

10. Curry, G.L. & Feldman, R.M. (2012). *Manufacturing systems. Modeling and analysis*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
11. Hossain, M.E. (2016). *Fundamentals of drilling engineering*. Wiley & Sons, Incorporated, John.
12. Vyrvynskyi, P.P., Kuzin, Yu.L., & Khomenko V.L. (2010). *Heolohorozvidualna sprava i tekhnika bezpeky [Geological prospecting business and safety engineering]*. Dnipropetrovsk: Derzh. vyshch. navch. zakl. «Nats. hirn. un-t» [in Ukrainian].
13. Sharma, K.K., & Sharma L.K. (2016). *A textbook of physical chemistry*. Vikas Publishing.
14. Davydenko, A.N., Ihnatov A.A., & Polyshchuk, P.P. (2016). *Transportirovka produktov razrusheniia pri burenii skvazhin [Transporting of rock destruction at well drilling]*. Dnipropetrovsk: Derzh. vyshch. navch. zakl. «Nats. hirn. un-t» [in Russian].
15. Davydenko, A.N., & Ihnatov, A.A. (2012). *Priamaia i obratnaia shemy ochistki pri burenii skvazhin [Direct and reverse cleaning schemes at well drilling]*. Dnipropetrovsk: Derzh. vyshch. navch. zakl. «Nats. hirn. un-t» [in Russian].
16. Gukasov, N.A., & Kochiev, A.M. (1991). *Gidravlika v razvedochnom burenii [A hydraulics in the prospecting drilling]*. – Moscow: Nedra [in Russian].

УДК 622.24.051

DOI: 10.33839/2708-731X-24-1-134-138

В.В. Квач, інженер

*Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України, вул. Автозаводська 2,
04047, М. Київ, e-mail: apz146@gmail.com*

ЕТАПИ РОЗВИТКУ КОНСТРУКЦІЙ ДОЛІТ ІНМ ДЛЯ БУРІННЯ СВЕРДЛОВИН НА НАФТУ І ГАЗ

Представлені етапи розробки і промислові випробування бурових доліт, армованих надтвердим композиційним алмазозносним матеріалом (НКАМ) «Славутич». Розроблено бурове шаришкове долото з твердосплавними опорами ковзання і варіанти доліт з герметизованою опорою. Проведено буріння на свердловині. Розроблено долото ІНМ-188 МС, з цільнофрезерованим корпусом, і прийшла раціпропозиція зі зміненою схемою розташування породоруйнівних вставок з НКАМ. Були побудовані і проаналізовані дві схеми розташування вставок по відношенню до коефіцієнта перекриття для м'яких і середніх порід. Порівнювалися схеми по відношенню до лінії різання вставок з НКАМ за сумою алмазовмісту їх в частині ΣL_a до довжини до всієї лінії різання ΣL_r . Кількість займаної площі породоруйнівних вставок до повної ріжучої площі корпусу для доліт ІНМ становила $K_o=0,1\div 0,68$. Проведено випробування колонковими долотами ІНМ-132/52с для буріння Кольської свердловини СГ-3 по твердих породах. При бурінні твердих порід розроблено долото ІСМ-214,3т з максимальним оснащенням вставками НКАМ, яке знайшло застосування в кущовому бурінні в Тюменському регіоні. В ІНМ АН України були розроблені бурголовки, зарізні долота, фрезери, розширювачі. Для буріння твердих порід і підвищення ефективності розроблені долота з АТП і з АТП з CVD-алмазом (SU-CVD алмаз), що відзначаються більш високою твердістю.

Ключові слова: *долото, колонкове долото, алмазозносний матеріал НКАМ, типи доліт, зарізне долото, фрезер, розширювач, АТП, CVD-алмаз, SU-CVD алмаз, SV-CVD алмаз.*

В СРСР випускалися два типи алмазних доліт: $\varnothing 188$ мм та $\varnothing 212$ мм. Проводилось патентне опрацювання по алмазним і шарошечним долотам США та інших країн, включаючи

технології виготовлення алмазних твердосплавних виробів. Було проведено ознайомлення з роботою доліт фірм «Christensen» та «DiamantBoart» 1962-1963 рр., армованих алмазно-твердосплавними вставками (АТП). В журналі «OIL & GAS» в кінці 60-х років була опублікована інформація про конструкцію твердосплавних опор ковзання для шарошкового долота. В Інституті надтвердих матеріалів НАН України ім. В.М. Бакуля (ІНМ) було запропоноване креслення шарошкового долота $\varnothing 245\text{мм}$ і поставлене завдання розробити елементи опори ковзання на цапфі з кільцями з твердого сплаву. Конструкція була виконана і твердосплавні елементи опори ковзання були виготовлені для комплектації долота. Шарошкове долото було зібрано на Дрогобицькому долотному заводі. Випробування долота проводилося на свердловині №555 Посечанської УБР по породам середньої міцності. Долото пробурило 47 метрів і вийшло з ладу. В подальшому було розроблено ще шість конструкцій бурових доліт з варіантами опор ковзання, елементами герметизації опор і конструкцією лубрикатора. У 1967 році розроблено шестилопастне долото ІНМ-188МС з цільнофрезерованим корпусом, армоване вставками з надтвердого композиційного алмазовмісного матеріалу (НКАМ) з плоскими торцями породоруйнівної поверхні і з клиновими вставками в центрі долота. Для зниження гідроабразивного зносу поверхні лопастей на виході з отворів промивної рідини виконувалася наплавка релітом. При розробці бурового інструменту враховувалися фізико-механічні властивості гірських порід Дніпровсько-Донецької западини. Промислові випробування доліт ІНМ-188МС проводилися на бурових підприємствах України. У Шебелінському УБР на Єфремівській площі долотом було пробурено понад 1000 метрів. До кінця 1967 року в ІНМ було розроблено близько десяти типорозмірів доліт і бурголовок діаметрами від 160мм і до 267 мм. Долото ІНМ-188МС2 [1] було армовано вставками НКАМ з клинковою породоруйнівною частиною і мало промивні канали з гідромоніторними насадками, на відміну від долота ІНМ-188С5, армованого вставками зі сферичною алмазною частиною, а в промивних каналах були встановлені дифузорні насадки. З Держплану УРСР надійшла рацпропозиція з новою схемою розміщення вставок на корпусі долота ІНМ-188МС. Робота для порівняння схем армування доліт була виконана. В системі X-Y по ординаті була розташована лінія паралельна осі X з показником типу долота для м'яких і середніх порід. При ознайомленні з рацпропозицією нова схема передбачала збільшення розмірів між вставками, було побудовано два графіка схем розташування вставок, встановлених за координатами на поздовжніх контурах лопастей для кожного долота. У кожній лінії різання сума хорд, отриманих від складання діамантової породоруйнівної частини ΣL_a на довжині різання ΣL_r на її радіусі, дає графік коефіцієнта оснащення $K_o = \Sigma L_a / \Sigma L_r$ алмазної поверхні. Породоруйнівна поверхня корпусів доліт заповнювалася алмазовмісними вставками $\varnothing 5\div 14\text{мм}$ з $K_o = 0,1\div 0,67$ від площі поверхні. У 1973-1976 р.р. були розроблені колонкові долота ІНМ-132/60 і ІНМ-132 / 52С (2) з конструкцією розширювача РВА-217 для буріння методом без підйому труб на Кольській свердловині СГ-3 з проектною глибиною 15000 метрів. Під час буріння колонковим долотом ІНМ-132/52С по габро-діабазу з твердістю за штампом 300-450 кг/мм² і абразивністю 30 од. за шкалою професора Барона були отримані позитивні результати по виносу керна і механічній швидкості буріння. Породоруйнівні вставки були виготовлені з алмазовмісного матеріалу НКАМ з підвищеною концентрацією та вольфрамокобальтовою зв'язкою, що забезпечувала високе утримання алмазів [2]. Відповідно до договору з Кольською ДРЕ, було проведено дослідне буріння колонковими долотами ІНМ-132/52С з калібратором $\varnothing 212\text{мм}$ на електробурі в свердловинах СКТБ та ХЕМЗ в 1977 році. Було проведено дослідне буріння по

дрібнозернистому граніту Забайкальського родовища долотами ІНМ-188/МС4 і ІНМ-188/МС5, виконаними з найбільшим армуванням породоруйнівними вставками, і результат показав найбільшу механічну швидкість буріння в порівнянні з долотами з меншою оснащеністю. При виборі параметрів конструкції проектного долота ІНМ-214,3Т [3] для буріння твердих гірських порід фактор максимального армування вставками НКММ був виконаний.

В ІНМ був розроблений цілий типаж бурових інструментів $\varnothing 92-455$ мм, і при використанні алмазного буріння в СРСР на ці долота припадала більша частина його обсягу. У перелік бурового інструменту увійшли бурголовки, алмазні зарізні долота [4], стабілізатори, розширювачі, фрезери [5]. Для ліквідації аварії на свердловині "ЗБІЙ-1" на глибині 4243 метри в ЧССР використовували зарізне долото ІНМ-212А-МС, з долотом ІСМ-212с. Буріння здійснювалося за твердими гірських порід із зливним кварцом радянським турбобуром і з інклінометром ІК1, який виявився кращим, ніж «*SingleShot*» американської фірми. Ефективними були конструкції фрезерів ІНМ для буріння та ремонту з розконсервації видобувних свердловин, забурювання в нафтогазопроводи, ліквідації аварій з розбурювання металу та ін. Спільно з підприємством «Океанмаш» були виконані роботи і розроблений фрезер для умов ліквідації аварії на четвертому блоці Чорнобильської АС [6]. Для розробки технічного завдання (ТЗ) для конструкції долота необхідні: його діаметр, для приєднання трубопроводів різьблення, конструктивні елементи корпусу, вставки з матеріалу НКММ, його марка, коефіцієнт оснащення K_0 для типу долота, система промивання і елементи необхідні для умов буріння. Для розрахунку координат схеми розташування вставок по САПР-АЛМАЗ необхідний ескіз торцевої поверхні корпусу, на якому від його поздовжньої осі проти годинникової стрілки вказують координати розташування вставки: кут від поздовжньої осі і відстань від центру долота. Для буріння твердих гірських порід і надглибоких свердловин розроблена конструкція долота ІНМ-214,3Т. В умовах буріння Комінефті і Полтаванафтогазгеологія таке долото показало ефективне буріння завдяки високому ступеню оснащення вставками з НКММ, розташованих на криволінійній породоруйнівній поверхні корпусу з шістьма промивними пазами. У Тюменському регіоні це долото знайшло широке застосування в кушовому способі буріння свердловин, завдяки його орієнтуванню в свердловині по куту місця і по куту мети. Важливим фактором для ефективного буріння є виконання стабілізації долота від дії коливальних навантажень з боку става бурильних труб, що створюють поздовжні, поперечні та крутильні коливання. Від дії осьового навантаження, як і від впровадження різця в поверхню вибою, змінюються напрямки буріння. Елементи конструкції долота, його схема розташування різців, довжина калібрувальної лопасти, наявність стабілізуючої муфти на різбовій частини долота та центратора в ставі бурильних труб підвищують показники буріння. Це особливо стосується доліт ріжучого типу, армованих різцями АТП або АТП з алмазом (SV-CVD-алмаз), які відзначаються високою твердістю. Досвід розробки ІНМ НАН України по НКММ необхідний для створення нових інструментів для буріння, різання і стирання різцями з АТП і з АТП з CVD-алмазом (SU-CVD алмаз). Розширення типів і призначення породоруйнівного інструменту дозволить поліпшити основні показники буріння свердловин.

Висновки

Досвід ІНМ НАН України по розробленню конструкцій бурових доліт, від проектування до буріння в свердловині, наразі використовується під час створення нових конструкцій бурового інструменту з АТП і з АТП з CVD-алмазом (SU-CVD алмаз), які мають

високу зносостійкість, що дозволить в подальшому при використанні таких типів доліт поліпшити показники буріння свердловин.

V.V. Kvach

V.Bakul Institute for Superhard materials NAS UKRAINE

STAGES OF DEVELOPMENT OF IMS BITS CONSTRUCTION FOR DRILLING OIL AND GAS WELLS

The stages of development and industrial testing of drill bits reinforced with superhard composite diamond-bearing material (SCDM) «Slavutich» are presented. A rotary drilling bit with hard-alloy sliding bearings and options for bits with a sealed bearing have been developed. Drilling at the well has been done. A chisel ISM-188 MS with an all-milled body was developed and a rationalization proposal with a changed layout of rock-cutting inserts was received from SCDM. Two insertion layouts were constructed and analyzed in relation to the overlap ratio for soft and medium rocks. The schemes were compared with respect to the relation in the cutting line of inserts from SCDM according to the sum of their diamond content in the part ΣL_a to the length to the entire cutting line ΣL_r . The number of occupied area of rock cutting inserts to the total cutting area of the body for ISM bits was $K_o=0.1 \div 0.68$. Tests were carried out with ISM-132/52s core bits for drilling the Kola well SG-3 in hard rocks. When drilling hard rocks, a bit ISM-214.3t with maximum equipment with SCDM inserts was developed, which was used in cluster drilling in the Tyumen region. The ISM has developed drilling heads, cutting bits, milling cutters, and reamers. For drilling hard formations and increasing efficiency, bits with PDC and PDC with CVD diamond (SU-CVD diamond) have been developed, which have a higher hardness.

Key words: *drill bit, core bit, SCDM diamond-bearing material, types of bits, cut-off bit, milling cutter, reamer, PDC, CVD diamond, SU-CVD diamond, SV-CVD diamond.*

В.В. Квач, инженер

Институт сверхтвердых материалов им. В.М. Бакуля НАН Украины

ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ КОНСТРУКЦИЙ ДОЛОТ ИСМ ДЛЯ БУРЕНИЯ СКВАЖИН НА НЕФТЬ И ГАЗ

Представлены этапы разработки и промышленные испытания буровых долот, армированных сверхтвердым композиционным алмазосодержащим материалом (СКАМ) "Славутич". Разработано буровое шарошечное долото с твёрдосплавными опорами скольжения и варианты долот с герметизированной опорой. Проведено бурение на скважине. Разработано долото ИСМ-188 МС, с цельнофрезерованным корпусом, и пришло предложение с измененной схемой расположения породоразрушающих вставок из СКАМ. Были построены и проанализированы две схемы расположения вставок по отношению к коэффициенту перекрытия для мягких и средних пород. Сравнивались схемы по отношению в линии резания вставок из СКАМ по сумме алмазосодержания их в части ΣL_a к длине ко всей линии резания ΣL_r . Количество занимаемой площади породоразрушающих вставок к полной режущей площади корпуса для долот ИСМ составляло $K_o=0,1 \div 0,68$. Проведены испытания колонковыми долотами ИСМ-132/52с для бурения Кольской скважины СГ-3 по твердым породам. При бурении твердых пород разработано долото ИСМ-214,3т с максимальным оснащением вставками СКАМ, которое нашло применение в кустовом бурении в Тюменском регионе. В ИСМ разработаны буроголовки, резные долота, фрезеры, расширители. Для бурения твердых пород и повышения эффективности разработаны долота с АТП и с АТП с CVD-алмазом (SU-CVD алмаз), обладающие более высокой твердостью.

Ключевые слова: *долото, колонковое долото, алмазосодержащий материал СКАМ, типы долот, резное долото, фрезер, расширитель, АТП, CVD-алмаз, SU-CVD алмаз, SV-CVD алмаз.*

Література

1. А.с. СССР № 466315, МПК E21B 9/02. Буровое долото режуще-стирающего типа /И.Ф.Вовчановский, В.В.Квач, Г.И.Матвеев и др. – Заявл. 26.01.73; Опубл. 05.04.75, Бюл.№13.
2. Г.С.Баршай, М.Я.Гельфгат, И.Ф.Вовчановский, В.В.Квач и др. Вставной инструмент, оснащенный Славутичем, для бурения сверхглубоких скважин / Синтетические алмазы. –1977,№4.–С.59-62.
3. Технические условия ТУ 88 УССР ИСМ 964-84. Долото буровое микрорежущего типа, оснащенное сверхтвердым композиционным материалом. – Киев: ИСМ АН УССР, 1983.
4. А.с. СССР №386118, МПКЕ21В 7/08. Буровое долото/ Я.М.Струс, Р.Д.Тычинский, И.Ф.Вовчановский, В.В.Квач и др. – Заявл. 27.12.71;Опубл. 14.06.73, Бюл. №26.
5. А.с. СССР №1803523, МПК E21B29/00. Буровой фрезер и способ его изготовления / В.В.Квач, А.В.Бляхер, В.Ф.Кошовский и др. – Заявл. 09.01.91; Опубл. 23.03.93, Бюл. № 11.
6. В.В.Квач. О стабилизации бурового инструмента при бурении глубоких скважин // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения /Тезисы докладов 5 Международной конференции. – Киев: ИСМ им. В.Н.Бакуля НАН Украины, 2002. – С. 152–154.

Надійшла 18.05.21

References

1. Vovchanovskii I.F., Kvach V.V., Matveev G.I., et al. (1975). Patent of USSR 466315 [in Russian].
2. Barshai, G.S., Gelfgat, M.Y., Vovchanovskii, I.F., Kvach, V.V., et al. (1977). Vstavnoi instrument, osnashhenyi Slavutichem, dlia bureniia sverkhhlubokikh skvazhin [Plug-in tool equipped with Slavutich for drilling ultra-deep wells]. *Sinteticheskie almazы* – Synthetic diamonds, 2, 59–62 [in Russian].
3. Doloto burovoe mikrorezhushchego tipa, osnashchennoe sverkhtverdym kompozitsionnym materialom [Micro-cutting drill bit equipped with superhard composite material]. (1984). *TU 88 Ukrainian SSR ISM 964-84*. K.: ISM NAN Ukrainy [in Russian].
4. Strus, Y.M., Tychinsky, R.D., Vovchanovskii, I.F., Kvach, V.V., et al. (1973). Patent of USSR 386118 [in Russian].
5. Kvach, V.V., Blyakher, A.V., Koshovskii, V.F., et al. (1993). Patent of USSR1803523 [in Russian].
6. Kvach, V.V. (2002). O stabilizatsii burovoho instrumenta pri burenii hlubokikh skvazhin [Stages of development of im bits construction for drilling oil and gas wells]. Proceedings from Rock Destruction and Metal-Working Tools – Techniques and Technology of the Tool Production and Applications'02: *V Mezhdunarodnaia konferentsiia – 5nd International Scientific Conference*. (pp. 152–154) [in Russian].