

Актуальні питання нафтогазової галузі

УДК 622.24.051

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ PDC-ДОЛІТ

¹О.Т.Драганчук, ²Т.О.Пригорювська¹УкрТрансгаз, м. Київ, вул. , тел. (044)
e-mail: drill@ifdtung.if.ua²ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422)
e-mail: spring@ifdtung.if.ua

Рассмотрены пути усовершенствования PCD-долот ведущими фирмами-производителями мира. Приведены отдельные новые конструкторские и технологические мероприятия, повышающие работоспособность долот. Обоснована необходимость учёта зарубежного опыта долотостроения отечественными производителями.

The ways of PDC-bits improvement by the leading firms of the world are considered. Some new design and technological measures to raise working ability of the bits are described. Necessity of due account of foreign experience by home bit producers is substantiated.

Сьогодні більшість родовищ, що перебувають в експлуатації, характеризуються значною вичерпаністю (до 80% і більше) запасів нафти і газу, що вимагає введення в експлуатацію нових родовищ. Зростання обсягів буріння, а також глибин буріння висуває нові вимоги до породоруйнівного інструменту, від якості і технічних характеристик якого залежить економіка бурових робіт. Створення ефективного породоруйнівного інструменту – один з розділів широкої комплексної проблеми, розв'язання якої забезпечить перехід на нові високопродуктивні та економічні системи розробки нафтових і газових родовищ. Порівняльна оцінка параметрів буріння з використанням доліт вітчизняної конструкції та доліт компанії Reed-Hycalog [1] свідчить про досить низьку стійкість вітчизняних доліт порівняно з зарубіжними аналогами. Статистика свідчить, що на буріння однієї глибокої свердловини (понад 4500 м) у середньому зараз витрачають: у США – 19 доліт, у Європі – 60 доліт, у країнах СНД (у тому числі і в Україні) – близько 300 доліт [2]. В останні роки через низьку об'єктивних причин економічного характеру і недостатню увагу вітчизняних виробників бурового інструменту до нових наукових розробок якість виготовлення і показники роботи вітчизняних доліт значно знизились порівняно з долотами провідних зарубіжних фірм. Перспективним та комерційно доцільним є застосування доліт, оснащених PCD-різцями, що яскраво демонструють результати відпрацюван-

ня таких доліт на переважно твердих породах – у Північному морі та на переважно м'яких – у північній Америці [3]. Такі долота виявилися конкурентоспроможними в традиційних областях застосування шарошkových доліт. Полікристалічні алмазні долота були вперше запропоновані фірмою General Electric у 1975 році. Їх створення й досі вважається одним з найвидатніших досягнень у технології буріння. Основними особливостями доліт такого типу є висока швидкість проходки та тривалий ресурс. Сьогодні над вдосконаленням PDC – доліт працюють науковці США, Канади, Великобританії, Франції, Росії, Китаю та інших країн. Потенційно такі долота можуть застосовуватися для буріння твердих та дуже твердих порід, але результати були отримані лише в лабораторних умовах; на практиці такого результату ми досягти ще не можемо. Полікристалічні алмазні долота (в англійській транскрипції *polycrystalline diamond compact – PCD*) типу ИСМ, які виготовляються в Україні, поступаються аналогічним долотам зарубіжного виробництва за такими показниками як проходка, механічна швидкість буріння, стійкість. Вітчизняний ринок їх збуту характеризується незначними разовими поставками окремим замовникам, конкуренцією між фірмами-виробниками і надходженням інструменту зарубіжних фірм. Тому особливої актуальності набувають питання розробки та виробництва алмазного інструменту з підвищеними експлуатаційними параметрами, що може конку-

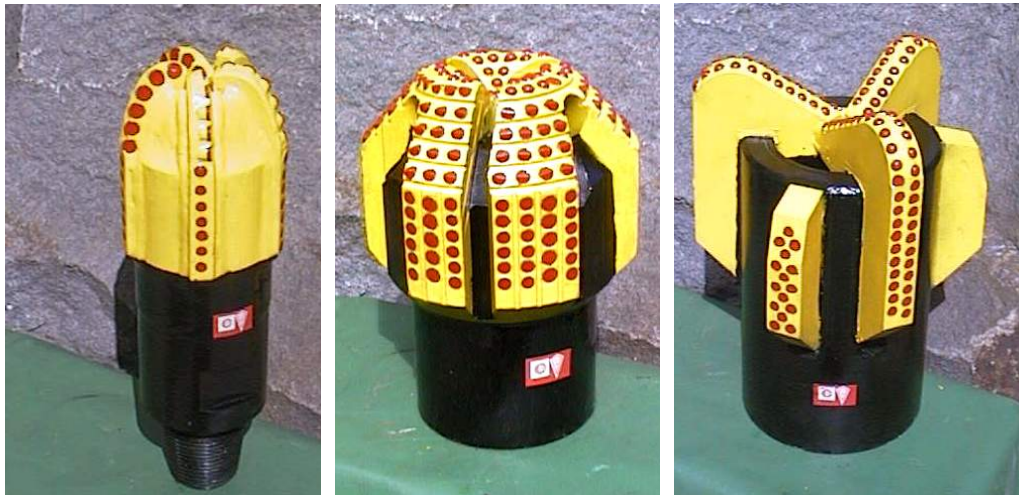


Рисунок 1

рувати з найкращими іноземними аналогами [4].

Аналіз науково-технічної літератури та іншої інформації, яка представлена на офіційних сайтах фірм-виробників породоруйнівного інструменту (Reed-Hycalog, Amoco, Huges Christensen, Schlumberger, Smith Inc Co та ін.) засвідчив, що спостерігається певне сповільнення в області удосконалення алмазного та оснащеного надтвердими композиційними матеріалами породоруйнівного інструменту. Це викликано тим, що прогрес відбувається лише за рахунок застосування нових композиційних матеріалів, покращання технології виготовлення доліт, а також конструкторських вдосконалень, які не можуть до кінця розкрити потенціал алмазного буріння.

Для того, щоб вийти на якісно новий рівень техніко-економічних показників буріння, необхідним є пошук принципово нових підходів до проектування доліт та моделювання їх роботи на вибої. Тому постає проблема не тільки щодо вдосконалення існуючих конструкцій чи розробки нових, а й щодо теоретичного обґрунтування роботи інструменту, його конструктивних параметрів, дослідженні роботи долота на вибої, формулювання нової концепції спрацювання та математичної моделі роботи долота.

Конструкції доліт постійно вдосконалюються, але поки що не вироблено єдиного підходу ні до оптимальної конструкції долота, ні до його просторової форми. Проте аналіз розвитку та сучасного стану в області конструювання алмазних доліт засвідчує, що на сучасному етапі їх конструкція є вже усталеною і визначається діаметром свердловини та породами, через які необхідно прокласти свердловину. Тут фірми, які розробляють долота, дотримуються традиційних для них просторових конфігурацій, вироблених у процесі створення алмазних чи ріжучих доліт. Оскільки долота таких типів мають безопорну конструкцію, їх масивний корпус дає можливість вільно змінювати просторову конфігурацію робочої поверхні долота, що має суттєве значення для проектування та вдосконалення інструменту.

В Україні визнаним лідером у виробництві алмазних доліт та алмазних різальних елементів є Інститут надтвердих матеріалів імені В.Бакуля. Деякі долота типу ИСМ зображені на рис. 1.

У результаті виконання значного комплексу науково-дослідних та конструкторсько-технологічних робіт в ІНМ були закладені основи проектування доліт такого типу. Було виготовлено перше радянське алмазне долото, розроблений надтвердий матеріал “славутич” – на основі славутича розроблені оригінальні конструкції доліт, які під час буріння глибоких свердловин замінюють не тільки шарошкові долота, але й долота, оснащені природними алмазами. Вітчизняні алмазні і оснащені надтвердими композиційними матеріалами долота виготовляються шести різновидів: ДР, ДК, ДЛ, ДВ, ДИ, ДУ (рис. 2). Сьогодні в ІНМ теж ведуться наукові розробки щодо вдосконалення конструкції алмазного породоруйнівного інструменту, дослідження процесу його взаємодії з породою, розробки моделей контактної взаємодії і т.д., що знайшло своє відображення в роботах [4], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14] та ін.

Принцип роботи такого долота полягає в такому: спочатку працює різець з АТП і забезпечує максимальну швидкість проходки в м'яких породах. Коли трапляються більш тверді пропластки, РСД зношується, і в контакт з породою вступає вставка з імпрегнованими алмазами. Долото починає працювати як алмазне, але швидкість проходки при цьому внаслідок збільшення площі фронтального контакту більша, ніж у звичайному алмазному долоті. Після розбурювання твердого інтервалу збільшення глибини різання в наступних м'якших породах дозволяє працювати різцям з АТП знову як основному оснащення. Сучасні алмазні долота зарубіжного виробництва виготовляються переважно з установленням додаткового оснащення поза різцями з АТП (алмазотвердосплавними пластинами), що зробило їх долотами з подвійним оснащенням, і тому вони були названі гібридними. У сучасних конструкціях таких доліт в критичних місцях за кожним різцем

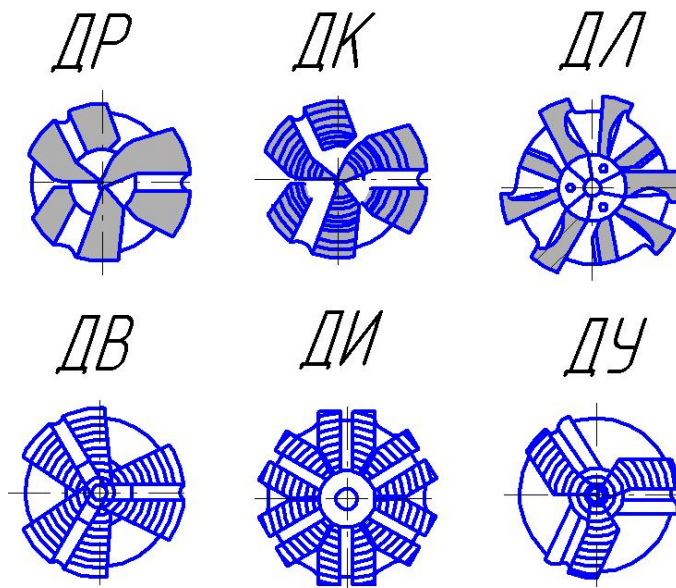


Рисунок 2

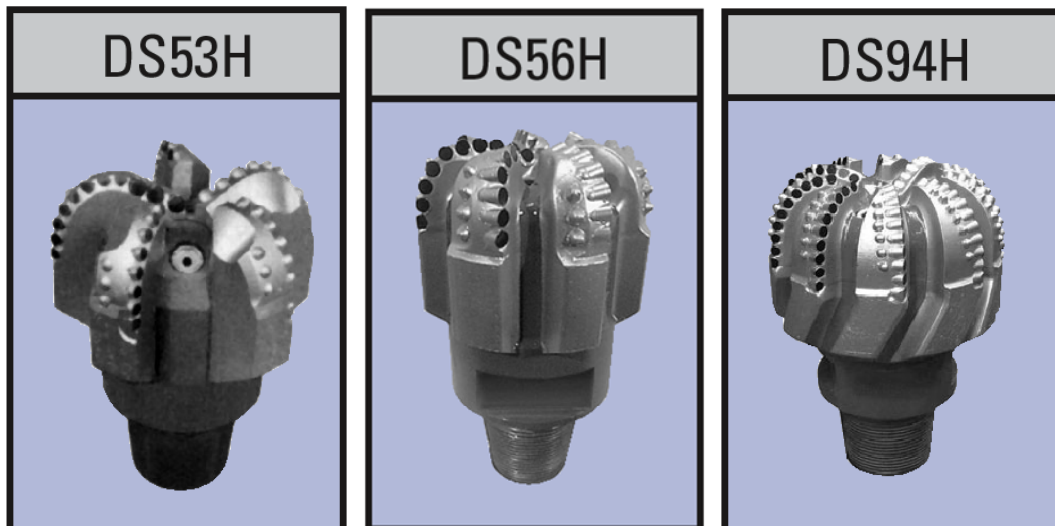


Рисунок 3

з АТП установлюється твердосплавний штир з імпрегованими алмазами. Зазор між двома видами різців забезпечує ефективну ізоляцію проти теплопередачі від одного виду озброєння до другого. Деякі конструкції гібридних доліт фірми Schlumberger зображені на рис. 3.

Типова конструкція різця з алмазотвердосплавною пластиною нагадує конструкцію різця для металообробки (рис. 4). Основним різальним елементом сучасного різця PCD є диск певного діаметра, який являє собою шар спечених внаслідок високої температури і високого тиску полікристалічних алмазів на підкладці з карбиду вольфраму. Диски припаюють до тримачів різної форми, які вмонтовані в корпус долота. Тонкий алмазний шар складається з багатьох дрібних кристалів, розміщених хаотично, що забезпечує високу ударну міцність та зносостійкість диска. Завдяки полікристалічній

структурі у разі спрацюванні дисків постійно відновлюються гострі грані алмазів, які ефективно зрізають породу. За рахунок цього підтримується висока механічна швидкість проходки протягом усього періоду роботи. Висока зносостійкість полікристалічних алмазів поряд з відсутністю рухомих елементів у конструкції долота сприяє тривалій роботі інструменту на вибої.

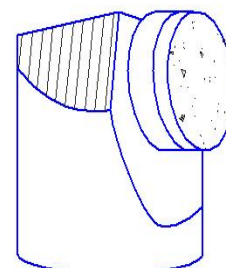


Рисунок 4



використовуються овальні пластини таких роз-

Рисунок 5

Було встановлено, що для різців, які виготовлені з твердосплавних матеріалів, на відміну від природних алмазів важливим додатковим фактором є їх геометрична конфігурація (передній і задній кути, величини і форми площин затуплення, розміри і форма ріжучого леза. Основним конструктивним параметром різця є кут установлення, тобто кут між алмазною поверхнею і перпендикуляром до оброблюваної поверхні породи. Цей кут вважається від'ємним, якщо робоча поверхня пластини нахилена вперед до напрямку руху різця, і додатним, якщо вона нахилена назад. В усіх породоруйнівних інструментах застосовують від'ємні кути встановлення.

Робота одиничного різця детально вивчалася у ВНДІБТ [14]. Вивчення роботи різної конфігурації дало змогу розташувати їх за рангом з точки зору показників ефективності процесу руйнування для різних гірських порід. Встановлено, що питома енергоємність процесу руйнування порід різцями різних конфігурацій зменшується зі збільшенням глибини різання. Різці можуть мати кут загострення менше 90° , тому можливі від'ємні кути установки.

Найбільш поширеною просторовою формою різця до недавнього часу була циліндрична. Найбільш широко для РДС доліт за кордоном застосовуються циліндричні різці (тип 2530-NS) та різці з циліндричною ніжкою і робочою поверхнею, яка орієнтована під кутом до осі (тип 2542) (рис. 3). Останні завдяки використанню видовженої опори мали кращу опору різального елемента, підвищену міцність та ерозійну стійкість під час кріплення шлямканом пайки на видовженій основі. Це було викликано намірами провести аналогію між процесом механічної обробки і процесом різання гірської породи. Практика показала недоцільність такого підходу.

Алмазотвердосплавні пластини виготовляють різних конфігурацій (рис. 5), проте найбільш поширеними є пластини круглої та овальної форми. Круглі пластини виготовляють діаметрами 8, 13 та 19 мм. Фірми Shlumberger додатково випускає пластини діаметрами 11 та 16 мм. В Україні ІНМ виготовляє пластини тільки діаметром 13,5 мм. Пластини овальної форми використовуються для буріння як м'яких, так і твердих порід, оскільки їхня площа на 40% більша, ніж аналогічних круглої форми, а також (за даними фірми BBL DOWNHOLE TOOLS LTD) вони забезпечують максимум навантаження в точці контакту породи і різця для збільшення глибини різання. Виготовляються і

мірів: 9×13, 13×19, 19×27.

Різці виготовляються різних діаметрів відповідно до діаметрів алмазних пластин. Спостерігається тенденція — різці менших діаметрів застосовуються для буріння порід більшої твердості. Так, різці діаметром 8 мм застосовуються для буріння твердих порід; найчастіше використовуються різці діаметром 13 мм, які призначені для буріння як порід середньої твердості, так і для абразивних порід. Різці діаметром 19 мм використовуються для буріння м'яких порід.

Щодо визначення висоти різців, то вважається, що для буріння м'яких порід треба застосовувати різці з більшою висотою, але при цьому треба забезпечити добре очищення вибою свердловини.

Сьогодні провідні фірми-виробники не можуть запропонувати оптимальної просторової конфігурації різця, тому пропонуються такі вдосконалені конструкції як прямокутна, циліндрична з фаскою, конічна, сфероподібна, конічна з різцю, ступінчаста піраміда, конус із заглибленням біля вершини і т.д.

При цьому дані варіанти є переважно суто теоретичними, оскільки їх практичні випробування не проводилися через труднощі технологічного характеру, що виникали в ході їх виготовлення. Також були наміри відмовитися від ідеї монолітної конструкції різця або представити долото як абразивний круг, при цьому зберігши той самий принцип роботи ті ту ж саму форму.

Ще у 90-х роках ХХ століття інженери фірми "Eastman Christensen" розробили ідею "мозаїки", створюючи більш за розмірами різці за рахунок розміщення трикутних термостійких різців у мозаїчну картину. Теоретично складні різці збільшують час, протягом якого різець контактує з породою, і розмір різця, що збільшує швидкість проходки і наближує дію цих різців до дії різців з полікристалічними алмазами. Випробування, проведені в Канаді, США, Індонезії, Північному морі та інших районах, підтвердили доцільність використання таких доліт, особливо в пісковиках, перешарованих сланцями, та під час бурінні абразивних пісковиків і алевролітів від м'яких до середніх з різною кількістю сланців.

Сьогодні для виготовлення оснащення застосовуються такі матеріали: природні алмази, штучні алмази, тверді сплави, термостійкі алмазно-твердосплавні пластини (TSP), РДС-різці та алмази, імпреговані в тверді сплави. Досить цікавими є наукові розробки фірми Shlumberger

(США). Для оснащення доліт тут застосовуються так звані TReX-різці. TReX-це твердий

сті розбурюваних порід: чим вища абразивність, тим більше треба різальних елементів.

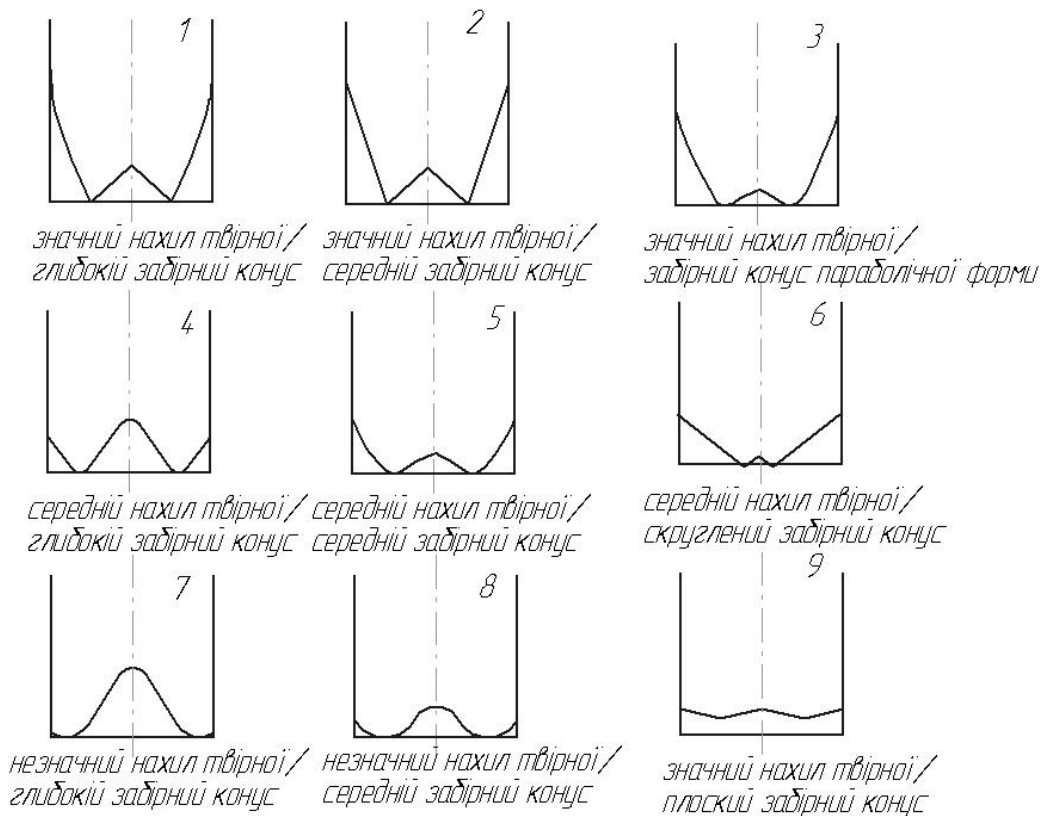


Рисунок 6

сплав з імпрегуюваними в нього алмазами, який був розроблений науковцями цієї фірми. На офіційному сайті фірми була розміщена інформація, що лабораторні дослідження, проведені Shlumberger, показали, що такі різці мають значно вищу зносостійкість, ніж стандартні PDC-різці (зносостійкість TReX-різців була до 400% більшою, ніж PDC-різці). Польові випробування, проведені фірмою Reed-Hycalog у 2001 році у Північному морі, засвідчили, що під час використання стандартного долота діаметром 12 1/4-дюйма проходка і механічна швидкість буріння становили коло 445 м та 6,7 м/год відповідно, тоді як із застосуванням долота того ж діаметра, оснащеного TReX-різцями, проходка і механічна швидкість становили близько 595 м та 12,7 м/год.

Перспективними в науковому плані є розробки Санкт-Петербурзького центрального науково-дослідного інституту матеріалів. Науковцями ЦНДІМ був розроблений матеріал "скелетон" і виготовлені дослідні зразки з нього. Матеріал показав себе таким, що має високі експлуатаційні властивості в поєднанні з технологічністю виготовлення. Даний матеріал може бути перспективним для конструювання породоруйнівних елементів. Ведуться його дослідження.

Важливим параметром є розмір різців та щільність їх розміщення. Щільність розміщення різальних елементів залежить від абразивно-

Чим більше різальних елементів використовується, тим довговічніше долото і більш прийнятне для буріння міцних порід. При цьому важливо вирішити питання про те, як вигідніше розміщувати різці, які обробляють сусідні канавки на вибої – по радіальній прямій чи по деякій кривій. У першому випадку вони працюватимуть паралельно, у другому – послідовно один за одним. Ефективність цих способів визначається лабораторними дослідженнями.

Для підвищення ефективності конструкцій інструменту важливе значення має його просторова конфігурація, а саме профіль його руйнівної частини. У даному випадку під терміном "профіль" мається на увазі поздовжній переріз поверхні різці/вибій, а не профіль руйнівної частини, оскільки профіль долота і поверхні різці/вибій не завжди є ідентичними. Було встановлено два параметри (зовнішній ухил твірної та внутрішня вгнутість (висота конусу забірної частини), які визначають профіль інструменту. Згідно з класифікацією IADC виготовляються долота з 9 профілями (рис. 6), кожен з яких застосовується для певних порід, і кут профілю варіюється в межах 5-20°. Але в результаті досліджень було встановлено, що застосування доліт з видовженим конусом було найбільш ефективним. У нас виготовляються долота з профілем, що утворює кут з вертикаллю в 15-20°.

Для виготовлення корпусу долота застосовують сталь (моноліт хромолібденової сталі після термообробки) або твердий сплав (карбід вольфраму). Але сталеві корпуси теж покривають шаром твердого сплаву для збільшення їх стійкості до ерозії та абразивного спрацювання під дією потоку бурового розчину та гірських порід. Фірмою Reed-Hycalog було доведено, що саме ці матеріали найбільш задовольняють тим вимогам, що висуваються до корпусів доліт. Вважається, що твердосплавні корпуси забезпечують високу ерозійну стійкість поверхні інструменту, що є важливим у його контакті з промивною рідиною. Той факт, що матриця виконується з карбідо-вольфраму, дає змогу долота, що є різними за формою, тим самим задовольняються вимоги залежно від породи, гідравліки, напрямленості буріння. Долота з твердосплавним корпусом мають лопаті меншого розміру і використовуються для буріння глибоких свердловин. Саме цей матеріал накладає обмеження на діаметральний розмір доліт: сьогодні немає устаткування (або воно занадто дороге) для спікання твердосплавних корпусів діаметром понад $17\frac{3}{4}$ " (450,8 мм). Сталь використовується в тих випадках, коли конструктор хоче максимально збільшити лопаті долота для досягнення максимальної величини проходки. Але збільшення лопатей обмежується механічними властивостями матеріалу (у разі зростанні розміру лопатей зменшується міцність усього інструменту). Сталеві корпуси виготовляються шляхом лиття або гарячого штампування, а відтак обробляються на високоточних агрегатних верстатах з постійним контролюванням процесу обробки. Поверхню корпусу обов'язково піддають гартуванню. Фірмою Smith International Inc. ведуться розробки щодо виготовлення корпусів доліт зі сталі з домішками нікелю та кобальту.

Підсумовуючи наведене вище, можна зробити висновки:

1. Аналізуючи зарубіжні матеріали щодо використання PDC-доліт та результатів їх відпрацювання можна зробити висновок, що застосування цих доліт дає змогу в 3-6 разів збільшити проходку на долото і механічну швидкість за менших витрат енергії на руйнування породи, оскільки порода руйнується шляхом різання.

2. При цьому існує багато нерозв'язаних проблем стосовно як конструкції інструменту, так і матеріалів, які доцільно застосовувати для його виготовлення, проте конструкція цього типу доліт забезпечує тривалий ресурс експлуатації і високі швидкості буріння за рахунок високої зносостійкості різальних елементів PDC-різців, відсутності підшипникової опори, що підвищує проходку інструменту і зменшує кількість спуско-піднімальних операцій. Незначний вплив динаміки роботи долота на вибій і бурильну колону (порівняно з шарошковими) та висока зносостійкість різців калібруючої поверхні виключають необхідність проробки і калібрування стовбура свердловини перед опусканням обсадної колони.

Література

1. Бойко П.Я., Бойко С.П., Драганчук О.Т., Кудрявцева Т.О., Панов О.В. Порівняльна оцінка відпрацювання доліт різних типів вітчизняного і зарубіжного виробництва (за даними БУ "УКРБУРГАЗ") // Науковий вісник ІФНТУНГ. – 2003. – №1(5). – С. 35-38.
2. Марик В.Б. Основи методики проектування доліт з новими промивальними вузлами // Нафтова і газова промисловість. – 2000. – №6. – С.10-12.
3. Dan Scott, Marc Skeem "Diamond enhanced shear-cutting elements improve PCD bits"-Oil and Gas Journal. October. 1. 2001
4. Новые породоразрушающие элементы для алмазного бурового инструмента / Н.А.Бондаренко, В.А.Мечник, А.Н.Жуковский, А.В.Панов, В.П.Трескин // Матеріали 6-ї Міжнародної конференції "Породоруйнівний та металообробний інструмент – техніка і технологія його виготовлення та застосування". – Судак, 2003. – С.35-40.
5. ГОСТ 26474-85. Долота и головки бурильные алмазные и оснащенные сверхтвёрдыми композиционными материалами. Типы и основные размеры.
6. Опольский В.И. Пути интенсификации процесса разрушения горных пород буровым инструментом из синтетических алмазов // Сверхтвёрдые материалы. – 1996. – №1. – С.44-48.
7. Складаров Э.Д. Расчёт схемы размещения породоразрушающих элементов из СТМ на рабочей поверхности бурового инструмента // Сверхтвёрдые материалы. – 1986. – №3. – С.33-37.
8. Спиринов В.И. Исследование и применение методов термической обработки для повышения износостойкости алмазного породоразрушающего инструмента // Сверхтвёрдые материалы. – 2002. – №3. – С.72-78.
9. Лившиц В.Н., Бугаев А.А., Голод Н.Ф., Кацай М.Я., Подзярей Г.А., Титова Т.П. Работоспособность новых высокопрочных термостойких алмазов в буровом инструменте // Сверхтвёрдые материалы. – 1987. – №1. – С.29-31.
10. Трескин В.П. Анализ результатов применения долот микрорежущего типа различных конструкций // Сверхтвёрдые материалы. – 1984. – №5. – С. 59-60.
11. Красник В.Г., Свешников И.А. Модель контактного взаимодействия многолезцового породоразрушающего инструмента с горной породой // Сверхтвёрдые материалы. – 1996. – №3. – С.61-67
12. Вовчановский И.Ф. Породоразрушающий инструмент на основе славутича для бурения глубоких скважин. – К.: Наукова думка, 1979. – 207 с.
13. Ейгелес Р.М. Разрушение горных пород при бурении. – М.: Недра, 1973. – 235 с.
14. О.Т. Драганчук Усовершенствование долот типу STRATAPAK на основе математического моделирования их взаимодействия с по-

родой: Автореф. дис. к.т.н., спец. 05.05.12. – Москва, ВНИИБТ, 1991.

15. Бурачек Н.А. Некоторые вопросы выбора рациональной формы алмазного долота малого диаметра. – Тр. Центр. н.-и. геол.-развед. ин-та. – 1974. – Вып.13. – С.42-48.

16. Бочковский А.М. Расчёт профиля торцевой части инструментов вращательного действия // Сверхтвёрдые материалы. – 1983. – №1. – С.35-38.

17. Опольский В.И. Пути интенсификации процесса разрушения горных пород буровым инструментом из синтетических алмазов // Сверхтвёрдые материалы. – 1996. – №1. – С.44-48.

18. Складаров Э.Д. Расчёт схемы размещения породоразрушающих элементов из СТМ на рабочей поверхности бурового инструмента // Сверхтвёрдые материалы. – 1986. – №3. – С.33-37.

19. Спиринов В.И. Исследование и применение методов термической обработки для повышения износостойкости алмазного породоразрушающего инструмента // Сверхтвёрдые материалы. – 2002. – №3. – С.72-78.

Всеукраїнська науково-методична конференція

ПРОБЛЕМА ТА ЗМІСТ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЇ ОСВІТИ СУЧАСНОГО ІНЖЕНЕРА

*м. Харків
(20-22 жовтня 2004 р.)*

Оргкомітет конференції

*61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21,
НТУ "ХПИ"*

Зав. каф. загальної та експериментальної фізики

Мамалуй А.О.

Тел: (0572) 40-03-47

E-mail: mamalui @ kpi.kharkov.ua

Зав. каф. загальної та неорганічної хімії

Булавін В.І.

Тел: (0572) 40-04-92, 40-08-20

E-mail: bulavin @ kpi.kharkov.ua

20.Лившиц В.Н., Бугаев А.А., Голод Н.Ф., Кацай М.Я., Подзярей Г.А., Титова Т.П. Работоспособность новых высокопрочных термостойких алмазов в буровом инструменте // Сверхтвёрдые материалы. – 1987. – №1. – С.29-31.

21.Drill bit compact with boron or beryllium for fracture resistance.: Пат.6098731 США, МКИ6 E21 B10/46 / Chow J.; Baker Huges Inc. Заявл.4.03.1998. Опубл. 8.08.2000.

22.G.H.Medley, J.H.Cohen, W.C.Maurer, W.J.McDonald, G.T.Pittard Development and Testing of Advanced Drilling Products.

23.Li Xiaohong, Hood Michael, Xian Xuefu Wear and damage to PDC bits. SPE 26294, 1993

24.K.Bybee Low-Friction Coating Reduces PDC Bit Balling. SPE 74514, 2002

25.S.Menand, H.Sellami, C.Simon, A.Besson, N.Da Silva How the Bit Profile and Gages Affect the Well Trajectory. SPE 74459, 2002.

26.SPE/IADS 16142, The 1987 IADS Fixed Cutter Bit Classification System, by W/J/Winters, Amoco Production Co/, and H.H.Doiron, Reed Tool Co/