повністю.

Буріння інтервалів на глибинах 2024,0 – 2150,0 м проводилося в похило-спрямованому пілотному стовбурі свердловини – зенітним кутом 39,5 – 47,0 і

муті 156 – 160 градусів. Здійснено 7 рейсів, з них 2 – в складі керованих БК.

З застосуванням експериментального породоруйнівного інструменту -120МС, калібратора лопатевого діаметром 119 мм і гвинтового вибійного гуна Д1-105 в пілотному стовбурі пройдено:

- 37,0 м долотом №33477 в інтервалах 2046,6 – 2067,0м, 2105,5 – 2117,0 2117,9 – 2123,0 м;

- 23,0 м долотом №33490 в інтервалі 2127,0 – 2150,0м.

Вперше у світовій практиці буріння свердловин діаметром 120 мм з тосуванням експериментального бурового долота АП-120МС №33477, нтового вибійного двигуна Д1-105, телеметричної системи СТТ-108 і ивого» перехідника з кутом перекосу 1,41 градус:

- в інтервалі 2024,0 – 2037,0 м успішно скориговано зенітний кут рдловини з 42,5 до 39,5 градусів;

- в інтервалі 2067,0 – 2082,1 м успішно скориговано зенітний кут і азимут рдловини, відповідно, з 39,5 до 41,0 та від 157 до160 градусів.

Експериментальне долото АП-120МС №33490 використовували також и бурінні горизонтального стовбура свердловини в інтервалі 2025,6 – 2056,6 В складі керованої КНБК при застосуванні телеметричної системи СТТ-108 і ивого» перехідника з кутом перекосу 0,52 градуси здійснено успішний рейс я коригування зенітного кута від 41,5 до 39,5 в азимуті 150 градусів.

В пілотному стовбурі свердловини № 23 Качанівського родовища овим долотом пониженої енергоємності роботи АП-120МС №33489 із тосуванням гвинтових вибійних двигунів Д1-105 двома рейсами пройдено ,1 м гірських порід при середній механічній швидкості буріння 0,89 м/г. родоруйнівний інструмент відпрацьовано повністю.

Буріння інтервалу 1951,6 – 2051,7 м (100,1 м) проводилося під зенітним том 52 градуси в азимуті 35 градусів наступною компоновкою: долото АП-0МС; калібратор лопатевий діаметром 119,5 мм; гвинтовий вибійний двигун

05; бурильні труби. При сталому просторовому положенні стовбура нічна швидкість становила 0,9 м/год.

З застосуванням експериментального бурового долота АП-120МС 3489, калібратора лопатевого діаметром 119,5 мм, гвинтового вибійного туна Д1-105, телеметричної системи СТТ-108 і «кривого» перехідника з ом перекосу 0,52 градуси в інтервалі 2051,7 – 2095,7 м успішно скориговано ітний кут свердловини з 52,0 до 55,0 градусів. При сталому азимуті рдловини механічна швидкість становила 0,87 м/год.

Результати випробувань дослідних породоруйнівними інструментами на рдловинах № 155 та № 23 наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Результати випробувань експериментальних бурових доліт з пониженою енергоємністю руйнування гірських порід АП-120МС на свердловинах № 155 та № 23 Качанівського родовища ВАТ «Укрнафта»

Номер долота / КНБК/ Стовбур*	Інтервал буріння		Літологічна характеристика гірських порід	Показники буріння			
	від	до		Проходка, м	Механічна швидкість буріння, м/год.	Параметри стовбура свердловини	
						Зенітний кут, град.	Азимут, град.
1	2	3	4	5	6	7	8
Свердловина № 155 Качанівського родовища							
33477 / олото; Д1-105; СТТ-108; р. труби / Пілот	2024,0	2037,0	Глини; алевроліти; вапняки	13,0	0,9	42,0-40,0	156

Продовження табл. 5.1

1	2	3	4	5	6	7	8
33477 / Долото; КЛ-119; Д1-105; бур. труби / Пілот	2046,6	2067,0	Глини; вапняки	20,4	0,84	39,5	157
33477 / Долото; Д1-105; СТТ-108; бур. труби / Пілот	2067,0	2082,1	Глини; алевроліти	15,1	0,88	39,5-41,0	157 - 160
33477 / Долото; КЛ-119; Д1-105; бур. труби / Пілот	2105,5	2117,0	Глини; алевроліти; вапняки	11,5	0,87	47,0	157
33477 / Долото; КЛ-119; Д1-105; бур. труби / Пілот	2117,9	2123,0	Глини; пісковики	5,1	0,9	47,0	157
Усього на бурове долото АП-120МС №33477				65,1	0,87	39,5-47,0	156-160
33490 / Долото; КЛ-119; Д1-105; бур. труби / Пілот	2127,0	2150,0	Глини; алевроліти; пісковики	23,0	0,93	47,0	157
33490 / Долото; Д1-105; СТТ-108; бур. труби / Горизонт	2025,6	2056,6	Глини; алевроліти	31,0	1,1	41,5-39,5	150
Усього на бурове долото АП-120МС №33490				54,0	1,05	39,5-47,0	150-157

Продовження табл. 5.1

1	2	3	4	5	6	7	8
Свердловина № 23 Качанівського родовища							
33489 / Долото; КЛ-119,5; ДІ-105; бур. труби / Пілот	1951,6	2051,7	Глини; алевроліти	100,1	0,9	52,0	35
33489 / Долото; КЛ-119,5; ДІ-105; СТТ-108; бур. труби / Пілот	2051,7	2095,7	Алевроліти, пісковики, глини	44,0	0,87	52,0-55,0	35
Усього на бурове долото АП-120МС №33489				144,1	0,89	52	35

Примітка: пілот – буріння пілотного стовбура;

горизонт – буріння горизонтального стовбура.

За результатами випробувань на свердловинах № 155 та № 23 Качанівського родовища ВАТ «Укрнафта» визначено, що експериментальні бурові долота пониженої енергоємності руйнування гірських порід АП-120МС працездатні й ефективні при бурінні похило-скерованих і горизонтальних свердловин діаметром 120 мм з використанням гвинтових вибійних двигунів – за відсутності їх зупинок вперше у світовій практиці забезпечено спрямовування траєкторії стовбура в заданому зенітному куті і азимуті.

В однакових геолого-технічних умовах роботи дослідні зразки бурових доліт АП-120МС переважають серійні породоруйнівні інструменти за показником проходки в 3,2 – 9,6 рази при рівній механічній швидкості буріння.

Рекомендовано для буріння похило-скерованих і горизонтальних свердловин діаметром 120 мм з використанням гвинтових вибійних двигунів налагодити виробництво доліт АП-120МС та продовжити роботи по створенню

родоруйнівних інструментів пониженої енергоємності роботи інших метрів (див. додаток В).

Промислові випробування бурового долота з пониженою енергоємністю инування гірських порід АП-123МС №32951 проводили на свердловині 4583г Бавлинського родовища ВАТ «Татнефть» в інтервалах серпухівського турнейського горизонтів, які представлені карбонатними породами різної ідності, нафтонасиченості та щільності, на глибинах по стовбуру 1414 – 1456, 507 – 1531 і 1541 – 1547 м [66]. За результатами робіт складено акт, який ведено у додатку Д.

Параметри стовбура свердловини в інтервалах буріння дослідним родоруйнівним інструментом знаходилися в межах: азимут – 75,6 – 93,2^0; нітний кут – 76,1 – 90,2^0.

КНБК була наступною: бурове долото АП-123МС; гвинтовий вибійний игун Д1-105; бурильні труби діаметром 73 мм.

Режим буріння підтримувався в межах: осьове навантаження – 10 – 50 Н; частота обертання – 3 с$^{-1}$; тиск на стояку – 5,0 – 6,0 МПа; витрата промивної ідини – 0,008 – 0,01 м^3/с.

Параметри промивальної рідини утримували в межах: густина – 1,03 – ,05 г/см^3; умовна в'язкість – 20 – 22 с; водовіддача – 7 – 8 см^3 за 30 хв.

Базою для порівняння показників роботи експериментального бурового олота АП-123МС у похило-спрямованій і горизонтальній ділянках свердловини, внаслідок відсутності даних по відпрацьовуванню аналогічних поторозмірів породоруйнівних інструментів інструментів різальної дії, були ийняті кращі техніко-економічні характеристики роботи шарошкових доліт 139,7С-ЦАУ в аналогічних геолого-технічних умовах (див. додаток Д). Як раметри, що визначають ефективність конструкцій бурових доліт, були ийняті проходка й механічна швидкість буріння.

Усього буровим долотом пониженої енергоємності руйнування гірських рід АП-123МС №32951 із застосуванням гвинтового вибійного двигуна Д1-

5 пройдено 72,0 м гірських порід при середній механічній швидкості буріння
м/год. Породоруйнівний інструмент відпрацьовано повністю.

Буріння інтервалу 1414,0 – 1456,0 м проводилося в серпухівському ризонті, представленому чергуванням глинистих порід і вапняків. Зенітний т похило-срямованого стовбура свердловини становив 76,1 – 77,0 градусів. йснено 1 рейс – 42 м з середньою механічною швидкістю буріння 2,69 м/год.

Буріння інтервалів 1507,0 – 1531,0 і 1541,0 – 1547,0 м проводилося в рнейському горизонті, представленому вапняками. Зенітний кут ризонтального стовбура свердловини знаходився в межах 89,2 – 90,2 градуса. казаною КНБК здійснено 2 рейси (24 м та 6 м) з середньою механічною видкістю буріння 2,08 м/год.

Результати випробувань експериментального бурового долота АП-3МС №32951 наведені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2

Результати випробувань експериментального бурового долота пониженою енергоємністю руйнування гірських порід АП-123МС при бурінні похило-скерованої й горизонтальної ділянок свердловини № 4583г Бавлинського родовища ВАТ «Татнефть»

Інтервал буріння		Літологічна характеристика гірських порід	Показники буріння			
			Проходка, м	Механічна швидкість буріння, м/год.	Параметри стовбура свердловини	
від	до				Зенітний кут, град.	Азимут, град.
1	2	3	4	5	6	7
1414,0	1456,0	Глини; вапняки	42,0	2,69	76,1-77,0	75,6-76,2

Продовження табл. 5.2

1	2	3	4	5	6	7
1507,0	1531,0	Вапняки	24,0	3,2	89,3-90,2	92,9-93,2
1541,0	1547,0	Вапняки	6,0	0,87	89,2-88,9	93, 2-92,6
Усього на бурове долото АП-123МС №32951			72,0	2,4	76,1-90,2	76,2-93,2

З результатів випробувань випливають наступні висновки. З застосуванням експериментального бурового долота з пониженою енергоємністю руйнування гірських порід АП-123МС при бурінні гвинтовими вибійними двигунами Д1-105 похило-скерованої й горизонтальної ділянок свердловини № 4583г Бавлинського родовища ВАТ «Татнефть» досягнуто показників проходки та механічної швидкості буріння, що перевищують кращі показники роботи серійних породоруйнівних інструментів III 139,7С-ЦАУ, відповідно, в 2,9 і 2 рази.

Дослідне бурове долото зниженої енергоємності руйнування гірських порід АП-123МС працездатне й ефективне при бурінні гвинтовими вибійними двигунами скерованих свердловин, забезпечує стабілізацію параметрів довбура свердловини (зенітного кута й азимута) у заданих коридорах допуску.

При бурінні гвинтовими вибійними двигунами скерованих свердловин на родовищах ВАТ «Татнефть» використано шість експериментальних бурових доліт АП-123МС. Загальна проходка ними становила 390,0 м за 211,5 годин механічного буріння (див. додаток Д).

Середні техніко-економічні показники роботи на одне бурове долото зниженої енергоємності руйнування гірських порід АП-123МС наступні:

- проходка – 65,0 м;
- механічна швидкість буріння – 1,84 м/год;
- економічний ефект – 149782 рубля або 26960,76 гривні.

Сумарний економічний ефект від використання експериментальних бурових доліт АП-123МС на родовищах ВАТ «Татнефть» становив 898692

бля або 161764,56 гривні.

В загальному для отримання найбільших вигод від використання родоруйнівних інструментів, оснащених ПАР, пониженої енергоємності йнування гірських порід необхідно, поряд з розробкою конструкцій під дані умови, достеменно вибирати інтервали, склад КНБК і чітко тримуватись рекомендованих режимів буріння. Про це свідчать результати пробувань експериментального долота АП-120МС на свердловині №23 чанівського родовища, де за однакових геолого-технічних умов буріння сягнуто в 2,0 – 2,7 рази кращого показника проходки у порівнянні з іншими слідними зразками.

До проведення промислових випробувань також підготовлено бурові лота з пониженою енергоємністю руйнування гірських порід АП-138,2МС та П-214,3МС.

5.2. Промислові випробування та впровадження бурильних головок

Промислові випробування бурильної головки з пониженою ергоємністю руйнування гірських порід АП-118/52МС №33316 проводили на рдловині № 155 Качанівського родовища ВАТ «Укрнафта» в інтервалах ’яновугільних відкладів, які складені шаруваннями глин, алевролітів і фтонасичених пісковиків [48]. За результатами робіт складено акт, який ведено у додатку Е.

Метою випробувань було визначення ефективності роботи сперименталної бурильної головки АП-118/52МС при бурінні протяжних ризонтальних і похило-скерованих ділянок свердловин з відбором керна й ночасною стабілізацією параметрів траєкторії стовбура, а також розробка ганізаційних заходів та технологічних режимів її застосування.

Просторове положення стовбура свердловини діаметром 120 мм в тервалах відбору керна було: азимут – 150 – 157 градусів; зенітний кут – 44 – градус.

При відборі керна діаметром 52 мм використовували наступну КНБК:

- бурильна головка АП-118/52 МС;
- керноприймальний пристрій ПКГ-106/52 [54];
- гвинтовий вибійний двигун ДГ-105;
- колона бурильних труб діаметром 73 мм.

Режим буріння підтримували в наступних межах:

- осьове навантаження – 15 – 40 кН;
- частота обертання – 2 $с^{-1}$;
- тиск на стояку – 7,0 – 12,0 МПа;
- витрата промивної рідини – 0,006 – 0,012 $м^3/с$.

Параметри промивальної рідини становили: густина – 1,12 – 1,17 $г/см^3$; овна в'язкість – 40 – 70 сек.; водовіддача – 4 $см^3$ за 30 хв.

Загальний об'єм відбору керна з використанням бурильної головки АП-/52 МС № 33316 склав 24,6 м при середній механічній швидкості буріння м/г. Породоруйнівний інструмент відпрацьовано повністю.

Вихід керна становив 22,35 або 91%. Здійснено 18 рейсів, причому в 12 з х вихід керна складав 100%. Подрібненість стовпчика керна була в межах – 1 зразки на 1 м.

Роботи з відбору керна проводились:

- в пілотному стовбурі свердловини зенітним кутом 44 – 45 градусів – 9 м з виходом керна 21,65 м (90%);
- в горизонтальній ділянці свердловини зенітним кутом 91 градус – 0,7 м з ходом керна 0,7 м (100%).

В інтервалах відбору керна із застосуванням експериментальної рильної головки АП-118/52МС і гвинтового вибійного двигуна ДГ-105 за сутності його зупинок забезпечено стабілізацію параметрів траєкторії овбура в заданому коридорі допуску, що не перевищує 1 градуса.

Результати випробувань по кожному інтервалу буріння наведено в блиці 5.3.

Таблиця 5.3

Результати випробувань експериментальної бурильної головки зниженою енергоємністю руйнування гірських порід АП-118/52МС №33316 при відборі керна на свердловині № 155 Качанівського родовища

Інтервал буріння		Літологічна характеристика гірських порід/ подрібненість керна, шт./м	Показники поглиблення				
			Проходка, м	Кількість рейсів, шт.	Мех. швидкість буріння, м/г	Вихід керна	
від	до					м	%
Буріння з відбором керна в пілотному стовбурі свердловини							
2117,0	2117,9	Алевроліти; глини / 3	0,9	1	0,8	0,9	100
2117,9	2123,0	Інтервал буріння суцільним вибоєм					
2123,0	2127,0	Глини; пісковики/ 1 - 4	4,0	4	0,9	3,1	78
2127,0	2150,0	Інтервал буріння суцільним вибоєм					
2150,0	2169,0	Пісковики; алевроліти / 1 - 4	19,0	12	0,92	17,65	93
Усього в пілотному стовбурі			23,9	17	0,92	21,65	91
Буріння з відбором керна в горизонтальній ділянці свердловини							
2197,0	2197,7	Пісковики/ 1 - 4	0,7	1	1,4	0,7	100
Усього на бурильну головку АП-118/52 МС №33316			24,6	18	0,92	22,35	91

Результати випробувань показали, що експериментальна бурильна головка з пониженою енергоємністю руйнування гірських порід АП-118/52МС

рацездатна й ефективна при відборі керна в похило-скерованих і ризонтальних свердловинах діаметром 120 мм. Забезпечено безперебійну роботу вибійного двигуна та стабілізацію параметрів траєкторії стовбура.

На основі успішних результатів випробувань дослідного зразка бурильної оловки АП-118/52МС рекомендовано продовжити роботи по створенню ородоруйнівних інструментів пониженої енергоємності руйнування гірських орід для буріння вибійними двигунами похило-скерованих і горизонтальних вердловин, у тому числі інших діаметрів (див. додаток Е).

Промислові випробування дослідного зразка бурильної головки з ниженою енергоємністю руйнування гірських порід АП-123/52МС №33167 роводили в горизонтальному стовбурі на свердловині № 4583г Бавлинського одовища ВАТ «Татнефть» [45]. Буріння здійснювалось в турнейському ризонті, який представлений карбонатними породами різної міцності, фтонасиченості й щільності, на глибинах по стовбуру 1531-1541 та 1547-557 м. За результатами робіт складено акт, який наведено у додатку Ж.

Просторове положення стовбура свердловини в інтервалах відбору керна використанням експериментальної бурильної головки АП-123/52МС було: имут 92 – 93,2 градуси; зенітний кут 89,5 – 90,5 градуси.

КНБК при відборі керна була наступною: бурголовка АП-123/52 МС; ерноприймальний пристрій ПКГ-106/52; гвинтовий вибійний двигун ДГ-105; урильна колона.

Режим буріння підтримували у межах: осьове навантаження 10 – 60 кН; стота обертання 2 $с^{-1}$; тиск на стояку 5,0 – 6,0 МПа; витрата промивальної ідини 0,008 – 0,01 $м^3/с$.

Параметри промивальної рідини були наступними: густина 1,03 – 1,05 $см^3$; умовна в'язкість 20 – 22 сек.; водовіддача 7 – 8 $см^3$ за 30 хв.

Базою для порівняння показників роботи дослідної бурильної головки П-123/52МС у горизонтальній свердловині, внаслідок відсутності аналогічних порозмірів серійних інструментів різальної дії, були прийняті кращі техніко-

номічні характеристики роботи шарошкових бурильних головок 39,7/52ТКЗ в похило-скерованих стовбурах (див. додаток Ж).

Як параметри, що визначають ефективність конструкцій бурильних ловок, були прийняті: проходка, механічна швидкість буріння й дрібненість зразків гірських порід.

Усього об'єм відбору керна з використанням бурильної головки ниженої енергоємності руйнування гірських порід АП-123/52МС №33167 на ердловині № 4583г склав 20,0 м при середній механічній швидкості буріння 2 м/год. Загалом здійснено 20 рейсів – по 10 у кожному інтервалі. родоруйнівний інструмент відпрацьовано повністю.

Винос керна склав 20 м (100 %). Подрібненість зразків гірських порід новила 1 – 3 шт. на 1 м.

Результати випробувань експериментальної бурильної головки АП-3/52МС наведені в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4

Результати випробувань експериментальної бурильної головки пониженою енергоємністю руйнування гірських порід АП-123/52МС №33167 при відборі керна на свердловині № 4583г Бавлинського родовища

Інтервал буріння		Літологічна характеристика гірських порід/ подрібненість керна, шт./м	Показники поглиблення				
			Проходка, м	Кількість рейсів, шт.	Мех. швидкість буріння, м/г	Вихід керна	
від	до					м	%
1	2	3	4	5	6	7	8
1531,0	1541,0	Глини; вапняки щільні, глинисті, тріщинуваті/1 - 3	10,0	10	3,73	10,0	100,0

Продовження таблиці 5.4

1	2	3	4	5	6	7	8
41,0	1547,0	Інтервал буріння суцільним вибоєм					
47,0	1557,0	Вапняки щільні, глинисті, тріщинуваті/ 1 - 2	10,0	10	4,73	10,0	100
Усього на бурильну головку АП-123/52МС №33167			20,0	20	4,2	20,0	100

В інтервалах відбору керна із застосуванням бурильної головки АП-52МС забезпечена стабілізація параметрів траєкторії стовбура в заданому дорі допуску. За результатами вимірів телесистеми «ГЕОЛИНК» при ому азимуті падіння зенітного кута після відбору керна в інтервалі 1531 – м (10 рейсів) склало 1 градус, що було ліквідовано наступним бурінням ваною КНБК. В інтервалі 1547 – 1557 м падіння зенітного кута також овило 1 градус (див. додаток Ж).

Результати відпрацювання експериментальної бурильної головки з женою енергоємністю руйнування гірських порід АП-123/52МС №33167 важають кращі показники роботи серійних бурголовок К139,7/52ТКЗ за одкою і механічною швидкістю буріння, відповідно, в 4,3 і 4,2 рази при шій в 2 – 15 разів подрібненості стовпчика керна.

При бурінні гвинтовими вибійними двигунами скерованих свердловин на вищах ВАТ «Татнефть» використано три експериментальні бурильні вки АП-123/52МС. Загальна проходка ними становила 55,0 м за 22,5 ни механічного буріння (див. додаток Ж).

Середні техніко-економічні показники роботи на одну бурильну головку женої енергоємності руйнування гірських порід АП-123/52МС наступні:

- проходка – 18,3 м;
- механічна швидкість буріння – 2,4 м/год;

- винос керна – 16,8 м або 91,8 %;
- економічний ефект – 174233 рубля або 31361,94 гривні.

Сумарний економічний ефект від використання експериментальних рильних головок АП-123/52МС на родовищах ВАТ «Татнефть» становив 2699 рублів або 94085,82 гривні.

Промислові випробування дослідного зразка бурильної головки з ниженою енергоємністю руйнування гірських порід АП-144,4/67МС №33165 оводили на похило-скерованих і горизонтальних свердловинах № 38288г, 805г і 38151 Куакбашського родовища ВАТ «Татнефть» [47]. Буріння йснювалось в башкирському і серпухівському горизонтах, які складені рбонатними гірськими породами, різної міцності, нафтонасиченості й льності, і прошарками глин. За результатами робіт складено акт, який ведено у додатку З.

Просторове положення стовбурів свердловин діаметрами 146 мм в тервалах відбору керна з використанням експериментальної бурильної ловки АП-144,4/67МС було: зенітний кут 39,0 – 90,0 градусів; відхилення від ртикалі 281 – 447 м.

Режим буріння підтримували у межах:

- осьове навантаження 20 – 30 кН;
- частота обертання 1,0 – 3,8 $с^{-1}$;
- тиск на стояку 1,0 – 6,0 МПа;
- витрата промивальної рідини 0,008 – 0,015 $м^3/с$.

Параметри промивальної рідини були наступними: густина 1,01 – 1,09 $см^3$; умовна в'язкість 20 – 25 сек.; водовіддача 5 – 8 $см^3$ за 30 хв.

Базою для порівняння показників роботи дослідної бурильної головки П-144,4/67МС, внаслідок відсутності аналогічних типорозмірів серійних струментів різальної дії, були прийняті кращі техніко-економічні рактеристики роботи шарошкових бурильних головок К139,7/67ТКЗ (див. даток З).

Для визначення ефективності конструкцій бурильних головок, були рийняті вище вказані параметри. Крім того, порівнювали показники роботи ерійних і дослідного породоруйнівних інструментів при роторному способі уріння з відбором керна.

На свердловині №38288г відбір керна проводили в інтервалі шкирського горизонту після використання шарошкового долота діаметром 6 мм. Зенітний кут стовбура становив 90 градусів, відхилення від вертикалі 5 м.

Для буріння використовували наступну КНБК: бурильна головка АП-44,4/67МС, керноприймальний пристрій ПКГ-122/67, гвинтовий вибійний гун Д-106, бурильні труби діаметром 73 мм.

Усього із суцільним відбором керна свердловині №38288г пройдено 7 м 3 рейса при середній механічній швидкості буріння 5,18 м/год. Винос керна клав 7,0 м або 100 %. Подрібненість зразків гірських порід становила від 2 до 4 тук на 1 м.

Інтервал відбору керна пройдено експериментальною бурильною ловкою з пониженою енергоємністю руйнування гірських порід АП-144,4/67 С №33165. Породоруйнівний інструмент залишився придатним для дальшого використання.

На свердловині №37805г відбір керна з використанням бурильної головки П-144,4/67 МС №33165 здійснювали у двох інтервалах серпухівського ризонту на глибинах по стовбуру 1027,0 – 1037,0 м та 1055,8 – 1067,0 м. нітний кут становив 88,7 градуса, відхилення від вертикалі 447 м.

Для буріння використовували таку ж КНБК, як на попередній ердловині.

Усього з відбором керна пройдено 21,2 м при середній механічній видкості буріння 3,76 м/год. Винос керна склав 18,4 м або 86,8 %. Проведено рейсів, з них 9 – з виходом 100 %. Подрібненість зразків гірських порід новила 2 – 3 зразки на 1 м.

Весь об'єм буріння з відбором керна на свердловині №37805г пройдено ією експериментальною бурильною головкою з пониженою енергоємністю інування гірських порід АП 144,4/67 МС №33165. Породоруйнівний трумент залишився придатним для подальшого використання.

Не повний винос керна в 7-му рейсі на даній свердловині пов'язаний з ламкою наземного бурового обладнання (насосу), що призвело до ереривання проходки і термінового підйому інструменту без необхідного хнологічного завершення процесу відбору.

З метою порівняння показників роботи дослідної бурильної головки при них способах буріння – застосуванням гвинтових вибійних двигунів і торному – нами проведені випробування в похило-скерованій свердловині 38151. Буріння з відбором керна тут здійснювали в інтервалі серпухівського ризонту на глибинах по стовбуру 851,0 – 861,0 м. Зенітний кут свердловини новив 39,0 градусів, відхилення від вертикалі 281 м.

Для відбору керна роторним способом використовували наступну КНБК: рильна головка АП-144,4/67МС, керноприймальний пристрій УКР-122/67 (L ,3 м), ОБТ діаметром 108мм (L = 16 м), бурильні труби діаметром 73 мм.

Усього за 4 рейси пройдено 10,0 м гірських порід при середній механічній идкості буріння 2,4 м/год. Винос керна склав 10,0 м (100 %). Його рібненість становила 1 – 3 зразки на 1 м.

Весь об'єм буріння з відбором керна забезпечено експериментальною рильною головкою з пониженою енергоємністю руйнування гірських порід -144,4/67 МС №33165. Породоруйнівний інструмент відпрацьовано вністю.

В інтервалах відбору керна на свердловинах № 38288г, 37805г і 38151 тосуванням КНБК, до складу якої входила бурильна головка АП-144,4/67 , забезпечена стабілізація зенітного кута й азимута в заданих коридорах пуску, що не перевищує 1 градуса.

Результати випробувань дослідного породоруйнівного інструменту на

аних трьох свердловинах наведені в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5

Результати випробувань експериментальної бурильної головки з пониженою енергоємністю руйнування гірських порід АП-144,4/67 МС №33165 при відборі керна на свердловинах № 38288г, 37805г і 38151 Куакбашської площі ВАТ «Татнефть»

Інтервал буріння		Літологічна характеристика гірських порід/ подрібненість керна, шт./см	Показники поглиблення				
			Проходка, м	Кількість рейсів, шт.	Мех. швидкість буріння, м/г	Вихід керна	
від	до					м	%
1	2	3	4	5	6	7	8
Свердловина №38288г							
924,8	931,8	Вапняки щільні, глинисті, тріщинуваті, кавернозні/ 2 - 4	7,0	3	5,18	7,0	100
Свердловина №37805г							
1027,0	1037,0	Вапняки щільні, тріщинуваті/ 2 - 3	10,0	5	4,3	10,0	100
1037,0	1055,8	Інтервал буріння суцільним вибоєм					
1055,8	1067,0	Вапняки щільні, тріщинуваті/ 2 - 3	11,2	5	3,42	8,4	75
Всього на свердловині №37805г			21,2	10	3,76	18,4	86,8

Продовження таблиці 5.5

1	2	3	4	5	6	7	8
Свердловина №38151							
851,0	861,0	Вапняки щільні, тріщинуваті/ 1 - 3	10,0	4	2,4	10,0	100
Усього на бурильну головку АП-144,4/67МС №33165			38,2	17	3,6	35,4	92,7

За результатами випробувань зроблено наступні висновки. Дослідна бурильна головка пониженої енергоємності руйнування гірських порід АП-144,4/67МС працездатна й ефективна при відборі керна в горизонтальних та похило-скерованих свердловинах діаметром 146 мм з використанням, як приводу, гвинтових вибійних двигунів і ротора.

З застосуванням експериментального породоруйнівного інструменту забезпечено стабілізацію зенітного кута й азимута свердловин і проходку в об'ємі 38,2 м при середній механічній швидкості буріння 3,6 м/год, що перевищує кращі показники роботи серійних бурильних головок К139,7/67ТКЗ, відповідно, в 7,6 та 5,1 рази. Крім того, отримано подрібненість зразків гірських порід – в 1,5 – 24 рази менше базових показників.

З порівняння результатів відпрацювання дослідної бурильної головки при різних способах буріння – роторному і з використанням вибійних двигунів – випливає, що останній забезпечує вищу в 1,4 – 2,2 рази механічну швидкість. Така перевага може бути корисною при відборі керна в горизонтах, які складені гірськими породами, що схильні до набухання від тривалого контакту з промивальною рідиною.

При бурінні горизонтальних і похило-скерованих свердловин на родовищах ВАТ «Татнефть» використано три експериментальні бурильні головки АП-144,4/67МС. Загальна проходка ними становила 96,2 м за 48,5 годин механічного буріння (див. додаток З).

Середні техніко-економічні показники роботи на одну бурильну головку ниженої енергоємності руйнування гірських порід АП-144,4/67МС наступні:

- проходка – 32,0 м;
- механічна швидкість буріння – 1,98 м/год;
- винос керна – 27,4 м або 85,6 %;
- економічний ефект – 141846 рублів або 25532,28 гривень.

Сумарний економічний ефект від використання експериментальних рильних головок АП-144,4/67МС на родовищах ВАТ «Татнефть» становив 5538 рублів або 76596,84 гривні.

Промислові випробування дослідних зразків бурильних головок з ниженою енергоємністю руйнування гірських порід АП-212,7/100МС-8 роводили на свердловинах № 1073г Чегодаївського та № 38275г уакбашського родовищ ВАТ «Татнефть» [46]. Буріння здійснювалось в рнейському, намюрському і башкирському горизонтах, які складені рбонатними гірськими породами, різної міцності, нафтонасиченості й ільності. За результатами робіт складено акт, який наведено у додатку К.

Метою випробувань було визначення ефективності роботи й розробка хнології буріння експериментальними бурильними головками з пониженою ергоємністю руйнування гірських порід АП-212,7/100МС-8, дослідження їх атності до проведення протяжних горизонтальних і похило-скерованих лянок свердловин з одночасною стабілізацією зенітного кута.

Просторове положення стовбурів свердловин діаметром 215,9 мм в тервалах відбору керна було: зенітний кут 71 – 91 градус; відхилення від ртикалі 710 – 1020 м.

Режим буріння підтримували у межах: осьове навантаження 30 – 60 кН; стота обертання 1,3 – 3,2 $с^{-1}$; тиск на стояку 4,0 – 7,5 МПа; витрата ромивальної рідини 0,036 $м^3/с$.

Параметри промивальної рідини були наступними: густина 1,10 – 1,16 $см^3$; умовна в'язкість 25 – 40 сек.; водовіддача 5 – 8 $см^3$ за 30 хв.

Базою для порівняння показників роботи дослідних бурильних головок -212,7/100МС-8 були прийняті такі ж серійних породоруйнівних трументів ИСМ АП-212,7/100СТ, що мають найкращі результати при відборі рна в аналогічних гірничо-геологічних умовах (див. додаток К). Однак, аслідок підвищеної енергоємності буріння використання їх для проведення ризонтальних і похило-скерованих стовбурів у компоновці з гвинтовими бійними двигунами ускладнене через часті припинення проходки, які никають при зростанні крутного моменту.

Зупинки обертання інструменту та відривання його від вибою ведуть до льшення подрібненості керна й зменшення його виносу.

Крім цього, технологія проведення горизонтальних стовбурів передбачає сті й тривалі процеси промивання свердловини з протягуванням інструменту, приводить до випереджального зношування серійних бурильних головок по внішньому діаметру.

Застосування, як привід, ротора, де це допускається параметрами овбура свердловини, веде до погіршення показників виносу керна.

Як параметри, що визначають ефективність експериментальної і серійної нструкцій бурильних головок, були також прийняті проходка, механічна видкість буріння й подрібненість зразків гірських порід.

Випробування дослідного зразка бурильної головки з пониженою ергоємністю руйнування гірських порід АП-212,7/100МС-8 №32783 оводили в горизонтальній ділянці на свердловині № 1073г Чегодаївського довища.

Для буріння використовували наступну КНБК: бурильна головка АП-2,7/100МС-8, керноприймальний пристрій ПКГ-172/100 (L = 6,1 м), нтовий вибійний двигун Д5-172 (L = 5,8 м), бурильні труби діаметром мм.

Усього із суцільним відбором керна в турнейському горизонті пройдено ,0 м гірських порід при середній механічній швидкості буріння 1,9 м/год. нос керна склав 99 м або 99%. Подрібненість зразків гірських порід

становила не більше 2 шт. на 1 м. Здійснено 21 рейс, причому в 20 з них вихід рна становив 100%, а в 4, 6 і 16 рейсах його винесено суцільними п'яти етровими стовпчиками.

Весь інтервал пройдено однією дослідною бурильною головкою ниженої енергоємності руйнування гірських порід АП-212,7/100МС-8 2783 із забезпеченням стабілізації параметрів траєкторії стовбура в аному коридорі допуску. На інтервалі довжиною 100 м при сталому азимуті діння зенітного кута склало 3 градуси.

На свердловині № 38275г Куакбашського родовища в намюрському і ашкирському горизонтах випробовували два експериментальних зразки урильної головки з пониженою енергоємністю роботи АП-212,7/100МС-8 33491 і №33495.

Для відбору керна використовували наступну КНБК: бурильна головка П-212,7/100МС-8, керноприймальний пристрій ПКГ-172/100 (L = 4,8 м), винтовий вибійний двигун ДГ-172 (L = 4,8 м), бурильні труби діаметром 27 мм.

Усього із суцільним відбором керна в похило-скерованому стовбурі енітним кутом 71 градус) пройдено 87,0 м при середній механічній швидкості уріння 1,42 м/год.

Винос керна склав 87 м (100%). Подрібненість зразків гірських порід становила 1 – 2 шт. на 1 м. Всього здійснено 25 рейсів, з них 8 – у першому нтервалі відбору керна 939,0 – 967,0 м, 12 – у другому 968,0 – 1015,0 м й 5 – у ретьому 1018,0 – 1030,0 м.

Весь об'єм буріння з відбором керна на свердловині № 38275г пройдений вома дослідними бурильними головками з пониженою енергоємністю уйнування гірських порід АП-212,7/100 МС-8, з них: 71 м – №33491; 16 м – 33495. Останній породоруйнівний інструмент залишився придатним для одальшого використання.

В інтервалах відбору керна забезпечена стабілізація зенітного кута в даному коридорі допуску. На проміжку 91 м (з урахуванням інтервалів

ріння суцільним вибоєм) його значення знаходилися в межах 71 – 72 градуси.

Результати відпрацювання бурильних головок з пониженою ергоємністю руйнування гірських порід АП-212,7/100МС-8 на свердловинах 1073г-Чегодаївська та №38275г-Куакбашська наведені в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6

Результати випробувань експериментальних бурильних головок юниженої енергоємності руйнування гірських порід АП-212,7/100МС-8 при відборі керна на свердловинах № 1073г Чегодаївського та № 38275г Куакбашського родовищ ВАТ «Татнефть»

нтервал буріння		Літологічна характеристика гірських порід/ подрібненість керна, шт./м	Показники поглиблення				
						Вихід керна	
від	до		Проходка, м	Кількість рейсів, шт.	Мех. швидкість буріння, м/г	м	%
1	2	3	4	5	6	7	8
Свердловина №1073г Чегодаївського родовища Бурильна головка АП-212,7/100МС-8 №32783							
1361,0	1461,0	Вапняки тріщинуваті, кавернозні/ 0 - 2	100,0	21	1,9	99,0	99,0
Свердловина №38275г Куакбашського родовища Бурильна головка АП-212,7/100МС-8 №33491							
939,0	967,0	Вапняки щільні, глинисті, тріщинуваті, кавернозні/ 1 - 2	28,0	8	1,5	28,0	100
67,0	968,0	Інтервал буріння суцільним вибоєм					

Продовження таблиці 5.6

1	2	3	4	5	6	7	8
968,0	1011,0	Вапняки щільні, глинисті, тріщинуваті, кавернозні/ 1 - 2	43,0	11	1,4	43,0	100
Усього на бурильну головку АП-212,7/100МС-8 №33491			71	19	1,43	71	100
Свердловина №38275г Куакбашського родовища							
Бурильна головка АП-212,7/100МС-8 №33495							
1011,0	1015,0	Вапняки щільні, глинисті, тріщинуваті, кавернозні/ 1 - 2	4,0	1	1,4	4,0	100
1015,0	1018,0	Інтервал буріння суцільним вибоєм					
1018,0	1030,0	Вапняки щільні, глинисті, тріщинуваті, кавернозні/ 1 - 2	12,0	5	1,5	12,0	100
Усього на бурильну головку АП-212,7/100МС-8 №33495*			16	6	1,48	16	100

*Примітка: породоруйнівний інструмент залишився придатним для подальшого використання.

Висновки з даних результатів випробувань наступні. Дослідні бурильні головки з пониженою енергоємністю руйнування гірських порід АП-212,7/100МС-8 працездатні й ефективні при відборі керна в горизонтальних і

хило-скерованих свердловинах з використанням гвинтових вибійних игунів – за відсутності зупинок в роботі приводу забезпечена стабілізація нітного кута в заданих коридорах допуску.

З порівняння показників відпрацювання експериментальних і кращих рійних бурильних головок випливає, що перші переважають за проходкою на й 100 % при рівній або на 35 % більшій механічній швидкості буріння. одрібненість зразків гірських порід при їх руйнуванні дослідними онструкціями в 2,5 – 8 разів менша базових значень.

За результатами випробувань рекомендовано серійне виробництво рильних головок пониженої енергоємності руйнування гірських порід АП-12,7/100МС-8 для буріння гвинтовими вибійними двигунами горизонтальних і хило-скерованих свердловин з відбором керна (див. додаток К).

Слід відмітити, що суцільний відбір 100,0 м керна в горизонтальній ердловині № 1073г та 87,0 м – в похило-скерованій свердловині № 38275г з ективністю 99 – 100% здійснено вперше у світовій практиці [54].

При бурінні горизонтальних і похило-скерованих свердловин на одовищах ВАТ «Татнефть» використано 15 експериментальних бурильних ловок АП-212,7/100МС-8. Загальна проходка ними становила 1053,0 м за 9,5 годин механічного буріння (див. додаток К).

Середні техніко-економічні показники роботи на одну бурильну головку ниженої енергоємності руйнування гірських порід АП-212,7/100МС-8 ступні:

- проходка – 70,2 м;
- механічна швидкість буріння – 1,7 м/год;
- винос керна – 98,3 %;
- економічний ефект – 125425 рублів або 22576,5 гривень.

Сумарний економічний ефект від використання експериментальних рильних головок АП-212,7/100МС-8 на родовищах ВАТ «Татнефть» новив 1881375 рублів або 338647,5 гривень.

В таблиці 5.7 наведено порівняльні дані відпрацювання та відносна артість метра проходки для нових АП-212,7/100МС-8 та аналогічних мпортних бурильних головок, які використані ЗАТ «НДІКБ бурового нструменту» при відборі керна на родовищах ВАТ «Татнефть». У зв'язку з бмеженням проходки за рейс при бурінні з відбором керна, яке визначалось аксимальною довжиною керноприймальника і становило не більше 7 метрів, а широким часовим діапазоном на допоміжні операції (видалення керну з ерноприймального пристрою, промивання свердловини і т.і.), що не залежали ід якості породоруйнівного інструменту, вираховували відносну величину артості метра проходки. Нами прийнято, у першому наближенні, однакові мови відпрацювання, або однакові витрати часу на спуско-підіймальні та опоміжні операції для всіх бурголовок, а вказана відносна вартість метра проходки визначалась за формулою:

$$В_{мп} = В_{бг.}/h_c ,$$

де $В_{бг}$ – вартість бурильної головки;

h_c – середня проходка на бурильну головку.

Таблиця 5.7

орівняльні дані відпрацювання та відносна вартість метра проходки для нових АП-212,7/100МС-8 та аналогічних імпортних бурильних головок

Шифр, виробник бурильних головок	Кількість відпрацьованих бурголовок, шт.	Середня проходка на бурголовку, м	Середня мех. швидкість буріння, м/г	Вартість бурголовки, тис. грн.	Відносна вартість метра проходки, грн./м
АП-212,7/100МС-8, ІНМ НАН України	15	70,2	1,7	17,5	249,3
БИТ-212,7/100 С92, ОВ НВП «Буринтех» (Росія)	9	120,5	1,06	47,2	391,7
У-212,7/100 ST-37C, СП ЗАТ «Удол» (Росія)	7	133,6	0,78	43,2	323,4

Отже, як свідчать розрахунки, відносна вартість метра проходки для озроблених бурильних головок АП-212,7/100МС-8 з пониженою нергоємністю роботи в 1,3 – 1,6 разів менша аналогічних показників мпортних породоруйнівних інструментів за вищої в 1,6 – 2,2 разів механічної видкості буріння.

Для проведення промислових випробувань також підготовлено бурильні оловки з пониженою енергоємністю руйнування гірських порід АП-12,7/100МС-5.

Висновки до розділу

На свердловинах №155 і №23 Качанівського родовища ВАТ «Укрнафта» перше у світовій практиці буріння гвинтовими вибійними двигунами вердловин діаметром 120 мм використанням експериментальних бурових оліт пониженої енергоємності руйнування гірських порід АП-120МС успішно дійснено коригування параметрів траєкторії стовбурів.

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

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

Економічний ефект від впровадження нових породоруйнівних струментів з пониженою енергоємністю руйнування гірських порід при дівництві похило-скерованих і горизонтальних свердловин на нафтогазових довищах склав 671094,7 гривень.

ВИСНОВКИ

У дисертації наведене теоретичне узагальнення і нове вирішення на нові 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.

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.

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

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.

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

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

дстанях від торця, та зворотних клинів з вершинами на осі обертання струменту.

За результатами проведених досліджень розроблено й виготовлено отири конструкції бурових доліт і п'ять конструкцій бурильних головок з пропонованим найменш енергоємним профілем різальної частини для даних умов буріння похило-скерованих та горизонтальних свердловин.

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

Найбільш вагомі результати відпрацювання отримані для бурильних ловок 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 ращі серійні конструкції по проходці на 42 – 100 % при рівній або на 35 % ищій механічній швидкості буріння та забезпечують збільшення виходу керна а 22 – 23 %.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

Абдулзаде А.М. Исследование процесса разрушения пород при бурении ступенчатыми долотами: Автореф. дисс…д-ра тех. наук: 05.15.10 / МИНХ и ГП. – М., 1975. – 48 с.

Алворд Ч., Ноэль Б., Джонсон В. Применение новой техники обеспечивает резкий скачок в повышении эффективности буровых работ // Нефтегазовые технологии. – М., 2004. – №6. – С. 3-8.

Арцимович Г.Б. Влияние забойных условий и режима бурения на эффективность проходки глубоких скважин. – Новосибирск: Наука, 1974. – 116 с..

Ашмарин И.П., Васильев Н.Н., Амбросов В.А. Быстрые методы статистической обработки и планирования экспериментов. – Л.: ЛГУ, 1975. – 77 с.

Барабашкин И.И. Исследование и разработка высокоефективного породоразрушающего инструмента с твердосплавным вооружением при бурении скважин на нефть и газ: Дис…докт. техн. наук: 05.15.10. - М., 1987. - 300 с.

Барон Л.И. Разрушение горных пород проходческими комбайнами. Разрушение тангенциальным инструментом. – М.: Наука, 1973. – 168 с..

Бергштейн О.Ю., Великосельський М.А. Совершенствование методов и средств отбора керна в глубоком бурении. – М.: Недра, 1977. – 223 с.

Биишев А.Г. Рациональная форма поверхности торца алмазных долот и коронок, обеспечивающая их равномерный износ // Тр. УфНИИ. – 1970. – Вып.26. – С.33-38.

Бинхэм М.Г. Проблемы буримости горных пород: Ч. I. – М.: ВНИИОЭНГ, 1966. – 128 с..

Бондаренко Н.А., Финкельштейн Е.М., Юдкевич Ю.И. Конструктивные особенности бурильных головок ИСМ и результаты их применения в условиях Саатлинской сверхглубокой скважины // Сб. «Буровой инструмент

из сверхтвердых материалов». – Киев: ИСМ АН УССР, 1986. – С. 45-48.

11. Булатов А.И., Аветисов А.Г. Справочник инженера по бурению: В 2-х т. / Т. 1. и т. 2. – М.: Недра, 1985. – 414 и 191 с..
12. Бурение горизонтальной скважины на Яблуновском месторождении / Синюк Б., Яремийчук Я., Блаженко О., Мамедбеков О., Бессель В., Пузырев А. // Бурение и нефть. – М., 2005. – №1. – С. 28-31.
13. Бурение наклонных и горизонтальных скважин: Справочник / Калинин А. Г., Никитин Б. А., Солодкий К. М., Султанов Б. З. – М.: Недра, 1997. – 341 с.
14. Бурение нефтяных и газовых скважин: Справочник / В.Г. Ясов, Г.Н. Семенцов, В.М. Дитчук и др. / Под общ. ред. В.Г. Ясова, Г.Н. Семенцова. – Ужгород: Карпати, 1983. – 200 с., ил..
15. Буріння свердловин: Довідник: У 5 т. / М. А. Мислюк, І. Й. Рибчич, Р. С. Яремійчук. – Т. 1 і т. 2. – К.: Інтерпрес ЛТД, 2002. – 367 і 303 с..
16. 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. Агошашвили, В.У. Урумян (СССР). – № 4859044; Заявлено 13.08.90; Опубл. 23.12.92., Бюл. № 47. – 4 с. ил.
17. Буровой инструмент для геологоразведочных скважин: Справочник / Н.И. Корнилов, Н.Н. Бухарев, А. Т. Киселев и др. / Под ред. Н.И. Корнилова. М.: Недра, 1990. – 395с.
18. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: Физматгиз, 1962. – 564 с..
19. Владиславлев В.С. Разрушение пород при бурении скважин. – М.: Гостоптехиздат, 1968. – 243 с.
20. Влияние формы профиля режущих долот на энергетические и динамические параметры их работы / Кунцяк Я.В., Агошашвили Т.Г., Гаврилов Я.С., Мартынюк Д.М., Бровер А.А., Комлягина Н.Н. // Нефтяная и газовая промышленность. – М.: ВНИИОЭНГ, 1993. – №1-2. – С. 29-34.
21. Вовчановский И.Ф. Породоразрушающий инструмент на основе славутича для бурения глубоких скважин. – К.: Наукова думка, 1979. – 208 с..
22. Вплив кількості лопатей в породоруйнівних інструментах різальної дії на

ефективність процесу буріння / Кунцяк Я.В., Агошашвілі Т.Г., Гаврилов Я.С., Мартинюк Д.М. // Нафтова і газова промисловість. – 1995. – № 3. – С. 19-22.

3. Гавриленко М., Некрасов И., Журавлев С. «Волгабурмаш» - движение вперед // Бурение и нефть. – М., 2004. – №6. – С. 8-9.

4. Гаврилов Я.С., Кунцяк Я.В., Мартынюк Д.М. Качество отбора керна – путь к увеличению запасов и добычи нефти // Тезисы докладов Всероссийской научно-технической конференции «Проблемы научно-технического прогресса в бурении геологоразведочных скважин». – Томск,1999.– С. 31.

5. Григорян Н.А. Бурение наклонных скважин уменьшенных и малых размеров. – М.: Недра, 1974. – 240 с..

6. Дверий В.П. Бурение скважин лопастными долотами. – М.: Недра, 1977. – 188 с.

7. Дверий В.П. Некоторые вопросы повышения эффективности применения породоразрушающих инструментов // Нефтяная и газовая промышленность. – М.: ВНИИОЭНГ, 1975. – №5. – С. 23-27.

8. Дослідження по підвищенню ефективності відбору керна з науково-дослідного судна / Гаврилов Я.С., Кунцяк Я.В., Михеєв В.А., Мартинюк Д.М. // Нафтова і газова промисловість. – 1996. – № 2. – С. 16-18.

9. Драганчук О.Т. Выбор рациональных конструктивных параметров долот, оснащенных алмазотвердосплавными пластинами: Автореф. дис… канд. техн. наук: 05.05.12 / ВНИИБТ. – М., 1991.

10. Ерохин В. П., Щавелев Н. Л., Рассадников В. И. Развитие техники и технологий строительства скважин в ОАО «Сургутнефтегаз» // Нефтяное хозяйство. – М., 2004. – №2. – С. 74-79.

11. Иогансен К. Б. Супутник буровика: Справочник. – М.: Недра, 1990. – 237с..

12. Исследование и разработка породоразрушающих инструментов для бурения скважин: Отчет по договору №88\187 лаборатории разработки специальных технических средств и проектных решений в бурении / Укргипрониинефть. - Инв. № 135\88. – К., 1988. – 134 с.

Исследование работы режущих долот методами математического моделирования / Комлягина Н.Н., Агошашвили Т.Г, Бровер А.Л., Кунцяк Я.В., Мартынюк Д.М., Гаврилов Я.С. // Нефтяная и газовая промышленность. – М.: ВНИИОЭНГ, 1993. – №1-2. – С. 43-47.

Исследование эффективности отбора керна бурильными головками режущего действия / Гаврилов Я.С., Кунцяк Я.В., Бондаренко Н.А., Мартынюк Д.М., Финкельштейн Е.М. // Матеріали науково-практичної конференції «Стан і перспективи розвідувального та експлуатаційного буріння і закінчення свердловин в Україні». – Харків, 1998. – С. 75-77.

Ишбаев Г., Балута А. Алмазные долота и другие технические средства для проводки скважин ООО «НПП «Буринтех» // Бурение и нефть. – М., 2004. – №4. – С. 29-31.

Калинин А. Г., Григорян Н. А., Султанов Б. З. Бурение наклонных скважин. – М.: Недра, 1990. – 352 с..

Касандрова О.Н., Лебедев В.В. Обработка результатов наблюдений. – М.: Наука, 1970. – 104 с.

Коган Д. И., Акслер В. В. Влияние геометрии коронок на эффективность гидроударного бурения // Новое геологоразведочное оборудование и приборы. – М.: Недра, 1967. – С. 39-43.

Копылов В.Е., Чистяков Ю.А., Мухин Э.П. Вибрации при алмазном бурении. – М.: Наука. – 1967. – 128 с..

Королько Е.И. Разрушение горных пород алмазным инструментом // Тр. ВНИИБТ. – 1975. – Вып. 33. – С.114-127.

Королько Е.И., Эйгелес Р.М., Геворков Г.С. К вопросу о конструировании изотермического профиля алмазного долота // Тр. ВНИИБТ. – 1975. – Вып. 33. – С.210-216.

Кунцяк Я.В., Векерик В.И., Терентяк Р.Д. Исследование износостойкости и эффективности работы режущих кромок долота, имеющих различную форму // Бурение. – М.: ВНИИОЭНГ, 1979. – № 9. – С. 14-16.

Кунцяк Я.В. Исследование эффективности породоразрушающих

инструментов режущего действия для бурения глубоких скважин с целью усовершенствования их конструкций: Дис... канд. техн. наук: 05.15.10. – М., 1981. – 300 с..

4. Кунцяк Я.В., Мартинюк Д.М. Математична модель для розрахування раціональної форми різальної частини долота // Нафтова і газова промисловість. – 2006. – № 3. – С. 12-16.

5. Кунцяк Я.В., Мартинюк Д.М., Мрозек Р.Є. Відбір керна в горизонтальній свердловині малого діаметра // Нафтова і газова промисловість. – 2002. – №4. – С. 22-23.

6. 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.

. Кунцяк Я.В., Мрозек Р.Є., Мартинюк Д.М. Відбір керна в свердловинах малого діаметра // Матеріали 7-ої Міжнародної науково-практичної конференції «Нафта і газ України – 2002». – 2002. – Т. 1. – С. 351-352.

. Кунцяк Я.В., Мрозек Р.Є., Мартинюк Д.М. Особливості відбору керна в похило спрямованих та горизонтальних свердловинах на родовищах ВАТ «Укрнафта» // Мінеральні ресурси України. – 2002. – №3. – С. 30-31.

. Линник Ю. В. Метод наименьших квадратов и основы теории обработки наблюдений. – М.: Физматгиз, 1962. – 35 с..

. Марамзин А. В., Блинов Г. А. Алмазное бурение на твердые полезные ископаемые: Технология работ. – Л.: Недра, 1977. – 248 с..

. 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.

. Мартынюк Д.М. Экспериментальная установка для исследования буровых долот // Материалы 1-ой Международной конференции «Буровой инструмент – техника и технология его изготовления и применения». – К.,

1998. – С. 44.

53. Матвеева А. М., Межлумов А. О., Шипилин А. Г. Конструкции зарубежных поликристаллических алмазных долот и область их применения // Бурение. – М.: ВНИИОЭНГ, 1989. – 67 с.

54. Мрозек Р.Є. Удосконалення техніки та технології відбору керна в похило спрямованих та горизонтальних свердловинах: Дис… канд. техн. наук: 05.15.10 / Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. – Івано-Франківськ, 2004. – 127 с.

55. Научно-техническое обеспечение работ по отбору керна увеличенного диаметра устройством «Кембрий» на бурящихся скважинах с целью повышения эффективности подсчета запасов // Отчет о НИР по договору № 02/96 НИИКБ БИ с Татарским геологоразведочным Управлением АО «Татнефть» за 1997 год. – Киев, 1997. – 141 с.

56. Новые винтовые забойные двигатели и некоторые особенности их эксплуатации / Молодило В.И., Бобров М.Г., Нечаев В.И., Мухаметшин М.М. // Вестник Ассоциации буровых подрядчиков. – М., 2003. – №3.

57. Новые породоразрушающие элементы для алмазного бурового инструмента / Бондаренко Н.А., Мечник В.А., Жуковский А.Н., Панов А.В., Трескин В.П. // Сб. научных трудов: «Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения». – Киев: ИСМ им. В.Н. Бакуля, ИПЦ АЛКОН НАНУ, 2003. – С. 35-40.

58. Обидин В.А., Сайфутдинов А.Б Новые технические и технологические достижения СП «Удол» в области создания и применения бурового инструмента // Сборник докладов VII Международной конференции «Строительство горизонтальных скважин». – М.: ФГУП Издательство «Нефть и газ». – 2003. – С. 34-47.

59. Опольский В.И. Пути интенсификации процесса разрушения горных пород буровым инструментом из синтетических алмазов // Сверхтвёрдые материалы. – 1996. – №1. – С.44-48.

60. Отбор керна в горизонтальних 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.

1. Палий П.А., Корнеев К.Е. Буровые долота: Справочник. – М.: Недра, 1971. – 446 с..

2. 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. іл.

Пат. 42571 Российской Федерации, МКИ 7 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.

4. Поллард Д. Справочник по вычислительным методам статистики. – М.: Финансы и статистика, 1982. – 344 с..

Пономарев П.П. Алмазное бурение в трещиноватых породах. - М.: Недра, 1985. - 145 с.

6. Породоразрушающий инструмент для углубления обсаженных нефтегазовых скважин / Кунцяк Я.В., Гаврилов Я.С., Дубленич Ю.В., Мартынюк Д.М., Капущак Т.М. // Материалы V Международной конференции «Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения». – К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля, ИПЦ АЛКОН НАНУ, 2002. – С. 190-191.

7. Проводка наклонно-направленных скважин алмазными долотами PDC производства НПП «Буринтех» / Ишбаев Г., Балута А., Ртищев К., Сафаров Э. // Бурение и нефть. – М., 2004. – №6. – С. 12-13.

8. Результаты использования отечественных техники и технологии для строительства горизонтальных скважин и скважин, восстановленых боковыми стволами / Кунцяк Я.В., Булатов К.В., Новиков В.Д., Мартынюк Д.М., Кунцяк Р.Я., Путилов В.В. // Сборник научных трудов «Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения». – К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля, ИПЦ АЛКОН НАНУ, 2003. – С. 41-46.

Сайфутдинов А. Б., Шарнин М.Ю. Эффективность использования долот PDC // Нефтяная и газовая промышленность. – М.: ВНИИОЭНГ, 1998. – №5 - С. 21-22.

Свешников И. А., Красник В. Г. К вопросу о механизме разрушения горных пород инструментом их поликристаллических сверхтвердых материалов // Нефтяная и газовая промышленность. – М.: ВНИИОЭНГ, 1998. – №5. – С.18-20.

Симонов В.В., Юнин Е.К. Влияние колебательных процессов на работу бурильного инструмента. – М.: Недра. – 1977. – 216 с..

Симонянц Л.Е. Разрушение горных пород и рациональная характеристика двигателей для бурения. – М.: Недра, 1966. – 227 с..

Синтетические алмазы в геологоразведочном бурении / Под ред. В. Н. Бакуля. – Киев: Наукова думка, 1978. – 232 с.

Синтетические сверхтвердые материалы: В 3-х т. Т. 1. Синтез сверхтвердых материалов / Отв. ред. Н.В. Новиков. – Киев: Наукова думка, 1986. – 280 с.

Совершенствование технологии бурения долотами, армированными синтетическими алмазами СВС-II / Козырев Н.И., Пешалов Ю.А., Сукманов Г.И., Суслов Е.И. – М.: ВНИИОЭНГ, 1981. – 80 с..

Создание и опробование техники и технологии отбора керна с сохранением свойств пласта для условий бурения в ОАО «Татнефть» / Кунцяк Я.В., Гаврилов Я.С., Мартынюк Д.М., Мрозек Р.Е., Хисамов Р.С., Динмухаметов Р.Ш., Нафиков А.З., Куринов А.И. // Нефтяное хозяйство. – 2005. – №12. С. 29-32.

Сливак А.И., Попов А.Н. Разрушение горных пород при бурении скважин: Учебник для вузов. – М.: Недра, 1994.- 261 с.

Справочник инженера по бурению: В 2-х т. / Под редакцией В. И. Мищевича и Н. А. Сидорова. – М.: Недра, 1973. – Т. 2. – 376 с..

Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. – М.: Машиностроение, 2001. – Т. 1, 2 и 3. – 920, 912 и 864 с..

Справочник технолога-машиностроителя. – М.: Машиностроение, 1972. –

Г. 1 и 2. – 214 и 246 с..

31. Сулакшин С.С. Бурение геологоразведочных скважин: Справочное пособие. – М.: Недра, 1991. – 334 с.

32. Сулакшин С.С., Калинин А.Г., Спиридонов Б.И. Техника и технология направленного бурения скважин. – М.: Недра, 1967. – 220 с.

33. Сулакшин С.С. Направленное бурение. – М.: Недра, 1987. – 272 с.

34. Технічні засоби буріння нафтових і газових свердловин / Кунцяк Я.В., Гаврилов Я.С., Дубленич Ю.В., Мартинюк Д.М., Мрозек Р.Є., Зубарєв В.І., Курінов А.І. // Нафтова і газова промисловість. – 2003. – №3. – С. 20-22.

35. Технические средства для отбора керна 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. – №3. – С. 40-42.

36. Унгефук В.Г., Орлов В.Ф., Зейферт В.П. Влияние на эффективность процесса резания углов наклона и поворота резца и направление траектории резания к напластованию пласта. - КМИУИ, вып.27, М., Недра, 1971, с.234-242

37. Финкельштейн Г.Н. Исследование процесса бурения глубоких скважин долотами режущего типа: Автореф. дис. канд. техн. Наук: 05.05.12. – М., 1971. – 132 с.

38. Черепанов А. Г., Пинскер В. А., Черепанов Г. П. Теоретическое исследование износа буровых долот // Тр. ВНИИБТ. – 1987. – Вып. 63. – С. 14-20.

39. Эдельман Я.А. Исследование и совершенствование техники отбора керна при бурении нефтяных и газовых скважин: Автореф. дис… д-ра техн. наук: 05.15.10., 05.04.07/ ВНИИБТ. – М., 1992. – 55 с.

40. Эйгелес Р. М. Разрушение горных пород при бурении. – М.: Недра, 1973. – 235 с.

41. Яремийчук Р.С., Семак Г.Г. Обеспечение надежности и качества стволов глубоких скважин. – М.: Недра, 1982. – 259 с.

42. Ясов В.Г. Аналіз сучасного стану гвинтових вибійних двигунів для буріння

свердловин на нафту і газ // Науковий вісник ІФНТУНГ. – Івано-Франківськ. – 2005. - № 2 (11). – С. 33 – 37.

Ясов В.Г. Погружные гидравлические буровые машины. – Львов: Вища школа, 1982. – 87 с.

Booker H. Charles. Get ready for the great polycrystalline bit war // Drilling. – 1982. – Vol. 43, № 10. – P. 146, 158, 160.

Composite Catalog of oil field equipments and services. – 1986-1987.

Cory C., Turner E. Case-specific designs improve drill bit performance // Oil & Gas Journal. – Mar. 17, 2003. – P. 56 – 59.

Development and Successful Application of Unique Steerable PDC Bits / Norris J.A., Dykstra M.W., Beuershausen C.C., Fincher, R.W., Ohanian, M.P. // Paper SPE/IADC 39308 presented at the SPE/IADC Drilling Conference, Dallas, Texas. - 3-6 March 1998.

Drill bit catalog. Value, service, technology / Baker Hughes Incorporated, 2005. – 46 p.

Drill bits with reduced exposure of cutters / Dykstra M. W., Heuser W., Doster M.L., Zaleski Jr. T.E., Oldham J.T., Watts T.D., Ruff D.E., Walzel R.B., Beuershausen C.C. // U.S. Patent 6,460,631. – October 8, 2002.

Drilling Contractor. – VIII, 1983. – Vol. 39, № 8. – P. 48-50.

Drilling Optimization and Use of Titanium Motor Results in 40% Reduction in Short Radius Drilling Time / French M.R., Siagian M., Sutcliffe B.C., Jones J. // Paper SPE/IADC 39387 presented at the SPE/IADC Drilling Conference, Dallas, Texas. – March 1998.

Elks Jr. W., Masonheimer R. Extended-reach drilling develops Sacate field, Offshore California // Oil & Gas Journal. – Mar. 11, 2002. – P. 45 – 55.

Feenstra R. Status of polycrystalline diamond compact bits: Part 1 // Journal of Petroleum Technology. – 1988. – V. 40, № 6. – p. 675-684.

Genesis. A New Era In PDC Drilling. – Baker Hughes Incorporated, 2001.

How the Bit Profile and Gages Affect the Well Trajectory / Menand S., Sellami H., Simon C., Besson A., Da Silva N. // Paper SPE 74459 presented at the

SPE/IADC Drilling Conference, Dallas, Texas. – 26-28 February, 2002.

6. Hyde Ch. Reed to manufacture PCD bits // Drilling Contractor. – 1982. – V. 38, № 5. – P. 158.

7. Isbell M.R., Berzas S. Re-Engineered Drilling Laboratory is a Premium Tool for advancing Drilling Technology by Simulating Downhole Environments // Paper ASME ETCE99-6653, Houston, Texas. – February 1999.

8. Keller W. PDC's are special jobs // Drilling Contractor. – 1984. – V. 40, №8. – P. 42-44.

. King W. TSP diamonds open new potential for bits // Drilling Contractor. – 1986. – V. 42, № 6. – P. 22-23.

. Menand S., Gerbaud L., Dourfaye A. PDC bit technology improvements increase efficiency, bit life // Drilling contractor. – March/April 2005. – P. 52-54.

Mensa-Wilmot G., Krepp T., Stephen I. Dual Torque Concept Enhances PDC Bit Efficiency in Directional and Horizontal Drilling Programs // Paper SPE/IADC 52879 presented at the SPE/IADC Drilling Conference, Dallas, Texas, Amsterdam. – Netherlands, 9-11 March 1999.

. New PDC design process solves challenging directional application in Abu Dhabi onshore fields / Al-Suwaidi A., Abou Soliman A., Klink Z., Isbell M., Dykstra M. and Jones C. // Paper SPE 79796 presented at the SPE/IADC Drilling Conference, The Netherlands. – 19-21 February, 2003.

Oilfield Bulletin // Oil & Gas Journal. – April 19, 2002. – P. 46 – 47.

Oilfield Bulletin // Oil & Gas Journal. – Nov. 48, 2001. – P. 34.

Panel focuses on diamond shear bit care // Oil and Gas J. - 1983. - Vol. 80, № 40. - P. 80, 82, 87.

Patent 6,298,930. Drill Bits with Controlled Cutter Loading and Depth of Cut U.S. / Sinor L.A., Hansen W.R., Dykstra M.W., Cooley C.H., Tibbits G.A. – October 9, 2001.

PDC line for rotary steerable systems improves drilling efficiency // World oil. Nov. 11, 2004. – P. 46.

Pessier R.C., Fear M.J. Quantifying Common Drilling Problems with

Mechanical Specific Energy and a Bit-Specific Coefficient of Sliding Friction // Paper SPE 24584 presented at the SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Washington D.C. – 4-7 October 1992.

19. PowerDrive Xtra Series. Complete series of rotary steerable systems for reduced well construction cost // Schlumberger, SMP-5897. - October 2002.

20. Security DBS. Fixed cutter bits / Randall Morton International, Inc., Houston, Texas, 1995. – 60 p.

21. Sinor L.A., Powers J.R., Warren T.M. The Effects of PDC Cutter Density, Back Rake, Size and Speed on Performance // Paper SPE 39306 presented at the SPE/IADC Drilling Conference, Dallas, Texas. – 3-6 March 1998.

22. SPE/IADS 16142, The 1987 IADS Fixed Cutter Bit Classification System.

23. The Introduction of New-Generation Positive Displacement Motor Technology in Combination with Application-Specific Bits: A Step Improvement in Drilling Performance on Horizontal Rotliegendes Sandstone Sections / Grindrod J., Rayton C., Sim C., Biggs N., Brown A., Tayler P. // Paper SPE 74555 presented at the SPE/IADC Drilling Conference, Dallas, Texas. – 26-28 February 2002.

4. Vrooman, et. al. Applications limitations of steel-body PDC bits // Paper SPE 20414 presented at the Annual Technical Conference, New Orleans, LA. – September, 1990.

5. Wood J. Thermally stable cutters extend application of synthetic diamond bits to hard formation // Oil & Gas. – 1984. – V. 82, № 14. – P. 133.

ДОДАТКИ

Додаток А

```
ОБРАБОТКА ДАННЫХ ИЗ ФАЙЛА H:JAR002
  ИСПЫТАНИЕ ЛОПАСТНОГО  ДОЛОТА ДЛР-146
  ПРОФИЛЬ ЛОПАСТИ - ПЛОСКИЙ;
  ЧИСЛО ЛОПАСТЕЙ - 12
  ПОРОДА - МРАМОР
  НАГРУЗКА - 1.5 Т
  ЧАСТОТА ВРАЩЕНИЯ - 120 ОБ/МИН
  РАБОЧИЕ КАНАЛЫ :
  5  КАНАЛ - ОТМЕТЧИК ОБОРОТОВ ДОЛОТА
  6  КАНАЛ - ДАТЧИК ПРОХОДКИ
  30 КАНАЛ - ДАТЧИК НАГРУЗКИ
  31 КАНАЛ - ДАТЧИК МОМЕНТА

  РЕЗУЛЬТАТЫ ЗАПИСАНЫ В ФАЙЛ JAR002.EXP


    ТАРИРОВОЧНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ
 ---------------------------------------
 ! NN КАН !    A    !    B    !    C   !
 ---------------------------------------
 !    5.  !  1.000 !  1.000 !  0.000 !
 !    6.  !  0.017 !  1.000 !  0.306 !
 !   30.  !  3.514 !  1.000 !  0.051 !
 !   31.  ! 63.774 !  1.000 !  1.665 !

   КАЛИБРОВОЧНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ:
  5 КАНАЛ  -  1.0000
  6 КАНАЛ  -  1.0000
 30 КАНАЛ  -  0.0004
 31 КАНАЛ  -  0.0006
ДЛЯ   1 ФАЗЫ ЭКСПЕРИМЕНТА
 КОД БАЗОВОЙ ЧАСТОТЫ -   4
 КОЛИЧЕСТВО ИМПУЛЬСОВ -   1
     ------------------------------------------------------------------------
     !N КАН!  КОЛ.ОПР  ! СРЕДН. ЗН. ! СР.КВ.ОТКЛ.!   MIN            !     MAX
     ------------------------------------------------------------------------
     !  6  !       400  !      4.820 !      0.265 !      4.296 !      5.294 !
     !  6  !      2400  !      2.703 !      1.480 !      0.000 !      5.294 !
     ! 30  !       400  !      1.177 !      0.092 !      0.957 !      1.376 !
     ! 30  !      2400  !      1.185 !      0.089 !      0.949 !      1.399 !
     ! 31  !       400  !     56.938 !      2.127 !     51.381 !     63.783 !
     ! 31  !      2400  !     56.904 !      2.275 !     48.838 !     65.731 !
     ------------------------------------------------------------------------

ПРОХОДКА НА ИНТЕРВАЛЕ   -    5.29 ММ
ПРОХОДКА С НАЧАЛА ФАЗЫ  -    5.29 ММ
СРЕДНЯЯ СКОРОСТЬ ПРОХОДКИ НА ИНТЕРВАЛЕ  -   13.24 ММ/СЕК= 47.650 М/ЧАС
СРЕДНЯЯ СКОРОСТЬ ПРОХОДКИ С НАЧАЛА ФАЗЫ -    2.21 ММ/СЕК=  7.942 М/ЧАС

ПРОХОДКА НА ИНТЕРВАЛЕ   -    0.91 ММ
ПРОХОДКА С НАЧАЛА ФАЗЫ  -    5.29 ММ
СРЕДНЯЯ СКОРОСТЬ ПРОХОДКИ НА ИНТЕРВАЛЕ  -    2.28 ММ/СЕК=  8.221 М/ЧАС
СРЕДНЯЯ СКОРОСТЬ ПРОХОДКИ С НАЧАЛА ФАЗЫ -    2.21 ММ/СЕК=  7.942 М/ЧАС
ВРЕМЯ ЗА ИНТЕРВАЛ  -    0.40 СЕК;  ВРЕМЯ С НАЧАЛА ФАЗЫ -    2.40 СЕК
    ------------------------------------------------------------------------
    !N КАН!  КОЛ.ОПР  ! СРЕДН. ЗН. ! СР.КВ.ОТКЛ.!   MIN            !     MAX
    ------------------------------------------------------------------------
    !  6  !       400  !      5.659 !      0.227 !      5.294 !      6.106 !
    !  6  !      2800  !      3.125 !      1.719 !      0.000 !      6.106 !
    ! 30  !       400  !      1.172 !      0.090 !      0.949 !      1.384 !
    ! 30  !      2800  !      1.184 !      0.090 !      0.949 !      1.399 !
    ! 31  !       400  !     56.540 !      2.264 !     50.229 !     63.584 !
    ! 31  !      2800  !     56.852 !      2.276 !     48.838 !     65.731 !
    ------------------------------------------------------------------------
```

```
ПРОХОДКА НА ИНТЕРВАЛЕ   -    0.81 ММ
ПРОХОДКА С НАЧАЛА ФАЗЫ  -    6.11 ММ
СРЕДНЯЯ СКОРОСТЬ ПРОХОДКИ НА ИНТЕРВАЛЕ  -    2.03 ММ/СЕК=  7.307 М/ЧАС
СРЕДНЯЯ СКОРОСТЬ ПРОХОДКИ С НАЧАЛА ФАЗЫ -    2.18 ММ/СЕК=  7.851 М/ЧАС

ПРОХОДКА НА ИНТЕРВАЛЕ   -    0.81 ММ
ПРОХОДКА С НАЧАЛА ФАЗЫ  -    6.11 ММ
СРЕДНЯЯ СКОРОСТЬ ПРОХОДКИ НА ИНТЕРВАЛЕ  -    2.03 ММ/СЕК=  7.307 М/ЧАС
СРЕДНЯЯ СКОРОСТЬ ПРОХОДКИ С НАЧАЛА ФАЗЫ -    2.18 ММ/СЕК=  7.851 М/ЧАС
ВРЕМЯ ЗА ИНТЕРВАЛ  -    0.40 СЕК;  ВРЕМЯ С НАЧАЛА ФАЗЫ -    2.80 СЕК
```

N КАН	КОЛ.ОПР	СРЕДН. ЗН.	СР.КВ.ОТКЛ.	MIN	MAX
6	400	6.480	0.214	6.022	6.955
6	3200	3.545	1.955	0.000	6.955
30	400	1.178	0.085	0.925	1.377
30	3200	1.183	0.089	0.925	1.377
31	400	56.448	2.070	50.785	62.788
31	3200	56.801	2.255	48.838	65.731

```
ПРОХОДКА НА ИНТЕРВАЛЕ   -    0.83 ММ
ПРОХОДКА С НАЧАЛА ФАЗЫ  -    6.94 ММ
СРЕДНЯЯ СКОРОСТЬ ПРОХОДКИ НА ИНТЕРВАЛЕ  -    2.07 ММ/СЕК=  7.460 М/ЧАС
СРЕДНЯЯ СКОРОСТЬ ПРОХОДКИ С НАЧАЛА ФАЗЫ -    2.17 ММ/СЕК=  7.802 М/ЧАС

ПРОХОДКА НА ИНТЕРВАЛЕ   -    0.83 ММ
ПРОХОДКА С НАЧАЛА ФАЗЫ  -    6.94 ММ
СРЕДНЯЯ СКОРОСТЬ ПРОХОДКИ НА ИНТЕРВАЛЕ  -    2.07 ММ/СЕК=  7.460 М/ЧАС
СРЕДНЯЯ СКОРОСТЬ ПРОХОДКИ С НАЧАЛА ФАЗЫ -    2.17 ММ/СЕК=  7.802 М/ЧАС

ВРЕМЯ ЗА ИНТЕРВАЛ  -    0.40 СЕК;  ВРЕМЯ С НАЧАЛА ФАЗЫ -    3.20 СЕК
```

N КАН	КОЛ.ОПР	СРЕДН. ЗН.	СР.КВ.ОТКЛ.	MIN	MAX
6	400	7.356	0.239	6.851	7.764
6	3600	3.968	2.200	0.000	7.764
30	400	1.182	0.089	0.957	1.429
30	3600	1.183	0.089	0.925	1.429
31	400	56.205	1.997	50.428	62.034
31	3600	56.735	2.236	48.838	65.731

```
ПРОХОДКА НА ИНТЕРВАЛЕ   -    0.83 ММ
ПРОХОДКА С НАЧАЛА ФАЗЫ  -    7.76 ММ
СРЕДНЯЯ СКОРОСТЬ ПРОХОДКИ НА ИНТЕРВАЛЕ  -    2.07 ММ/СЕК=  7.460 М/ЧАС
СРЕДНЯЯ СКОРОСТЬ ПРОХОДКИ С НАЧАЛА ФАЗЫ -    2.16 ММ/СЕК=  7.764 М/ЧАС

ПРОХОДКА НА ИНТЕРВАЛЕ   -    0.83 ММ
ПРОХОДКА С НАЧАЛА ФАЗЫ  -    7.76 ММ
СРЕДНЯЯ СКОРОСТЬ ПРОХОДКИ НА ИНТЕРВАЛЕ  -    2.07 ММ/СЕК=  7.460 М/ЧАС
СРЕДНЯЯ СКОРОСТЬ ПРОХОДКИ С НАЧАЛА ФАЗЫ -    2.16 ММ/СЕК=  7.764 М/ЧАС

ВРЕМЯ ЗА ИНТЕРВАЛ  -    0.40 СЕК;  ВРЕМЯ С НАЧАЛА ФАЗЫ -    3.60 СЕК
```

ТВЕРДЖУЮ

еральний директор
"НДІКБ бурового інструменту"
Я.В. Кунцяк
2006 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Заступник директора Інституту надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України
С. А. Клименко
"18" 05 2006 р.

ДОВІДКА

Наведеним засвідчуємо, що станом на 01.05.2006 року експериментальним одом ІНМ ім. В.М. Бакуля НАН України на замовлення і за структорськими розробками ЗАТ "НДІКБ бурового інструменту" отовлено наступні породоруйнівні інструменти з пониженою енергоємністю іння:

п	Породоруйнівні інструменти: Шифр	Кількість, шт.	Номери виробів
	ИСМ АП-214,3МС	3	32547 – 32549
	ИСМ АП-138,2МС	2	34712; 34713
	ИСМ АП-123МС	8	33019 – 33021; 33024; 33028; 33049 – 33051
	ИСМ АП-120МС	4	33477; 33478; 33489; 33490
	ИСМ АП-212,7/100МС-5	4	34525 – 34528
	ИСМ АП-212,7/100МС-8	19	32783 – 32786; 33491 – 33495; 33836 – 33845
	ИСМ АП-144,4/67МС	3	33163 – 33165;
	ИСМ АП-123/52МС	3	33166 – 33168;
	ИСМ АП-118/52МС	2	33315; 33316

Довідка надається для пред'явлення у Вищу атестаційну комісію України.

дувач науково-технологічного
ру бурового інструменту
ім. В.М. Бакуля НАН України — М.О. Бондаренко

овний конструктор
"НДІКБ бурового інструменту" — Д.М. Мартинюк

Копію засвідчую:
Начальник відділу кадрів Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу

ЗАТВЕРДЖУЮ

Генеральний директор
ЗАТ «НДІКБ бурового інструменту»

_____ Я.В. Кунцяк

"17" 04 2006 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Начальник Прилуцького УБР
ВАТ «Укрнафта»

_____ Ю.П. Кравценюк

"25" 04 2006 р.

Копію засвідчую:
Начальник відділу кадрів Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу

А К Т

про результати проведення промислових випробувань експериментальних бурових доліт з пониженою енергоємністю руйнування гірських порід ИСМ АП-120МС

Комісія у складі:

Голови
- Шафарук Н.Д.– головний інженер Прилуцького УБР;

Членів комісії
- Щепаняк С.М. – головний технолог Прилуцького УБР;
- Дрофа М.П. – головний геолог Прилуцького УБР;
- Булатов К.В. – головний технолог ЗАТ «НДІКБ бурового інструменту»;
- Новіков В.Д. – начальник відділу технології буріння і відновлення свердловин ЗАТ «НДІКБ бурового інструменту»;
- Мартинюк Д.М. – головний конструктор ЗАТ «НДІКБ бурового інструменту»

склала даний акт про те, що фахівцями Прилуцького УБР і ЗАТ «НДІКБ бурового інструменту» в періоди 30.11.2000 – 07.04.2001 р. й 11.08.2001 – 05.11.2001 р. проводились роботи по бурінню свердловин, відповідно, № 155 та № 23 Шанівського родовища з використанням експериментальних бурових доліт пониженої енергоємності руйнування гірських порід ИСМ АП-120МС №33477, №33490 та №33489.

1. Предмет випробувань.

Експериментальні бурові долота пониженої енергоємності руйнування гірських порід ИСМ АП-120МС сконструйовані ЗАТ "НДІКБ бурового інструменту" і призначені для буріння неабразивних м'яких і середньої твердості гірських порід.

Конструкція бурових доліт складається з корпуса й п'яти лопатей. Різальна частина лопатей оснащена алмазно-твердосплавними пластинами діаметром 13,5

ім і клиновидними вставками діаметром 10 мм. Калібрувальна поверхня доліт оснащена циліндричними твердосплавними вставками діаметром 12 мм.

З метою пониження енергоємності руйнування гірських порід профіль різальної частини лопатей виконано у вигляді двох форм: круглоступінчастої, яка формує периферійну ділянку вибою, і обернено-конусної з кутом 20 градусів, що створює поверхню ближче до осі обертання інструменту.

Для підвищення зносостійкості конструкції вкорочена калібрувальна частина доліт оснащена додатковими рядами твердосплавних вставок.

Оснащенням різальної частини лопатей забезпечується від 1 до 1,5-кратне перекриття площі вибою, що підвищує стійкість інструментів проти ударних навантажень і попереджає передчасне спрацювання породоруйнівних елементів.

2. Мета випробувань.

Метою випробувань було визначення ефективності роботи експериментальних бурових доліт з пониженою енергоємністю руйнування гірських порід ИСМ АП-120МС при бурінні гвинтовими вибійними двигунами похило-спрямованих і горизонтальних свердловин діаметром 120 мм, у тому числі з коригуванням параметрів стовбура.

3. Місце та умови проведення випробувань.

1. Роботи проводилися на свердловинах № 155 та № 23 Качанівського родовища в інтервалах верхнього й середнього карбону, які складені шаруваннями глин, алевролітів, вапняків і нафтонасичених пісковиків, на глибинах по стовбуру, відповідно (тут і далі), 2024,0 – 2197,3 м та 1951,6 – 2095,7 м.
2. Параметри стовбура свердловин діаметром 120 мм в інтервалах буріння дослідними долотами становили:
   - азимут 150 – 160 та 35 градусів;
   - зенітний кут 39,5 – 45,0 і 52,0 градусів.
3. КНБК при бурінні:
   - бурове долото ИСМ АП-120МС (L = 0,3 м);
   - калібратор лопатевий діаметром 119 – 119,5 мм (L = 0,3 м) або гвинтовий вибійний двигун Д1-105 (L = 3,75 м);
   - колона бурильних труб діаметром 73 мм або телеметрична система СТТ-108 (L = 6,8 м);
   - колона бурильних труб діаметром 73 мм.

   Режим буріння:
   - осьове навантаження G = 10 – 40 кН;
   - частота обертання n = 2,6 – 3,8 $с^{-1}$;
   - тиск на стояку Р = 11,0 – 15,0 МПа;
   - витрата промивної рідини Q = 0,0098 – 0,012 $м^3/с$.

   Параметри промивної рідини:
   - густина γ = 1,08 – 1,17 $г/см^3$;

- умовна в'язкість Т = 40 – 70 с;
- водовіддача В = 3 – 4 $см^3$ за 30 хв.

.6. Базою для порівняння показників роботи експериментальних бурових доліт ИСМ АП-120МС у спрямованих ділянках свердловин, внаслідок відсутності відпрацьовування у даному регіоні аналогічних типорозмірів породоруйнівних інструментів різальної дії, були прийняті кращі техніко-економічні характеристики роботи шарошкових доліт III 120,6С-ЦАУ в аналогічних геолого-технічних умовах (таблиця 1).

Таблиця 1. Результати відпрацьовування серійних доліт III 120,6С-ЦАУ при бурінні на Качанівському родовищі ВАТ «Укрнафта».

№ п/п	Номер свердловини	КНБК	Проходка на долото, м	Інтервал буріння		Час мех. буріння, г	Мех. швидкість буріння, м/г	Параметри стовбура свердловини		Літологічна характеристика гірських порід
				від	до			Зеніт. кут, град.	Азимут, град.	
1	155	Долото; Д1-105; СТТ-108; бур. труби	17,1	1966,0	1983,1	9,75	1,05	25	142	Алевроліти, пісковики; вапняки
2	155	Долото; КЛ-120,6; Д1-105; СТТ-108; бур. труби	15,0	2043,0	2058,0	15,3	0, 89	42	155	Алевроліти, глини
3	23	Долото; Д1-105; СТТ-108; бур. труби	15,6	2224,4	2240,0	18,4	0,85	90	39	Глини, пісковики

7. Як параметри, що визначають ефективність роботи бурових доліт, були прийняті: здатність до спрямовування, проходка й механічна швидкість буріння.

4. Результати робіт.

На свердловині № 155 Качанівського родовища:

1.1. Усього буровим долотом пониженої енергоємності роботи ИСМ АП-120МС 33477 із застосуванням гвинтових вибійних двигунів Д1-105 пройдено 65,1 м ських порід при середній механічній швидкості буріння 0,87 м/г. родоруйнівний інструмент відпрацьовано повністю.
1.2. Усього буровим долотом пониженої енергоємності роботи ИСМ АП-120МС 33490 із застосуванням гвинтових вибійних двигунів Д1-105 пройдено 54,0 м

рських порід при середній механічній швидкості буріння 1,05 м/г. ородоруйнівний інструмент відпрацьовано повністю.

1.3.. Буріння інтервалів на глибинах 2024,0 – 2150,0 м проводилося в похило-прямованому пілотному стовбурі свердловини – зенітним кутом 39,5 – 47,0 і имуті 156 – 160 градусів. Здійснено 7 рейсів, з них 2 – в складі керованих КНБК.

1.3.1. Застосуванням експериментального породоруйнівного інструменту ИСМ П-120МС, калібратора лопатевого діаметром 119 мм і гвинтового вибійного игуна Д1-105 пройдено:

37,0 м долотом №33477 в інтервалах 2046,6 – 2067,0м, 2105,5 – 2117,0 м і 2117,9 2123,0 м;

23,0 м долотом №33490 в інтервалі 2127,0 – 2150,0м.

1.3.2. Застосуванням експериментального бурового долота ИСМ АП-120МС 33477, гвинтового вибійного двигуна Д1-105, телеметричної системи СТТ-108 і ривого» перехідника з кутом перекосу 1,41 градус:

в інтервалі 2024,0 – 2037,0 м скориговано зенітний кут свердловини з 42,5 до ,5 градусів;

в інтервалі 2067,0 – 2082,1 м скориговано зенітний кут і азимут свердловини, дповідно, з 39,5 до 41,0 та від 157 до160 градусів.

1.4. Експериментальне долото ИСМ АП-120МС №33490 використовували при рінні горизонтального стовбура свердловини в інтервалі 2025,6 – 2056,6 м. В ладі керованої КНБК при застосуванні телеметричної системи СТТ-108 і ривого» перехідника з кутом перекосу 0,52 градуси здійснено 1 рейс для ригування зенітного кута свердловини від 41,5 до 39,5 в азимуті 150 градусів.

. На свердловині № 23 Качанівського родовища:

2.1. Усього буровим долотом пониженої енергоємності роботи ИСМ АП-120МС 33489 із застосуванням гвинтових вибійних двигунів Д1-105 в пілотному овбурі свердловини двома рейсами пройдено 144,1 м гірських порід при едній механічній швидкості буріння 0,89 м/г. Породоруйнівний інструмент працьовано повністю.

2. Буріння інтервалу 100,1 м на глибинах 1951,6 – 2051,7 м проводилося ітним кутом 52 градуси в азимуті 35 градусів наступною компоновкою: долото М АП-120МС; калібратор діаметром 119,5 мм; гвинтовий вибійний двигун Д1-; бурильні труби.

3. Застосуванням експериментального бурового долота ИСМ АП-120МС 3489, калібратора лопатевого діаметром 119,5 мм, гвинтового вибійного гуна Д1-105, телеметричної системи СТТ-108 і «кривого» перехідника з кутом екосу 0,52 градуси в інтервалі 2051,7 – 2095,7 м скориговано зенітний кут рдловини з 52,0 до 55,0 градусів.

При бурінні експериментальними долотами ИСМ АП-120МС в компоновці з нтовими вибійними двигунами за відсутності їх зупинок забезпечено ямовування траєкторії свердловин в заданому зенітному куті і азимуті.

Результати робіт по кожному інтервалу буріння експериментальними отами ИСМ АП-120МС на свердловинах № 155 та № 23 наведено в таблиці 2.

Таблиця 2. Результати відпрацьовування експериментальних бурових доліт з пониженою енергоємністю руйнування гірських порід ИСМ АП-120МС при бурінні похило-спрямованих і горизонтальних свердловин № 155 та № 23 Качанівського родовища ВАТ «Укрнафта».

Номер долота / КНБК/ Стовбур*	Інтервал буріння		Літологічна характеристика гірських порід	Показники буріння				Режимні параметри буріння			
	від	до		Проходка, м	Мех. швидкість буріння, м/г	Параметри стовбура свердловини		Осьове навантаження , кН	Витрата рідини , $\times 10^{-3}$ м^3/с	Частота обертів, с$^{-1}$	Тиск на стояку, МПа
						Зеніт. кут, град.	Азимут, град.				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Свердловина № 155 Качанівського родовища											
33477 / олото; Д1-105; СТТ-108; р. труби / Пілот	2024,0	2037,0	Глини; алевроліти; вапняки	13,0	0,9	42,5 - 39,5	156	10-15	12,0	2,6-3,8	15,0
33477 / олото; КЛ-119; -105; бур. труби / Пілот	2046,6	2067,0	Глини; вапняки	20,4	0,84	39,5	157	24-32	10,2	2,6-3,8	12,0
33477 / олото; Д1-105; СТТ-108; ур. труби / Пілот	2067,0	2082,1	Глини; алевроліти	15,1	0,88	39,5-41,0	157 - 160	15-30	10,2	2,6-3,8	12,5
33477 / олото; КЛ-119; -105; бур. труби / Пілот	2105,5	2117,0	Глини; алевроліти; вапняки	11,5	0,87	47,0	157	24-32	10,2	2,6-3,8	12,0
33477 / олото; КЛ-119; -105; бур. труби / Пілот	2117,9	2123,0	Глини; пісковики	5,1	0,9	47,0	157	20-30	9,8	2,6-3,8	11,0
Усього на бурове долото ИСМ АП-120МС №33477				**65,1**	**0,87**	**39,5-47,0**	**156-160**	**10-32**	**9,8-12,0**	**2,6-3,8**	**11,0-15,0**
33490 / олото; КЛ-119; -105; бур. труби / Пілот	2127,0	2150,0	Глини; алевроліти; пісковики	23,0	0,93	47,0	157	25-35	10,5	2,6-3,8	13,0
33490 / олото; Д1-105; СТТ-108; бур. труби / Горизонт	2025,6	2056,6	Глини; алевроліти	31,0	1,1	41,5-39,5	150	25-40	9,8-10,2	2,6-3,8	11,0-12,0
Усього на бурове долото ИСМ АП-120МС №33490				**54,0**	**1,05**	**39,5-47,0**	**150-157**	**25-40**	**9,8-10,5**	**2,6-3,8**	**11,0-13,0**

Продовження табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Свердловина № 23 Качанівського родовища											
33489 / Долото; КЛ-119,5; Д1-105; бур. труби / Пілот	1951,6	2051,7	Глини; алевроліти	100,1	0, 9	52,0	35	10-15	9,8	2,6-3,8	11,0
33489 / Долото; КЛ-119,5; Д1-105; СТТ-108; бур. труби / Пілот	2051,7	2095,7	Алевроліти, пісковики, глини	44,0	0,87	52,0-55,0	35	10-15	9,8	2,6-3,8	11,0
Усього на бурове долото ИСМ АП-120МС №33489				**144,1**	**0,89**	**52,0-55,0**	**35**	**10-15**	**9,8**	**2,6-3,8**	**11,0**

Примітка: пілот – буріння пілотного стовбура;
горизонт – буріння горизонтального стовбура.

5. Висновки та рекомендації.

1. Застосуванням на свердловинах №155 і №23 Качанівського родовища ослідних доліт пониженої енергоємності роботи ИСМ АП-120МС №33477, 33490 та №33489 і гвинтових вибійних двигунів Д1-105 пройдено, відповідно, 5,1, 54,0 та 144,1 м гірських порід з середніми механічними швидкостями ріння 0,87, 1,05 й 0,89 м/г.

2. Експериментальні бурові долота пониженої енергоємності руйнування рських порід ИСМ АП-120МС працездатні й ефективні при бурінні похило-прямованих і горизонтальних свердловин діаметром 120 мм з використанням интових вибійних двигунів – за відсутності їх зупинок забезпечено прямовування траєкторії стовбура в заданому зенітному куті і азимуті.

3. В однакових геолого-технічних умовах роботи дослідні зразки бурових доліт СМ АП-120МС переважають серійні породоруйнівні інструменти за показником ходки в 3,2 – 9,6 рази при рівній механічній швидкості буріння.

4. Комісія рекомендує для буріння похило-спрямованих і горизонтальних ердловин діаметром 120 мм з використанням гвинтових вибійних двигунів лагодити виробництво доліт ИСМ АП-120МС та продовжити роботи по воренню породоруйнівних інструментів пониженої енергоємності роботи інших метрів.

Від	Від
Т «НДІКБ бурового інструменту»	Прилуцького УБР ВАТ «Укрнафта»
л. технолог К.В. Булатов	Гол. інженер Н.Д. Шафарук
н. відділу технології іння і відновлення одовин В.Д. Новіков	Гол. технолог С.М. Щепаняк
конструктор Д.М. Мартинюк	Гол. геолог М.П. Дрофа

УТВЕРЖДАЮ»

енеральный директор
АО «НИИКБ бурового инструмента»

В. Кунцяк
17 » 2005 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Главный инженер Лениногорского
УБР ООО «Татнефть-Бурение»

В. И. Момот
« 17 » 2005 г.

А К Т

о результатах промысловых испытаний экспериментального бурового долота с пониженной энергоемкостью разрушения горных пород ИСМ АП 123 МС

Комиссия в составе:
редседателя
- Зубарева В. И. – главного технолога Лениногорского УБР;

ленов комиссии
- Куринова А. И. – начальника инженерного центра Лениногорского УБР;
- Кагарманова И. И. – начальника ПТО Лениногорского УБР;
- Мартынюка Д. М. – главного конструктора ЗАО «НИИКБ бурового инструмента»;
- Мрозека Р. Е. – начальника отдела технологии бурения с отбором керна ЗАО «НИИКБ бурового инструмента»

составила настоящий акт о том, что Лениногорским УБР в период с 25 оля по 15 августа 2000 года проводилось бурение на скважине № 4583г авлинской площади с применением экспериментального бурового долота ониженной энергоемкости разрушения горных пород ИСМ АП 123 МС 32951, конструкции ЗАО «НИИКБ бурового инструмента».

1. ПРЕДМЕТ ИСПЫТАНИЙ

Опытный образец экспериментального бурового долота пониженной ергоемкости разрушения горных пород ИСМ АП 123 МС, разработанного О «НИИКБ бурового инструмента», предназначен для бурения лоабразивных мягких и средней твердости горных пород.

Конструкция буровых долот состоит из остова и шести лопастей. Режущая сть лопастей оснащена алмазно-твердосплавными пластинами диаметром 5 мм и клиновидными зубками диаметром 10 мм. Калибрующая ствол важины поверхность оснащена цилиндрическими твердосплавными тавками диаметром 12 мм.

С целью снижения энергоемкости разрушения горных пород профиль кущей части выполнен в виде двух форм: круглоступенчатой, которая рмирует ствол скважины, и обратноконусной с малым значением разующего угла (20 градусов), формирующей центральную часть забоя.

Также для достижения этого уменьшена длина калибрующей части долота. Для повышения износостойкости она оснащена дополнительными рядами твердосплавных вставок.

Вооружением режущей части лопастей обеспечивается 1,5-кратное перекрытие поверхности забоя, что повышает устойчивость инструмента против ударных нагрузок и предупреждает преждевременный износ породоразрушающих элементов.

2. ЦЕЛЬ ИСПЫТАНИЙ

Целью испытаний являлось определение эффективности работы экспериментального бурового долота с пониженной энергоемкостью разрушения горных пород ИСМ АП 123 МС при бурении горизонтальных и наклонно-направленных участков скважины, разработка организационных мероприятий и технологических режимов его использования.

3. МЕСТО И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ

1. Работы проводились на скважине № 4583г Бавлинской площади в интервалах серпуховского и турнейского горизонтов, представленных карбонатными породами различной прочности, нефтенасыщенности и плотности, на глубинах по стволу 1414-1456, 1507-1531 и 1541-1547 м.
2. Параметры ствола скважины в интервалах бурения находились в пределах:
   - азимут 75,6 – 93,2^0;
   - зенитный угол 76,1 – 90,2^0;
3. КНБК при бурении:
   - буровое долото ИСМ АП 123 МС (L = 0,35 м);
   - винтовой забойный двигатель Д1-105 (L = 3,8 м);
   - бурильные трубы диаметром 73 мм.
4. Режим бурения:
   - осевая нагрузка G = 10 – 50 кН;
   - частота вращения n = 3 с$^{-1}$;
   - давление на стояке Р = 5,0 – 6,0 МПа;
   - расход промывочной жидкости Q = 0,008 – 0,01 м^3/с.
5. Параметры промывочной жидкости:
   - плотность γ = 1,03 – 1,05 г/см^3;
   - условная вязкость Т = 20 – 22 сек.;
   - водоотдача В = 7 – 8 см^3 за 30 мин.

Базой для сравнения показателей работы экспериментального бурового долота ИСМ АП 123 МС в наклонно-направленном и горизонтальном участках скважины, вследствие отсутствия данных по отработке аналогичных типоразмеров породоразрушающих инструментов режущего действия, были приняты лучшие технико-экономические характеристики работы шарошечных долот III 139,7 С-ЦАУ в аналогичных геолого-технических условиях (таблица 1).

Таблица 1. Результаты отработки серийных буровых долот III 139,7 С-ЦАУ при бурении на площадях АО «Татнефть».

№ п/п	№ скважины, площадь	Привод (частота вращения, $с^{-1}$)	Проходка на долото, м	Интервал бурения		Время мех. бурения, ч	Мех. скорость бурения, м/ч	Параметры ствола скважины		Литологическая характеристика горных пород
				от	до			Зенит. угол, град.	Азимут, град.	
1	7187, Холмовская	Д-127 (3,0)	17,5	1735,3	1752,8	14,6	1,2	35,0-38,7	148-155	Аргиллиты
2	39467, Западно-Лениногорская	Ротор (1,0)	25,0	1443,0	1468,0	31,2	0,8	3,0	87	Известняки, аргиллиты, глины
3	37805г, Куакбашская	Д-106 (2,6–3,8)	22,0	1067,0	1089,0	31,5	0,7	88,7	250	Известняки

7. В качестве параметров, определяющих эффективность конструкций буровых долот, были приняты проходка и механическая скорость бурения.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТ

1. Всего буровым долотом пониженной энергоемкости разрушения горных пород ИСМ АП 123 МС №32951 с применением в качестве привода винтового забойного двигателя Д1-105 пройдено 72,0 м горных пород при средней механической скорости бурения 2,4 м/ч. Породоразрушающий инструмент отработан полностью.
2. Бурение интервала 1414,0-1456,0 м производилось в серпуховском горизонте, представленном чередованием глинистых пород и известняков, при наклонно-направленном стволе скважины – зенитным углом 76,1-77,0 градусов. Произведено 1 рейс при средней механической скорости бурения 2,69 м/ч.
3. Бурение интервалов 1507,0-1531,0 и 1541,0-1547,0 м производилось в турнейском горизонте, представленном известняками, при горизонтальном стволе скважины – зенитным углом 89,2-90,2 градуса. Произведено 2 рейса при средней механической скорости бурения 2,08 м/ч.
4. По результатам замеров телесистемы «ГЕОЛИНК» в интервалах бурения с применением бурового долота ИСМ АП 123 МС обеспечена стабилизация параметров ствола скважины (зенитного угла и азимута) в заданных коридорах допуска.
5. Результаты испытаний экспериментального бурового долота приведены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты испытаний экспериментального бурового долота с пониженной энергоемкостью разрушения горных пород ИСМ АП 123 МС при бурении наклонно-направленного и горизонтального участков ствола скважины № 4583г Бавлинской площади

№ п/п	Интервал бурения		Литологическая характеристика горных пород	Показатели бурения					Режимные параметры бурения			
	от	до		Проходка, м	Время мех. бурения, ч	Мех. скорость бурения, м/ч	Параметры ствола скважины		G, кН	Q, $x10^{-3}$ $м^3$/сек.	n, $с^{-1}$	P, МПа
							Зенит. угол, град.	Азимут, град.				
1	1414,0	1456,0	Глины; известняки	42,0	15,6	2,69	76,1-77,0	75,6-76,2	10-50	8-10	3	5,0-6,0
2	1507,0	1531,0	Известняки	24,0	7,5	3,2	89,3-90,2	92,9-93,2	10-30	8-10	3	5,0-6,0
3	1541,0	1547,0	Известняки	6,0	6,9	0,87	89,2-88,9	93,2-92,6	10-30	8-10	3	5,0-6,0
Всего на буровое долото ИСМ АП 123 МС №32951				72,0	30,0	2,4						

5. ВЫВОДЫ

5.1. Применением опытного бурового долота с пониженной энергоемкостью разрушения горных пород ИСМ АП 123 МС при бурении наклонно-направленного и горизонтального участков ствола скважины достигнут показатель проходки 72 м при средней механической скорости бурения 2,4 м/ч, что превышает лучшие показатели работы серийных породоразрушающих инструментов, соответственно, в 2,9 и 2 раза.

5.2. Экспериментальное буровое долото пониженной энергоемкости разрушения горных пород ИСМ АП 123 МС работоспособно и эффективно при бурении с применением в качестве привода винтового забойного двигателя.

5.3. Использование при бурении КНБК, включающей буровое долото ИСМ АП 123 МС, обеспечило стабилизацию параметров ствола скважины (зенитного угла и азимута) в заданных коридорах допуска.

Председатель комиссии: В. И. Зубарев

Члены комиссии: А. И. Куринов

И. И. Кагарманов

Д. М. Мартынюк

Р. Е. Мрозек

«УТВЕРЖДАЮ»

Главный инженер Лениногорского
УБР ООО «Татнефть-Бурение»

_____ В.И. Момот
«17» _____ 2005 г.

ОБЩИЙ ОТДЕЛ
Р 71223/14
Копія
Начальник відділу архівів Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу

ТЕХНИЧЕСКАЯ СПРАВКА

о том, что в Лениногорском УБР ООО «Татнефть-Бурение» в период с 25.07.2000г. по 01.12.2005г. при бурении скважин отработано 6 (шесть) буровых долот с пониженной энергоемкостью разрушения горных пород ИСМ АП 123 МС.

Общая проходка на указанный породоразрушающий инструмент составила 390,0 м за 211,5 часа механического бурения.

Средние технико-экономические показатели работы одного бурового долота с пониженной энергоемкостью разрушения горных пород ИСМ АП 123 МС следующие:

- проходка – 65,0 м;
- механическая скорость бурения – 1,84 м/ч;
- экономический эффект – 149782 (Сто сорок девять тысяч семьсот восемьдесят два) рубля.

Суммарный экономический эффект от использования экспериментальных буровых долот ИСМ АП 123 МС на месторождениях, разбуриваемых Лениногорским УБР, составил:

Э = 149782 × 6 = 898692 (Восемьсот девяносто восемь тысяч шестьсот девяносто два) рубля.

авный технолог Лениногорского УБР В.И. Зубарев

чальник отдела технологии бурения с отбором
рна ЗАО «НИИКБ бурового инструмента» Р.Е. Мрозек

чальник планово-экономического отдела
ениногорского УБР В.В. Казаков

Додаток Е

ЗАТВЕРДЖУЮ	**ЗАТВЕРДЖУЮ**
Генеральний директор ЗАТ «НДІКБ бурового інструменту»	Начальник Прилуцького УБР ВАТ «Укрнафта»
_____ Я.В. Кунцяк	_____ Ю.П. Кравценюк
"17" 05 2006 р.	"17" 05 2006 р.

Копію засвідчую:
Начальник відділу кадрів Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу
(Ч.П. Дорошенко)

АКТ

про результати проведення промислових випробувань експериментальної бурильної головки з пониженою енергоємністю руйнування гірських порід ИСМ АП-118/52МС

Комісія у складі:

Голови

- Шафарук Н.Д.– головний інженер Прилуцького УБР;

Членів комісії

- Щепаняк С.М. – головний технолог Прилуцького УБР;
- Дрофа М.П. – головний геолог Прилуцького УБР;
- Булатов К.В. – головний технолог ЗАТ «НДІКБ бурового інструменту»;
- Новіков В.Д. – начальник відділу технології буріння і відновлення свердловин ЗАТ «НДІКБ бурового інструменту»;
- Мартинюк Д.М. – головний конструктор ЗАТ «НДІКБ бурового інструменту»

Склала даний акт про те, що відповідно "Програми проведення робіт по відбору керна в похило-спрямованій та горизонтальній ділянках свердловини № 155 Гнатівського родовища" фахівцями Прилуцького УБР і ЗАТ «НДІКБ бурового інструменту» в період 15.01 – 01.03.2001 р. проводився відбір керна діаметром мм з використанням експериментальної бурильної головки пониженої енергоємності руйнування гірських порід ИСМ АП-118/52МС №33316.

1. Предмет випробувань.

Експериментальна бурильна головка пониженої енергоємності руйнування гірських порід ИСМ АП-118/52МС сконструйована ЗАТ «НДІКБ бурового інструменту» і призначена для буріння неабразивних м'яких і середньої твердості гірських порід.

Конструкція бурильної головки складається з корпуса й шести лопатей. Робоча частина лопатей оснащена алмазно-твердосплавними пластинами діаметром 13,5 мм і клиновидними вставками діаметром 10 мм. Калібрувальні

поверхні, які формують стовбур свердловини й керн, оснащені циліндричними твердосплавними вставками діаметром 12 мм.

З метою пониження енергоємності руйнування гірських порід профіль різальної частини лопатей має круглоступінчасту форму. Для підвищення зносостійкості конструкції вкорочена калібрувальна частина бурильної головки оснащена додатковими рядами твердосплавних вставок.

Оснащенням різальної частини лопатей забезпечується 1,5-кратне перекриття площі вибою, що підвищує стійкість інструментів проти ударних навантажень і попереджає передчасне спрацювання породоруйнівних елементів.

2. Мета випробувань.

Метою випробувань було визначення ефективності роботи експериментальної бурильної головки пониженої енергоємності руйнування гірських порід ИСМ АП-118/52МС при бурінні протяжних горизонтальних і похило-спрямованих ділянок свердловин з відбором керна й одночасною стабілізацією параметрів траєкторії стовбура, а також розробка організаційних заходів та технологічних режимів її використання.

3. Місце та умови проведення випробувань.

3.1. Роботи проводилися на свердловині № 155 Качанівського родовища в інтервалах кам'яновугільних відкладів, які складаються з глин, алевролітів і нафтонасичених пісковиків, на глибинах по стовбуру 2117,0 – 2117,9 м, 2123,0 – 2127,0 м, 2150,0 – 2169,0 м та 2197,3 – 2198,0 м.

3.2. Параметри стовбура свердловини діаметром 120 мм в інтервалах відбору керна становили:
- азимут 150 – 157 градусів;
- зенітний кут 44 – 91 градус.

3.3. КНБК при відборі керна:
- бурильна головка ИСМ АП-118/52 МС (L = 0,3м);
- керноприймальний пристрій ПКГ-106/52 (L = 1,38 – 2,4 м);
- гвинтовий вибійний двигун ДГ-105 (L = 2,355 м);
- колона бурильних труб діаметром 73 мм.

3.4. Режим буріння:
- осьове навантаження G = 15 – 40 кН;
- частота обертання n = 2 $с^{-1}$;
- тиск на стояку P = 7,0 - 12,0 МПа;
- витрата промивної рідини Q = 0,006 – 0,012 $м^3/с$.

3.5. Параметри промивної рідини:
- густина γ = 1,12 – 1,17 $г/см^3$;
- умовна в'язкість T = 40 – 70 с;
- водовіддача B = 4 $см^3$ за 30 хв.

4. Результати робіт.

4.1. Загальна об'єм відбору керна з використанням бурильної головки ИСМ АП-118/52 МС № 33316 склав 24,6 м при середній механічній швидкості буріння 0,92 м/г. Породоруйнівний інструмент відпрацьовано повністю.

4.2. Вихід керна становив 22,35 м або 91%. Здійснено 18 рейсів, причому в 12 з них вихід керна складав 100%.

4.3. Роботи з відбору керна проводились:

- в пілотному стовбурі зенітним кутом 44 – 45 градусів – 23,9 м з виходом керна 21,65 м (91%);
- в горизонтальній ділянці стовбура зенітним кутом 91 градус – 0,7 м з виходом керна 0,7 м (100%).

4.4. В інтервалах відбору керна із застосуванням бурильної головки ИСМ АП-118/52МС і гвинтового вибійного двигуна ДГ-105 за відсутності його зупинок забезпечена стабілізація параметрів траєкторії стовбура в заданому коридорі допуску ±1 градус.

4.5. Подрібненість стовпчика керна становила – 1…4 зразки на 1 м.

4.6. Результати робіт по кожному рейсу наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Результати випробувань експериментальної бурильної головки пониженою енергоємністю руйнування гірських порід ИСМ АП-118/52МС №33316 при відборі керна на свердловині № 155 Качанівського родовища

Інтервал буріння		Літологічна характеристика гірських порід/ подрібненість керна, шт./м	Показники поглиблення					Режимні параметри буріння			
			Проходка, м	Кількість рейсів, шт.	Мех. швидкість буріння, м/г	Вихід керна		Осьове навантаження, кН	Витрата рідини, $\times 10^{-3}$ м^3/с	Частота обертів, с$^{-1}$	Тиск на стояку, МПа
від	до					м	%				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Буріння з відбором керна в пілотному стовбурі свердловини											
2117,0	2117,9	Алевроліти; глини / 3	0,9	1	0,8	0,9	100	15-40	6,0-7,0	2	7,0-9,0
2117,9	2123,0	Інтервал буріння суцільним вибоєм									
2123,0	2127,0	Глини; пісковики/ 1 - 4	4,0	4	0,9	3,1	78	20-40	6,0-12,0	2	7,0-9,0
2127,0	2150,0	Інтервал буріння суцільним вибоєм									
2150,0	2169,0	Пісковики; алевроліти / 1 - 4	19,0	12	0,92	17,65	93	25-40	6,0-12,0	2	9,0
Усього в пілотному стовбурі			**23,9**	**17**	**0,92**	**21,65**	**91**	**15-40**	**6,0-12,0**	**2**	**7,0-9,0**
Буріння з відбором керна в горизонтальній ділянці свердловини											
2197,0	2197,7	Пісковики/ 3	0,7	1	1,4	0,7	100	30	6,0-7,0	2	12,0
Усього на бурильну головку ИСМ АП-118/52 МС №33316			**24,6**	**18**	**0,92**	**22,35**	**91**	**15-40**	**6,0-12,0**	**2**	**7,0-12,0**

5. Висновки та рекомендації.

5.1. Експериментальна бурильна головка з пониженою енергоємністю руйнування гірських порід ИСМ АП-118/52МС працездатна й ефективна при відборі керна в похило-спрямованих і горизонтальних свердловинах діаметром 120 мм. З використанням гвинтового вибійного двигуна здійснено 18 рейсів і досягнуто виносу керна 91 %.

5.2. Експериментальна бурильна головка з пониженою енергоємністю руйнування гірських порід ИСМ АП-118/52МС №33316 забезпечила проходку 24,6 м при середній механічній швидкості буріння 0,92 м/г за відсутності зупинок у роботі вибійного двигуна.

5.3. Використання КНБК, яка містить бурильну головку ИСМ АП-118/52МС і гвинтовий вибійний двигун ДГ-105, забезпечило при відборі керна в похило-спрямованій і горизонтальній свердловинах стабілізацію параметрів траєкторії стовбура в заданому коридорі допуску.

5.4. Успішні результати випробувань дослідного зразка бурильної головки ИСМ АП-118/52МС дозволяють рекомендувати продовжити роботи по створенню породоруйнівних інструментів пониженої енергоємності руйнування гірських порід для буріння вибійними двигунами похило-спрямованих і горизонтальних свердловин, у тому числі інших діаметрів.

Від	Від
АТ «НДІКБ бурового інструменту»	Прилуцького УБР ВАТ «Укрнафта»
ол. технолог К.В. Булатов	Гол. інженер Н.Д. Шафарук
ач. відділу технології уріння і відновлення ердловин В.Д. Новіков	Гол. технолог С.М. Щепаняк
ол. конструктор Д.М. Мартинюк	Гол. геолог М.П. Дрофа

Додаток Ж

УТВЕРЖДАЮ»

Генеральный директор
ЗАО «НИИКБ бурового инструмента»

Я. В. Куницяк

«17» 12 2005 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Главный инженер Лениногорского
УБР ООО «Татбурнефть-Бурение»

В. И. Момот

«17» декабря 2005 г.

Копію засвідчено:
Начальник відділу кадрів Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу

А К Т

о результатах промысловых испытаний экспериментальной бурильной головки с пониженной энергоемкостью разрушения горных пород ИСМ АП 123/52 МС

Комиссия в составе:

председателя

- Зубарева В. И. – главного технолога Лениногорского УБР;

членов комиссии

- Куринова А. И. – начальника инженерного центра Лениногорского УБР;
- Кагарманова И. И. – начальника ПТО Лениногорского УБР;
- Мартынюка Д. М. – главного конструктора ЗАО «НИИКБ бурового инструмента»;
- Мрозека Р. Е. – начальника отдела технологии бурения с отбором керна ЗАО «НИИКБ бурового инструмента»

составила настоящий акт о том, что сотрудниками ЗАО «НИИКБ бурового инструмента» и Лениногорского УБР в период с 10 по 19 августа 2000 года проводился отбор керна диаметром 52 мм в горизонтальных участках ствола скважины № 4583г Бавлинского месторождения с применением экспериментальной бурильной головки пониженной энергоемкости разрушения горных пород ИСМ АП 123/52 МС №33167.

1. ПРЕДМЕТ ИСПЫТАНИЙ

Опытный образец экспериментальной бурильной головки пониженной энергоемкости разрушения горных пород ИСМ АП 123/52 МС, разработанной ЗАО «НИИКБ бурового инструмента», предназначен для бурения малоабразивных мягких и средней твердости горных пород.

Конструкция бурголовки состоит из остова и шести лопастей. Режущая часть лопастей оснащена алмазно-твердосплавными пластинами диаметром 13,5 мм и клиновидными зубками диаметром 10 мм. Калибрующие ствол скважины и керн поверхности оснащены цилиндрическими твердосплавными вставками диаметром 12 мм.

С целью снижения энергоемкости разрушения горных пород профиль режущей части бурильной головки имеет круглоступенчатую форму. Для

повышения износостойкости конструкции укороченная калибрующая часть бурголовки оснащена дополнительными рядами твердосплавных вставок.

Вооружением режущей части лопастей обеспечивается 1,5-кратное перекрытие поверхности забоя, что повышает устойчивость инструмента против ударных нагрузок и предупреждает преждевременный износ породоразрушающих элементов.

2. ЦЕЛЬ ИСПЫТАНИЙ

Целью испытаний являлось определение эффективности работы экспериментальной бурильной головки с пониженной энергоемкостью разрушения горных пород ИСМ АП 123/52 МС при бурении протяженных горизонтальных и наклонно-направленных участков скважины с одновременной стабилизацией зенитного угла, разработка организационных мероприятий и технологических режимов ее использования.

3. МЕСТО И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ

3.1. Работы проводились на скважине № 4583г Бавлинского месторождения в интервале турнейского горизонта, представленного карбонатными породами различной прочности, нефтенасыщенности и плотности, на глубинах по стволу 1531-1541 и 1547-1557 м.

3.2. Параметры ствола скважины в интервале отбора керна составляли:
- азимут 92 – 93,2 градуса;
- зенитный угол 89,5 – 90,5 градуса;

3.3. КНБК при отборе керна:
- бурголовка ИСМ АП 123/52 МС (L = 0,3м);
- керноприемное устройство ПКГ-106/52 (L = 1,7 м);
- винтовой забойный двигатель ДГ-105 (L = 2,355 м);
- бурильная колонна.

3.4. Режим бурения:
- осевая нагрузка G = 10 – 60 кН;
- частота вращения n = 2 $с^{-1}$;
- давление на стояке P = 5,0 – 6,0 МПа;
- расход промывочной жидкости Q = 0,008 – 0,01 $м^3/с$.

3.5. Параметры промывочной жидкости:
- плотность γ = 1,03 – 1,05 $г/см^3$;
- условная вязкость T = 20 – 22 сек.;
- водоотдача B = 7 – 8 $см^3$ за 30 мин.

3.6. Базой для сравнения показателей работы опытной бурильной головки ИСМ АП 123/52 МС в горизонтальных участках скважины, вследствие отсутствия аналогичных типоразмеров серийных инструментов, были приняты лучшие технико-экономические характеристики работы шарошечных бурголовок К139,7/52ТКЗ в наклонно-направленных стволах (таблица 1).

Таблица 1. Результаты отработки серийных бурильных головок К 139,7/52 ТКЗ при бурении с отбором керна на площадях АО «Татнефть».

№ п/п	№ скважины, площадь	Привод (частота вращения, $с^{-1}$)	Кол-во рейсов/ отработанных бурголовок, шт.	Интервал бурения		Проходка, м	Мех. скорость бурения, м/ч	Вынос керна		Литологическая характеристика горных пород/ дробимость керна, шт./м
				от	до			м	%	
1	7187, Холмовская	Ротор (1,0)	1 / 1	1857,6	1858,7	1,0	0,85	1,0	100	Аргиллиты крепкие/ 6
		Д-127 (3,0)	1 / 1	1858,7	1859,7	1,0	1,0	1,0	100	Аргиллиты крепкие/ 10
2	39458р, Западно-Лениногорская	Ротор (1,0)	3 / 3	1827,0	1840,0	13,0	0,9 – 1,0	13,0	100	Известняки окремнелые/ 8 - 10
3	3915р, Бавлинская	Ротор (1,33)	11/ 11	2295,0	2343,0	48,0	0,25 – 1,0	15,3	31,4	Глины, известняки/ 10 - 15

3.7. В качестве параметров, определяющих эффективность конструкций бурильных головок, были приняты: проходка, механическая скорость бурения и дробимость извлеченных образцов горных пород.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТ

4.1. Всего с отбором керна пройдено 20,0 м при средней механической скорости бурения 4,2 м/ч.

4.2. Вынос керна составил 20 м или 100 %. Произведено 20 рейсов – по 10 в каждом интервале.

4.3. Интервалы бурения с отбором керна 1531-1541 м и 1547-1557 м пройдены одной бурильной головкой с пониженной энергоемкостью разрушения горных пород ИСМ АП 123/52 МС №33167. Породоразрушающий инструмент отработан полностью.

4.5. В интервалах отбора керна с применением бурильной головки ИСМ АП 123/52 МС обеспечена стабилизация зенитного угла в заданном коридоре допуска. По результатам замеров телесистемы «ГЕОЛИНК» падение угла после отбора керна в интервале 1531-1541 м (10 рейсов) составило 1 градус, что было ликвидировано последующим бурением управляемой

компоновкой. В интервале 1547-1557 м падение зенитного угла также составило 1 градус.

4.6. Керн извлечен с дробимостью – 1 – 3 образца на 1 м.

4.7. Результаты испытаний экспериментальной бурильной головки приведены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты испытаний экспериментальной бурильной головки с пониженной энергоемкостью разрушения горных пород ИСМ АП 123/52 МС №33167 при отборе керна в горизонтальных участках ствола скважины № 4583г Бавлинского месторождения

Интервал бурения		Литологическая характеристика горных пород/ дробимость керна, шт./м	Показатели углубления					Режимные параметры бурения			
от	до		Проходка, м	Кол-во рейсов, шт.	Мех. скорость бурения, м/ч	Вынос керна		G, кН	Q, $x10^{-3}$ $м^3$/сек.	n, $с^{-1}$	P, МПа
						м	%				
1531,0	1541,0	Глины; известняки плотные, глинистые, трещиноватые/ 1 - 3	10,0	10	3,73	10,0	100	10-60	8-10	2	5,0-6,0
1541,0	1547,0	Интервал бурения сплошным забоем									
1547,0	1557,0	Известняки плотные, глинистые, трещиноватые/ 1 - 2	10,0	10	4,73	10,0	100	30-40	8-10	2	6,0
Всего на бурильную головку ИСМ АП 123/52 МС №33167			20,0	20	4,2	20,0	100				

5. ВЫВОДЫ

5.1. Опытная бурильная головка с пониженной энергоемкостью разрушения горных пород ИСМ АП 123/52 МС работоспособна и эффективна при отборе керна в горизонтальных участках скважины диаметром 123 мм. При общей проходке 20 м с использованием в качестве привода винтовых забойных двигателей ДГ-105 произведено 20 рейсов и достигнут вынос керна 100%.

5.2. Экспериментальная бурильная головка с пониженной энергоемкостью разрушения горных пород ИСМ АП 123/52 МС №33167 обеспечила проходку в объеме 20 м при средней механической скорости бурения 4,2 м/ч, что превышает лучшие показатели работы серийных бурголовок К139,7/52ТКЗ, соответственно, в 4,3 и 4,2 раза.

5.3. Дробимость извлеченного керна при бурении опытным породоразрушающим инструментом в 2 – 15 раз меньше базовых показателей.

5.4. Использование при отборе керна КНБК, включающей бурильную головку ИСМ АП 123/52 МС, обеспечило стабилизацию зенитного угла ствола скважины в заданном коридоре допуска.

Председатель комиссии: В. И. Зубарев

Члены комиссии: А. И. Куринов

И. И. Кагарманов

Д. М. Мартынюк

Р. Е. Мрозек

«УТВЕРЖДАЮ»

Главный инженер Лениногорского
УБР ООО «Татнефть-Бурение»

_____ В.И. Момот
«17» декабря 2006 г.

ТЕХНИЧЕСКАЯ СПРАВКА

о том, что в Лениногорском УБР ООО «Татнефть-Бурение» в период с 10.08.2000г. по 01.06.2005г. при бурении скважин с отбором керна отработано 3 (три) бурильные головки с пониженной энергоемкостью разрушения горных пород ИСМ АП 123/52 МС.

Общая проходка на указанный породоразрушающий инструмент составила 55,0 м за 22,5 часа механического бурения.

Средние технико-экономические показатели работы одной бурильной головки с пониженной энергоемкостью разрушения горных пород ИСМ АП 123/52 МС следующие:

- проходка – 18,3 м;
- механическая скорость бурения – 2,4 м/ч;
- вынос керна – 16,8 м или 91,8 %;
- экономический эффект – 174233 (Сто семьдесят четыре тысячи двести тридцать три) рубля.

Суммарный экономический эффект от использования экспериментальных бурильных головок ИСМ АП 123/52 МС на месторождениях, разбуриваемых Лениногорским УБР, составил:

Э = 174233 × 3 = 522699 (Пятьсот двадцать две тысячи шестьсот девяносто девять) рублей.

Главный технолог Лениногорского УБР В.И. Зубарев

Начальник отдела технологии бурения с отбором керна ЗАО «НИИКБ бурового инструмента» Р.Е. Мрозек

Начальник планово-экономического отдела Лениногорского УБР В.В. Казаков

Додаток 3

«УТВЕРЖДАЮ»

Генеральный директор
ЗАО «НИИКБ бурового инструмента»

_____ Я. В. Кунцяк
«17» _____ 2005 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Главный инженер Лениногорского
УБР ООО «Татнефть-Бурение»

_____ В. И. Момот
«17» _____ 2005 г.

Начальник відділу кадрів Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу

А К Т

о результатах промысловых испытаний экспериментальной бурильной головки с пониженной энергоемкостью разрушения горных пород ИСМ АП 144,4/67 МС

Комиссия в составе:
председателя
- Зубарева В. И. – главного технолога Лениногорского УБР;

членов комиссии
- Куринова А. И. – начальника инженерного центра Лениногорского УБР;
- Кагарманова И. И. – начальника ПТО Лениногорского УБР;
- Мартынюка Д. М. – главного конструктора ЗАО «НИИКБ бурового инструмента»;
- Мрозека Р. Е. – начальника отдела технологии бурения с отбором керна ЗАО «НИИКБ бурового инструмента»

составила настоящий акт о том, что сотрудниками ЗАО «НИИКБ бурового инструмента» и Лениногорского УБР в периоды с 6 по 7 октября 2001 года, с 16 августа по 5 сентября и с 12 по 13 октября 2002 года проводился отбор керна диаметром 67 мм в наклонно-направленных и горизонтальных участках стволов скважин номерами, соответственно, 38288г, 37805г и 38151 Куакбашской площади с применением экспериментальной бурильной головки пониженной энергоемкости разрушения горных пород ИСМ АП 144,4/67 МС №33165.

1. ПРЕДМЕТ ИСПЫТАНИЙ

Опытный образец экспериментальной бурильной головки пониженной энергоемкости разрушения горных пород ИСМ АП 144,4/67 МС, разработанной ЗАО «НИИКБ бурового инструмента», предназначен для бурения малоабразивных мягких и средней твердости горных пород.

Конструкция бурголовки состоит из остова и шести лопастей. Режущая часть лопастей оснащена алмазно-твердосплавными пластинами диаметром 13,5 мм и клиновидными зубками диаметром 10 мм. Калибрующие ствол скважины и керн поверхности оснащены цилиндрическими твердосплавными вставками диаметром 12 мм.

С целью снижения энергоемкости разрушения горных пород профиль режущей части бурильной головки имеет круглоступенчатую форму. Для повышения износостойкости конструкции укороченная калибрующая часть бурголовки оснащена дополнительными рядами твердосплавных вставок.

Вооружением режущей части лопастей обеспечивается 1,5-кратное перекрытие поверхности забоя, что повышает устойчивость инструмента против ударных нагрузок и предупреждает преждевременный износ породоразрушающих элементов.

2. ЦЕЛЬ ИСПЫТАНИЙ

Целью испытаний являлось определение эффективности работы экспериментальной бурильной головки с пониженной энергоемкостью разрушения горных пород ИСМ АП 144,4/67 МС при бурении протяженных горизонтальных и наклонно-направленных участков скважины с одновременной стабилизацией зенитного угла, разработка организационных мероприятий и технологических режимов ее использования.

3. МЕСТО И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ

3.1. Работы проводились на скважинах №38288г, №37805г и №38151 Куакбашской площади в интервалах башкирского и серпуховского горизонтов, представленных карбонатными породами различной прочности, нефтенасыщенности и плотности, с прослойками глин, на глубинах по стволу, соответственно, 924,8 – 931,8 м, 1027,0 – 1067,0 м и 851,0 – 861,0 м.

3.2. Параметры стволов скважин в интервалах бурения с отбором керна находились в пределах:
- зенитный угол 39,0 – 90,0 градусов;
- смещение от вертикали 281 – 447 м.

3.3. КНБК при отборе керна:
- бурголовка ИСМ АП 144,4/67 МС (L = 0,3м);
- керноприемное устройство УКР-122/67 и УКГ-122/67 (соответственно, L = 6,3 м и L = 3,75 м);
- винтовой забойный двигатель Д-106 (L = 4,2 м) или УБТ диаметром 108 мм (L = 16 м);
- бурильные трубы диаметром 73 мм.

3.4. Режим бурения:
- осевая нагрузка G = 20 – 30 кН;
- частота вращения n = 1,0 – 3,8 $с^{-1}$;
- давление на стояке P = 1,0 – 6,0 МПа;
- расход промывочной жидкости Q = 0,008 – 0,015 $м^3/с$.

3.5. Параметры промывочной жидкости:
- плотность γ = 1,01 – 1,09 $г/см^3$;
- условная вязкость T = 20 – 25 сек.;
- водоотдача B = 5 – 8 $см^3$ за 30 мин.

р.о. Базой для сравнения показателей работы опытной бурильной головки ввиду отсутствия применения в данном регионе серийных породоразрушающих инструментов режущего действия исследуемого типоразмера были приняты лучшие показатели работы при бурении с отбором керна диаметром 67 мм шарошечных бурголовок К 139,7/67 ТКЗ (таблица 1).

Таблица 1. Результаты отработки серийных бурильных головок К 139,7/67 ТКЗ при бурении с отбором керна на площадях АО «Татнефть».

№ п/п	№ скважины, площадь	Привод (частота вращения, $с^{-1}$)	Кол-во рейсов/ отработанных бурголовок, шт.	Интервал бурения		Проходка, м	Мех. скорость бурения, м/ч	Вынос керна		Литологическая характеристика горных пород/ дробимость керна, шт./м
				от	до			м	%	
1	37805г, Куакбашская	Д-106 (2,6–3,8)	4 / 3	1020,0	1027,0	7,0	0,71	5,0	71,4	Известняки/ 6 - 15
2	38186, Куакбашская	Д-106 (2,6–3,8)	2/2	853,0	863,0	10,0	0,65	3,5	35,0	Известняки/ 9 - 12
3	39467, Западно-Лениногорская	ротор (1,0)	3/3	1832,0	1842,0	10,0	0,5	8,5	85,0	Аргиллиты, глины/ 10 - 24

7. В качестве параметров, определяющих эффективность конструкций бурильных головок, были приняты: проходка, механическая скорость бурения и дробимость извлеченных образцов горных пород.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТ

1. На скважине №38288г:

1.1. Бурение с отбором керна производили в интервале башкирского горизонта. Зенитный угол ствола скважины составлял 90°, смещение от вертикали 375 м.

1.2. Для отбора керна использовали следующую компоновку: бурильная головка ИСМ АП 144,4/67МС, керноприемное устройство УКГ-122/67 (L = 3,75 м), винтовой забойный двигатель Д-106 (L = 4,2 м), бурильные трубы диаметром 73 мм.

1.3. Всего со сплошным отбором керна пройдено 7 м при средней механической скорости бурения 5,18 м/ч.

1.4 Произведено 3 рейса. Вынос керна составил 7,0 м или 100 %.

1.5. Интервал отбора керна пройден экспериментальной бурильной головкой с пониженной энергоемкостью разрушения горных пород ИСМ АП

144,4/67 МС №33165. Бурголовка осталась пригодной для дальнейшего использования.

4.1.6. Дробимость образцов горных пород составила от 2 до 4 штук на 1 м.

4.1.7. По результатам замеров параметров ствола скважины после бурения с отбором керна отмечена стабилизация зенитного угла и азимута в заданных коридорах допуска – ± 1 градус.

4.1.8. Результаты проведенных работ на скважине №38288г приведены в таблице 2.

.2. На скважине №37805г:

.2.1. Бурение с отбором керна производили в двух интервалах серпуховского горизонта на глубинах по стволу 1027,0 – 1037,0 м и 1055,8 – 1067,0 м. Зенитный угол ствола скважины составлял 88,7 градуса, смещение от вертикали 447 м.

.2.2. Для отбора керна использовали следующую компоновку: бурильная головка ИСМ АП 144,4/67МС, керноприемное устройство УКГ-122/67 (L = 3,75 м), винтовой забойный двигатель Д-106 (L = 4,2 м), бурильные трубы диаметром 73 мм.

.2.3. Всего со сплошным отбором керна пройдено 21,2 м при средней механической скорости бурения 3,76 м/ч.

.2.4. Вынос керна составил 18,4 м или 86,8 %. Произведено 10 рейсов, из них 9 – с выносом керна 100 %.

.2.5. Весь объем бурения с отбором керна пройден одной экспериментальной бурильной головкой с пониженной энергоемкостью разрушения горных пород ИСМ АП 144,4/67 МС №33165. Бурголовка осталась пригодной для дальнейшего использования.

.2.6. Дробимость керна составила 2 – 3 образца на 1 м.

.2.7. В интервалах отбора керна с применением бурильной головки ИСМ АП 144,4/67 МС обеспечена стабилизация зенитного угла и азимута в заданных коридорах допуска – ± 1 градус.

.2.8. Результаты работ по интервалах бурения на скважине № 37805г приведены в таблице 2.

3. На скважине №38151:

3.1. Бурение с отбором керна производили в интервале серпуховского горизонта. Зенитный угол ствола скважины составлял 39,0°, смещение от вертикали 281 м.

3.2. Для отбора керна использовали следующую компоновку: бурильная головка ИСМ АП 144,4/67МС, керноприемное устройство УКР-122/67 (L = 6,3 м), УБТ диаметром 108мм (L = 16 м), бурильные трубы диаметром 73 мм.

3.3. Всего со сплошным отбором керна пройдено 10,0 м при средней механической скорости бурения 2,4 м/ч.

3.4. Произведено 4 рейса. Вынос керна составил 10,0 м или 100 %.

3.5. Весь объем бурения с отбором керна пройден одной экспериментальной бурильной головкой с пониженной энергоемкостью разрушения горных

пород ИСМ АП 144,4/67 МС №33165. Породоразрушающий инструмент отработан полностью.

4.3.6. Дробимость керна составила 1 – 3 образца на 1 м.

4.3.7. По результатам замеров параметров ствола скважины после бурения с отбором керна отмечена стабилизация зенитного угла и азимута в заданных коридорах допуска – ± 1 градус.

4.3.8. Результаты работ на скважине №38151 приведены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты испытаний экспериментальной бурильной головки с пониженной энергоемкостью разрушения горных пород ИСМ АП 144,4/67 МС №33165 при отборе керна на Куакбашской площади АО «Татнефть»

Интервал бурения		Литологическая характеристика горных пород/ дробимость керна, шт./м	Показатели углубления					Режимные параметры бурения			
от	до		Проходка, м	Кол-во рейсов, шт.	Мех. скорость бурения, м/ч	Вынос керна		G, кН	Q, $x10^{-3}$ $м^3$/сек.	n, $с^{-1}$	P, МПа
						м	%				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Скважина №38288г											
924,8	931,8	Известняки плотные, глинистые, трещиноватые, кавернозные/ 2 - 4	7,0	3	5,18	7,0	100	20-30	12	2,6-3,8	5,0-6,0
Скважина №37805г											
1027,0	1037,0	Известняки плотные, трещиноватые/ 2 - 3	10,0	5	4,3	10,0	100	20-30	15	2,6-3,8	5,0-6,0
1037,0	1055,8	Интервал бурения сплошным забоем									
1055,8	1067,0	Известняки плотные, трещиноватые/ 2 - 3	11,2	5	3,42	8,4	75	20-30	15	2,6-3,8	5,0-6,0
Итого по СКВ. №37805г			21,2	10	3,76	18,4	86,8				
Скважина №38151											
851,0	861,0	Известняки плотные, трещиноватые/ 1 - 3	10,0	4	2,4	10,0	100	20-30	8-10	1	1,0-3,0
Всего на бурильную головку ИСМ АП 144,4/67 МС №33165			38,2	17	3,6	35,4	92,7				

5. ВЫВОДЫ

.1. Опытная бурильная головка пониженной энергоемкости разрушения горных пород ИСМ АП 144,4/67 МС работоспособна и эффективна при

отборе керна в горизонтальных и наклонно-направленных участках скважин диаметром 144,4 мм с использованием в качестве привода ротора и винтовых забойных двигателей Д-106. При общей проходке на трех скважинах 38,2 м достигнут вынос керна 35,4 м или 92,7%.

5.2. Экспериментальная бурильная головка с пониженной энергоемкостью разрушения горных пород ИСМ АП 144,4/67 МС №33165 обеспечила проходку в объеме 38,2 м при средней механической скорости бурения 3,6 м/ч, что превышает лучшие показатели работы серийных бурголовок К139,7/67ТКЗ, соответственно, в 7,6 и 5,1 раза.

5.3. Дробимость извлеченного керна при бурении опытным породоразрушающим инструментом в 1,5 – 24 раза меньше базовых показателей.

5.4. Использование при отборе керна КНБК, включающей бурильную головку ИСМ АП 144,4/67 МС, обеспечило стабилизацию параметров ствола скважины в заданных коридорах допуска.

Председатель комиссии: В. И. Зубарев

Члены комиссии: А. И. Куринов

И. И. Кагарманов

Д. М. Мартынюк

Р. Е. Мрозек

«УТВЕРЖДАЮ»

Главный инженер Лениногорского
УБР ООО «Татнефть-Бурение»

_____ В.И.Момот
«17» _____ 2005 г.

ТЕХНИЧЕСКАЯ СПРАВКА

о том, что в Лениногорском УБР ООО «Татнефть-Бурение» в период с 6.10.2001г. по 01.06.2005г. при бурении скважин с отбором керна отработано 3 (три) бурильные головки с пониженной энергоемкостью разрушения горных пород ИСМ АП 144,4/67 МС.

Общая проходка на указанный породоразрушающий инструмент составила 96,2 м за 48,5 часа механического бурения.

Средние технико-экономические показатели работы одной бурильной головки с пониженной энергоемкостью разрушения горных пород ИСМ АП 144,4/67 МС следующие:

- проходка – 32,0 м;
- механическая скорость бурения – 1,98 м/ч;
- вынос керна – 27,4 м или 85,6 %;
- экономический эффект – 141846 (Сто сорок одна тысяча восемьсот сорок шесть) рублей.

Суммарный экономический эффект от использования экспериментальных бурильных головок ИСМ АП 144,4/67 МС на месторождениях, разбуриваемых Лениногорским УБР, составил:

Э = 141846 × 3 = 425538 (Четыреста двадцать пять тысяч пятьсот тридцать восемь) рублей.

Главный технолог Лениногорского УБР В.И. Зубарев

Начальник отдела технологии бурения с отбором керна ЗАО «НИИКБ бурового инструмента» Р.Е. Мрозек

Начальник планово-экономического отдела Лениногорского УБР В.В. Казаков

Додаток К

«УТВЕРЖДАЮ»

Генеральный директор
ЗАО «НИИКБ бурового инструмента»

_____ Я.В.Кунцяк
«02» 08 2004 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Главный инженер Лениногорского
УБР ООО «Татнефть-Бурение»

_____ В.И.Момот
«02» 08 2004 г.

Копію засвідчую
Начальник відділу
Франківського національного технічного
університету нафти і газу

А К Т

о результатах проведения промысловых испытаний опытных бурильных головок с пониженной энергоемкостью разрушения горных пород ИСМ АП 212,7/100 МС

Комиссия в составе:
председателя
- Зубарева В.И. – главного технолога Лениногорского УБР;

членов комиссии
- Куринова А.И. – начальника инженерного центра Лениногорского УБР;
- Кагарманова И. И. – начальника ПТО Лениногорского УБР;
- Мартынюка Д. М. – главного конструктора ЗАО «НИИКБ бурового инструмента»;
- Мрозека Р.Е. – начальника отдела технологии бурения с отбором керна ЗАО «НИИКБ бурового инструмента»

составила настоящий акт о том, что в Лениногорском УБР ООО «Татнефть-Бурение» в периоды с 15 по 30 августа 1997 года и с 20 июня по 16 июля 2001 года проводился отбор керна ∅ 100 мм в горизонтальном и наклонно-направленном участках стволов скважин, соответственно, № 1073г Чегодаевского месторождения и № 38275г Куакбашской площади с применением опытных бурильных головок с пониженной энергоемкостью разрушения горных пород ИСМ АП 212,7/100 МС.

1. ПРЕДМЕТ ИСПЫТАНИЙ

Опытные бурильные головки ИСМ АП 212,7/100 МС разработаны ЗАО «НИИКБ бурового инструмента» и предназначены для бурения с отбором керна в мягких с пропластками средней твердости малоабразивных породах. Их конструкция состоит из остова и восьми лопастей. Лопасти оснащены алмазно-твердосплавными пластинами диаметром 13,5 мм и клиновидными зубками диаметром 10 мм. С целью снижения энергоемкости разрушения горных пород профиль режущей части выполнен в виде двух форм: круглоступенчатой, которая формирует ствол скважины, и обратноконусной, формирующей керн. Также для достижения этого уменьшена длина калибрующей части бурголовки. С целью повышения износостойкости она оснащена дополнительными рядами твердосплавных вставок. Вооружением лопастей обеспечивается двойное

перекрытие забоя, что повышает устойчивость инструмента против ударных нагрузок и предупреждает преждевременный износ породоразрушающих элементов вследствие их перегрева. Дополнительные периферийные промывочные отверстия в корпусе способствуют сохранению целостности керна.

2. ЦЕЛЬ ИСПЫТАНИЙ

Целью испытаний являлось определение эффективности работы и разработка технологии бурения опытными бурильными головками с пониженной энергоемкостью разрушения горных пород ИСМ АП 212,7/100 МС, исследование их способности к проводке протяженных горизонтальных и наклонно-направленных участков скважин с одновременной стабилизацией зенитного угла.

3. МЕСТО И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ

3.1. Работы проводились на скважинах № 1073г Чегодаевского месторождения и № 38275г Куакбашской площади в интервалах турнейского, намюрского и башкирского горизонтов, представленных карбонатными породами различной прочности, нефтенасыщенности и плотности на глубинах по стволу, соответственно, 1361-1461 м и 939-1030 м.

3.2. Параметры стволов скважин в интервалах бурения с отбором керна находились в пределах:
- зенитный угол 71 – 91 градус;
- смещение от вертикали 710 – 1020 м.

3.3. КНБК при отборе керна:
- бурголовка ИСМ АП 212,7/100 МС (L = 0,3м);
- керноприемное устройство УКГ-172/100 (L = 6,1 и 4,8 м);
- винтовые забойные двигатели Д5-172 (L = 5,8 м) и ДГ-172 (L = 4,8 м);
- бурильная колонна.

3.4. Режим бурения находился в пределах:
- осевая нагрузка G = 30 – 60 кН;
- частота вращения n = 1,3 – 3,2 $с^{-1}$;
- давление на стояке P = 4,0 – 7,5 МПа;
- расход промывочной жидкости Q = 0,036 $м^3/с$.

3.5. Параметры промывочной жидкости:
- плотность γ = 1,10 – 1,16 $г/см^3$;
- условная вязкость T = 25 – 40 сек.;
- водоотдача B = 5 – 8 $см^3$ за 30 мин.

3.6. Базой для сравнения показателей работы опытных бурильных головок были приняты серийные породоразрушающие инструменты ИСМ АП 212,7/100 СТ (таблица 1), обладающие наилучшими результатами при отборе керна в аналогичных горно-геологических условиях. Однако, вследствие повышенной энергоемкости бурения использование их для проводки горизонтальных и наклонно-направленных стволов в компоновке с винтовыми забойными

двигателями невозможно из-за частых прекращений проходки, связанных с остановкой вращения при возрастании крутящего момента.

Остановки вращения инструмента и отрывы от забоя ведут к увеличению дробимости керна и уменьшению его выноса.

Кроме этого, технология проводки горизонтальных стволов предполагает частые и длительные процессы промывки скважины с расхаживанием инструмента, что приводит к опережающему износу серийного породоразрушающего инструмента по наружному диаметру.

Применение в качестве привода ротора, где это допускается параметрами ствола скважины, ведет к ухудшению показателей выноса керна.

3.7. В качестве параметров, определяющих эффективность конструкций бурильных головок, были приняты проходка, механическая скорость бурения и дробимость извлеченных образцов горных пород.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТ

4.1. На скважине №1073г Чегодаевского месторождения:

4.1.1. Всего со сплошным отбором керна пройдено 100,0 м при средней механической скорости бурения 1,9 м/ч.

4.1.2. Вынос керна составил 99 м или 99%. Произведен 21 рейс, причем в 20 из них вынос керна составил 100% .

4.1.3. Весь интервал пройден одной опытной бурильной головкой с пониженной энергоемкостью разрушения горных пород ИСМ АП 212,7/100 МС №32783.

4.1.4. В интервале отбора керна обеспечена стабилизация зенитного угла в заданном коридоре допуска. На интервале протяженностью 100 м падение угла составило 3^0.

4.1.5. Образцы горной породы извлечены с минимальной дробимостью – до 0 – 2 образцов на 1 м. В 4, 6 и 16 рейсах 5 м керна составляли единые экземпляры.

4.1.6. Результаты работ на скважине №1073г приведены в таблице № 2.

4.2. На скважине №38275г Куакбашской площади:

4.2.1. Всего со сплошным отбором керна пройдено 87,0 м при средней механической скорости бурения 1,42 м/ч.

4.2.2. Вынос керна составил 87 м или 100%. Произведено 25 рейсов, из них 8 – в первом интервале отбора керна, 12 – во втором и 5 – в третьем.

4.2.3. Весь объем бурения с отбором керна пройден двумя опытными бурильными головками с пониженной энергоемкостью разрушения горных пород ИСМ АП 212,7/100 МС №33491 и №33495. Из них 71 м проходки произведен бурголовкой ИСМ АП 212,7/100 МС №33491, а остальные 16 м – №33495. Породоразрушающий инструмент №33495 остался пригодным для дальнейшего использования.

4.2.4. Дробимость керна составила 1 – 2 образца на 1 м.

4.2.5. В интервалах отбора керна обеспечена стабилизация зенитного угла в заданном коридоре допуска. При проходке 91 м (с учетом интервалов бурения сплошным забоем) изменений значений угла не было отмечено и они находились в пределах 71 – 72^0.

4.2.6. Результаты работ по интервалах бурения на скважине №38275г приведены в таблице № 2.

4.3. В таблице 3 даны сравнительные показатели отработки опытных бурильных головок ИСМ АП 212,7/100 МС с лучшими базовыми показателями серийной бурголовки ИСМ АП 212,7/100 СТ. Из приведенных данных видно, что бурильные головки с пониженной энергоемкостью разрушения горных пород превосходят лучший серийный породоразрушающий инструмент по проходке на 42 и 100 % при равной или на 35 % большей механической скорости бурения. Дробимость извлеченного керна составляет от 0 до 2 экземпляров, что в 2,5 – 8 раз меньше базовых показателей.

5. ВЫВОДЫ

5.1. Опытные бурильные головки с пониженной энергоемкостью разрушения горных пород ИСМ АП 212,7/100 МС работоспособны и эффективны при отборе керна в горизонтальных и наклонно-направленных скважинах с использованием винтовых забойных двигателей.

5.2. Опытные бурильные головки с пониженной энергоемкостью разрушения горных пород превосходят лучшие серийные породоразрушающие инструменты по проходке на 42 – 100 % при равной или на 35 % большей механической скорости бурения. Дробимость извлеченного керна в 2,5 – 8 раз меньше базовых показателей.

5.3. В интервалах отбора керна опытными бурильными головками обеспечена стабилизация зенитного угла ствола скважины в заданных коридорах допуска.

5.4. Результаты испытаний бурильных головок ИСМ АП 212,7/100 МС подтверждают необходимость их серийного производства для условий бурения с отбором керна винтовыми забойными двигателями в горизонтальных и наклонно-направленных скважинах.

Председатель комиссии: В.И. Зубарев

Члены комиссии: А.И. Куринов

И.И. Кагарманов

Д.М. Мартынюк

Р.Е. Мрозек

диаметром 100 мм в наклонно-направленных и горизонтальных участках скважин по Лениногорскому УБР ООО «Татнефть-Бурение»

Таблица 1.

Дата	Шифр и номер бур-головки	Стратиграфический горизонт	Литологическая характеристика горных пород	Параметры ствола скважины		Керно-приемное устр-во, привод	Кол-во рейсов	Интервал бурения		Показатели углубления					Режим бурения				Параметры промывочной жидкости		
				Зенитный угол, град.	Смещение от верт. м			от	до	Проходка, м	Время мех. бур., ч	Ср. мех. скорость бур., м/ч	Вынос керна		G, кН	Q, $x10^{-3}$, $м^3$/ сек	n, $с^{-1}$	P, МПа	γ, $г/см^3$	T, сек	B, $см^3$ за 30 мин.
													м	%							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Скв. № 37937, Куакбашское месторождение, залежь № 201																					
23.03-26.03. 92г.	ИСМ АП 212,7/100СТ № 31284	намюрский	известняки	20	150	УКР-172/100, ротор	9	860,0	910,0	50,0	35,7	1,4	38,5	77,0	50-90	15-36	1	1,0-3,0	1,04	26	8
Скв. № 4747г, Ашалчинское месторождение																					
11.08. 95г.	ИСМ АП 212,7/100СТ № 31861	турнейский	известняки	75	880	УКГ-172/100, ДГ-172	1	1265,0	1265,9	0,9	1,0	0,9	0,9	100,0	30-70	32-36	2,5-3,2	4,0-9,0	1,18	28	8
18.08. 95г.	ИСМ АП 212,7/100СТ № 31861	турнейский	известняки	88	940	УКГ-172/100, ДГ-172	1	1334,0	1336,0	2,0	3,5	0,6	2,0	100,0	30-40	32-36	2,5-3,2	5,0-7,5	1,18	35-40	9
Скв. № 4746г, Ашалчинское месторождение																					
14.07. 96г.	ИСМ АП 212,7/100СТ № 31861 б/у	тульский	глины известняки	77	850	УКГ-172/100, ДГ-172	1	1250,4	1251,4	1,0	2,0	0,5	1,0	100,0	30-70	32-36	2,5-3,2	5,0-7,5	1,04	20	10
16.07. 96г.	ИСМ АП 212,7/100СТ № 31861 б/у	угленосный	глины	79	860	УКГ-172/100, ДГ-172	1	1262,0	1262,5	0,5	2,5	0,2	0,2	40,0	30-70	32-36	2,5-3,2	5,0-7,5	1,04	20	10

Главный технолог Лениногорского УБР В.И. Зубарев

Начальник отдела технологии бурения с отбором керна ЗАО «НИИКБ бурового инструмента» Р.Е. Мрозек

ОБЩИЙ ОТДЕЛ

отборе керна диаметром 100 мм в наклонно-направленных и горизонтальных участках скважин по Лениногорскому УБР ООО «Татнефть-Бурение»

Таблица 2.

Дата	Шифр и номер бур-головки	Стратиграфический горизонт	Литологическая характеристика горных пород	Параметры ствола скважины		Керно-приемное устр-во, привод	Кол-во рейсов	Интервал бурения		Показатели углубления					Режим бурения				Параметры промывочной жидкости		
				Зенитный угол, град.	Смещение от верт. м			от	до	Проходка, м	Время мех. бур., ч	Ср. мех. скорость бур., м/ч	Вынос керна		G, кН	Q, $x10^{-3}$, $м^3$/сек.	n, $с^{-1}$	P, МПа	γ, $г/см^3$	T, сек	B, $см^3$ за 30 мин.
													м	%							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Скв. № 1073г, Ашалчинское месторождение, Чагодаевская площадь																					
15-30. 08.97г.	ИСМ АП 212,7/100 МС №32783	турнейский	известняки	88-91	1020	УКГ-172/100, Д5-172	21	1361,0	1461,0	100,0	52,6	1,9	99,0	99,0	30-60	36	1,3-1,8	4,0-6,0	1,14-1,16	32-40	6-8
Скв. № 38275г, Куакбашское месторождение																					
20.06-30.06. 2001г.	ИСМ АП 212,7/100 МС №33491	башкирский	известняки	72	710	УКГ-172/100, ДГ-172	8	939,0	967,0	28,0	18,9	1,5	28,0	100,0	50-60	36	2,5-3,2	5,0-7,5	1,10-1,20	25-26	5-6
30.06-22.07. 2001г.	ИСМ АП 212,7/100 МС №33491	башкирский намюрский	известняки	72	737	УКГ-172/100, ДГ-172	11	968,0	1011,0	43,0	31,1	1,4	43,0	100,0	50-60	36	2,5-3,2	5,0-6,0	1,10-1,20	25-26	5-6
23-24. 07. 2001г.	ИСМ АП 212,7/100 МС №33495	намюрский	известняки	71	795	УКГ-172/100, ДГ-172	1	1011,0	1015,0	4,0	2,8	1,4	4,0	100,0	50-60	36	2,5-3,2	5,0-6,0	1,10	25	5
25.06-03.08. 2001г.	*ИСМ АП 212,7/100 МС №33495	намюрский	известняки	71	803	УКГ-172/100, ДГ-172	5	1018,0	1030,0	12,0	8,0	1,5	12,0	100,0	50-60	36	2,5-3,2	5,0-6,0	1,10	25	5

*Породоразрушающий инструмент остался пригодным для дальнейшего использования

Главный технолог Лениногорского УБР В.И. Зубарев

Начальник отдела технологии бурения с отбором керна ЗАО «НИИКБ бурового инструмента» Р.Е. Мрозек

Копію засвідчую
Начальник відділу Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу

СВОДНАЯ ВЕДОМОСТЬ

сравнительных данных о работе опытных бурильных головок с пониженной энергоемкостью разрушения горных пород ИСМ АП 212,7/100 МС и лучшей серийной ИСМ АП 212,7/100 СТ при отборе керна диаметром 100 мм в наклонно-направленных и горизонтальных участках скважин по Лениногорскому УБР ООО «Татнефть-Бурение»

Таблица 3.

№ скв., месторождение	Шифр и № бурголовки	Стратиграфический горизонт	Литологическая характеристика горных пород	Параметры ствола скважины		Кол-во рейсов	Интервал бурения		Показатели углубления						
				Зенитный угол, град.	Смещение от вертикали, м		от	до	Проходка		Средняя мех. скорость бурения		Вынос керна		Дробимость керна, шт./1м
									м	%	м/ч	%	м	%	
1073г, Ашалчинское	ИСМ АП 212,7/100 МС №32783	турнейский	известняки	88-91	1020	21	1361,0	1461,0	100,0	200	1,9	135,7	99,0	99,0	0 - 2
38275г, Куакбашское	ИСМ АП 212,7/100 МС №33491	башкирский намюрский	известняки	72	710-737	19	939,0	1010,0	71,0	142	1,42	101,4	71,0	100,0	1 - 2
37937, Куакбашское	ИСМ АП 212,7/100 СТ № 31284	намюрский	известняки	20	150	9	860,0	910,0	50,0	100	1,4	100	38,5	77,0	5 - 8

Главный технолог Лениногорского УБР В.И. Зубарев

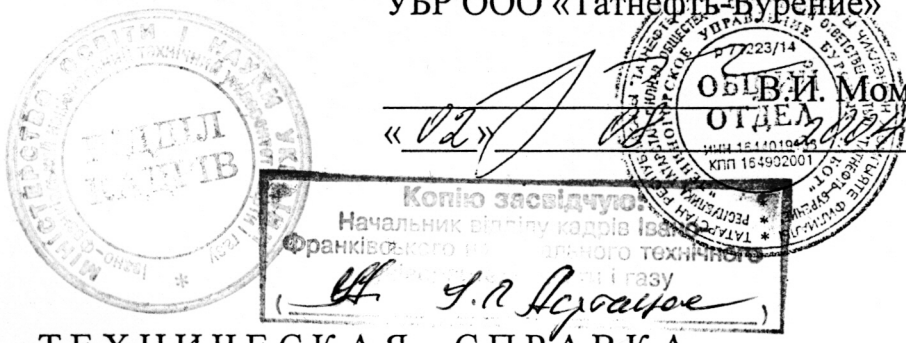
Начальник отдела технологии бурения с отбором керна ЗАО «НИИКБ бурового инструмента» Р.Е. Мрозек

Начальник відділу кадрів Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу

«УТВЕРЖДАЮ»

Главный инженер Лениногорского
УБР ООО «Татнефть-Бурение»

_____ В.И. Момот
«02» _____ 2004 г.



ТЕХНИЧЕСКАЯ СПРАВКА

о том, что в Лениногорском УБР ООО «Татнефть-Бурение» в период с 15.08.1997г. по 01.08.2004г. при бурении скважин с отбором керна отработано 15 (пятнадцать) бурильных головок с пониженной энергоемкостью разрушения горных пород ИСМ АП 212,7/100 МС.

Общая проходка на указанный породоразрушающий инструмент составила 1053,0 м за 619,5 часа механического бурения.

Средние технико-экономические показатели работы на одну бурголовку с пониженной энергоемкостью разрушения горных пород ИСМ АП 212,7/100 МС следующие:

- проходка – 70,2 м;
- механическая скорость бурения – 1,7 м/ч;
- вынос керна – 98, 3%;
- экономический эффект – 125425 (Сто двадцать пять тысяч четыреста двадцать пять) руб..

Суммарный экономический эффект от внедрения опытных породоразрушающих инструментов на месторождениях, разбуриваемых Лениногорском УБР, составил:

Э = 125425 × 15 = 1 881 375 (Один миллион восемьсот восемьдесят одна тысяча триста семьдесят пять) рублей.

Главный технолог Лениногорского УБР В.И. Зубарев

Начальник отдела технологии бурения с отбором керна
ЗАО «НИИКБ бурового инструмента» Р.Е. Мрозек

Начальник планово-экономического отдела
Лениногорского УБР В.В. Казаков