

**Я. В. Кунцяк**, д-р техн. наук<sup>1</sup>; **М. Є. Чернова**, д-р техн. наук<sup>2</sup>;  
**В. Д. Новіков**, канд. техн. наук<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ПАТ НДІКБ бурового інструменту, пр. Паладіна, 44, 03680, м. Київ, Україна,  
e-mail: 5361013@ukr.net

<sup>2</sup>Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, вул. Карпатська, 15,  
76018 м. Івано-Франківськ, Україна, e-mail: miracherri1@gmail.com

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ БУРІННЯ ПОХИЛО-СПРЯМОВАНИХ СВЕРДЛОВИН ЗА РАХУНОК РОЗРОБКИ І ЗАСТОСУВАННЯ ГЕНЕРАТОРІВ ГІДРОКОЛИВАНЬ

*З об'єктивних причин в Україні збільшуються середні глибини буріння та, одночасно, в загальному обсязі буріння зростає відсоток похило-скерованих свердловин.*

*Поєднання цих чинників спричинює виникнення низки нових проблем. Особливо це стосується доведення осьового навантаження у вибій глибоких похило-скерованих та горизонтальних ділянок свердловин.*

*З метою усунення вказаних недоліків пропонується застосування спеціальних пристроїв, розроблених на основі генераторів гідроколивань. Для спрощення можливості використання ці генератори вмонтовані і поєднані безпосередньо в конструкціях зовні стандартних лопастевих калібраторів і центраторів. Пристрої за розробленою розрахунковою схемою розміщуються в КНБК і бурильній колоні.*

*На відміну від відомих механічних пристроїв, запропоновані відрізняються високим значенням ККД, довговічністю роботи та можливістю задавати необхідні частоти і амплітуди коливань.*

*Промислові дослідження і застосування нових пристроїв і схеми їх розташування в КНБК довели їх ефективність та зростання механічної швидкості буріння в середньому на 20–35%.*

**Ключові слова:** глибока свердловина, тертя, гідроколивання, швидкість буріння.

Через виснаження покладів вуглеводнів більшості родовищ України останніми роками неухильно зростають глибини буріння свердловин.

Так, наприклад, найбільш великі й перспективні поклади газу та конденсату залягають на глибині понад 5,5–6 тисяч метрів в турнейському ярусі ДДЗ [1, 2]. Це отримало підтвердження під час розбурювання глибокими свердловинами Мачухського та Семиренківського родовищ підприємствами «ДТЕК». Добові дебіти з таких свердловин сягають 1,0–1,5 млн м<sup>3</sup> газу.

Водночас через щільність населених пунктів, рельєфи та різні об'єкти інфраструктури в Україні існує велика проблема з відведенням землі під бурові площадки. Через це переважна кількість глибоких свердловин проєктуються похило-скерованими (ПС) або з горизонтальним закінченням (ГС), що одночасно суттєво підвищує їх продуктивність під час експлуатації.

Однак проблеми, що виникають внаслідок одночасного поєднання впливу особливостей глибокого буріння і особливостей похило-скерованого буріння на ефективність буріння свердловин, були розглянуті недостатньо. Це, здебільшого, стосується ефективності доведення осьового навантаження на вибій на великих глибинах в похило-скерованих ділянках свердловин. Такі обставини призводять до підвищеної аварійності бурильних колон, а також до обмеження і зменшення швидкості буріння.

У дослідженнях [3, 4] доведено, що 68÷76 % підведеної енергії витрачається на тертя між поверхнями та пружну деформацію породи. Разом з тим недостатньо вивчені і потребують розроблення теоретичні засади та експериментальні дослідження способів зменшення сил тертя,

що виникають між породою та стінками бурильної колони, підвищуючи опір переміщенню та ймовірність явищ прихоплень за умов буріння глибоких похило-скерованих свердловин.

Сьогодні існує ряд пристроїв, які сприяють підвищенню ефективності буріння похило-скерованих свердловин за рахунок зменшення сил тертя [5]. У своїй різноманітності ці пристрої є такими, що за основу використовують енергію коливань.

Найбільш відомими з таких пристроїв є осцилятори [6, 7]. Це механічні пристрої за типом гідравлічної гвинтової пари статор-ротор, які можуть міститися в КНБК. За рахунок циркуляції промивальної рідини в бурильних трубах ротор пристрою обертається, перетворюючи енергію потоку рідини в зовнішні струшування і вібрації статора і, відповідно, всієї бурильної колони.

Недоліком цих пристроїв є низький ККД, недовговічність роботи, а також складність управління амплітудно-частотними характеристиками коливань. Задля подолання таких недоліків нами було запропоновано дослідження і розробку пристроїв на основі генераторів гідроакустичних коливань [8, 9].

Розуміючи фізичний механізм генерації коливань, можна заздалегідь розрахувати параметри генераційних пристроїв та, врахувавши геологічні умови горизонтів, керувати процесом буріння свердловини, забезпечуючи її безаварійність та підвищення швидкості будівництва.

Для розуміння суті фізичного процесу роботи гідроакустичних пристроїв є важливим питання, де саме, в якій області зароджуються коливання і як саме вони передаються навколишньому середовищу. Тому ми на основі комплексу теоретичних і експериментальних досліджень розробили серію генераторів гідроколивань для підсилення впливу високочастотних коливань на динаміку БК. Було розроблено методику розрахунку параметрів пристроїв генераторів гідроколивань.

Основою цих конструкцій є тороїдальна камера закручування потоку. Фізична суть процесу полягає в тому, що камера закручування характеризується радіусом закручування  $R_k$ , довжиною камери  $L_k$ , звуженою вихідною ділянкою  $L_c$  та вихідним радіусом  $R_c$ , куди через тангенційні канали потрапляє робоча рідина. Рух рідини в камері супроводжується утворенням складної структури, що містить два обертово-поступальні потоки. По периферії камери рухається так названий первинний вихор, що має в поперечному перерізі форму кільця із зовнішнім радіусом  $R_c$  та внутрішнім  $r_m$ .

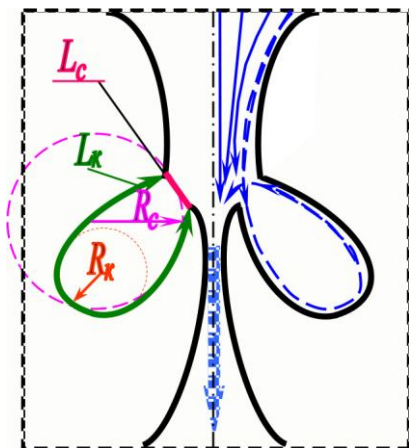


Рис. 1. Схема тороїдальної вихрової камери генератора гідроколивань

Центральну область займає вторинний вихор, що утворюється через залучення в рух первинним вихором потоку рідини з навколишнього середовища. Схема камери наведена на рис. 1.

Механізм цього явища полягає у тому, що коливання тиску  $\delta P$  зароджуються у порожнині вихрової камери генератора внаслідок періодичних пульсацій швидкості  $\delta V$  в первинному потоці. Це спричинюється постійними змінами форми поперечного перерізу первинного потоку вторинним вихором, що одночасно з обертовим рухом навколо власної осі виконує прецесійний рух навколо осі камери закручування. Первинний вихор, у якому

швидкість і тиск є функціями часу і кута повороту потоку, що виходить з генератора, випромінює у навколишнє середовище коливання так само, як це робило б дипольне джерело,

що обертається. Якщо з якихось причин (наприклад, мале значення  $L_k$ ) вторинний вихор не встигає в межах камери набути обертового руху по всьому поперечному перерізу, то прецесійний рух через мале значення збурювальних сил поперечного зміщення не зможе бути реалізованим. Отже, умови, які є необхідними для виникнення і передачі коливань, зводяться до таких:

- 1) однакова або близька за фізичною суттю природа робочого тіла (потоків в камері) й навколишнього затрубного середовища;
- 2) певна мінімальна довжина камери закручування  $L_k$ , достатня для формування вторинного вихору, який обертатиметься за законом обертового руху твердого тіла.

Враховуючи, що саме тіло бурильної колони є об'єктом виникнення сил тертя зі стінками стовбура похило-скерованої свердловини, через що зменшується ефективність доведення осьового навантаження до долота у глибоких похило-скерованих ділянках стовбура свердловини, розміщення розроблених конструкцій генераторів пропонується не лише в наддолотній частині бурильної колони, а й на певних віддальх по тілу труби.

Для додаткового розміщення пристроїв генерації коливань заданої частоти слід враховувати не тільки літологічні властивості породи, що буриться, а й особливості бурильної колони, реологічні властивості промивальної рідини та ін.

Віддаль від встановленого генератора до розташування наступного між елементами КНБК у похило скерованій ділянці бурильної колони (рис. 2) обчислюємо за розв'язками такого рівняння:

$$E \cdot I(x) \frac{d^4 \Omega}{dx^4} + \frac{d}{dx} \left[ (G - xgm(x) \sin \alpha) \frac{d\Omega}{dx} \right] - \omega^2 (\rho_m - \rho_p) S(x) \Omega = gm(x) \cos \alpha.$$

де  $E$  – модуль Юнга матеріалу, з якого виготовлені БТ,  $H/m^2$ ;  $I(x)$  – осьовий момент інерції перерізу ОБТ,  $m^4$ ;  $x$  – координата від нижньої точки на компоновці низу бурильної колони,  $m$ ;  $\Omega$  – прогин бурильної колони в перерізі з координатою  $x$ ,  $m$ ;  $G$  – осьове навантаження на долото,  $H$ ;  $m(x)$  – маса одиниці довжини бурильної колони в промивній рідині,  $kg/m$ ;  $g$  – прискорення вільного падіння,  $m/c^2$ ;  $\alpha = 90 - \theta$  – азимутальний кут стовбура свердловини,  $град$ ;  $\omega$  – частота поздовжніх коливань, генерована пристроєм  $c^{-1}$ ;  $\rho_m$  – густина матеріалу БТ,  $kg/m^3$ ;  $\rho_p$  – густина промивної рідини,  $kg/m^3$ ;  $S(x)$  – площа поперечного перерізу БТ,  $m^2$ , з граничними умовами:

$$1) \Omega = \begin{cases} 0 \\ \Omega_0, \end{cases} \quad \frac{d^2 \Omega}{dx^2} = 0, \quad \text{для } x = 0$$

де  $\Omega_0$  – амплітуда прогину колони на вибої свердловини,  $m$ ;

2)  $\Omega = -\Delta(x)$ ,  $\frac{d\Omega}{dx} = 0$ ,  $\frac{d^3 \Omega}{dx^3} = 0$ , у першій точці дотику колони до стінки свердловини від вибою,

де  $\Delta(x) = 0,5(d_c - d_k)$ ,  $d_c$  – діаметр свердловини,  $m$ ;

$d_k$  – діаметр колони,  $m$ ;

$$3) \Omega|_{x=x_i} = \delta_i, \quad \left. \frac{d^2 \Omega}{dx^2} \right|_{x=x_i} = 0 \text{ у місцях } x_i \text{ розміщення генераторів,}$$

за  $\delta_i = 0,5(d_c - d_z)$ , де  $i = 1, 2, 3 \dots m$ ,  $m$  – кількість генераторів;  $d_z$  – діаметр генератора, м.

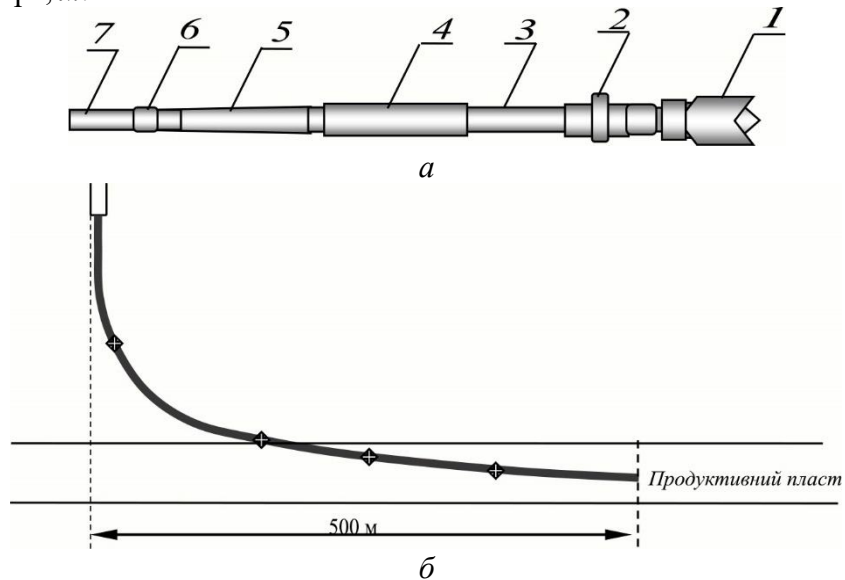


Рис. 2. Схема загального вигляду компоновання (а) і схема похило скерованої свердловини з можливими додатковими розміщеннями генераторів гідроколивань (б): 1 – долото, 2 – ГВД, 3 – телеметрична система, 4 - обважнені бурильні труби, 5 – обважнені бурильні труби змінного моменту інерції, 6 – генератор гідроколивань, 7 – бурильні труби

З метою зручності використання і спрощення спеціальної КНБК робочі вузли генераторів гідроколивань були вмонтовані безпосередньо в стандартні спіральні калібратори та центратори з позначенням. Розрахунки з використанням зазначеної КНБК проводили з врахуванням характеристик долота 215,9 МХ ЗС, генератора гідроакустичних імпульсів, гвинтового двигуна ДР-176, телесистеми типу МВД-172М1-ГК, бурильних труб із легованої сталі. Осьове навантаження приймали за  $30 \div 90$  кН, продуктивність бурових насосів враховувалася в межах 25–30 л/с, тиск – 5,0–7,5 МПа. Розрахунки враховували характеристики літології України на глибинах 1500–5500 м, яка представлена глинистими породами, аргілітами, алевролітами, пісковиками, щільними та тріщинуватими вапняками. Результати розрахунків та лабораторних досліджень стосувалися таких параметрів: механічна швидкість, проходка на долото, осьове навантаження на долото, тиск та розхід промивальної рідини.

Дослідження засвідчили, що розміщення розроблених конструкцій генераторів у КНБК та на певних ділянках бурильної колони суттєво підвищує механічну швидкість буріння (~30%) та проходки на долото (~30–35%). Такий результат пояснюємо ефективним доведенням осьового навантаження у вибої свердловини, зменшенням сил тертя бурильної колони зі стінкою свердловини в похило скерованій та горизонтальній її частинах. Зазначимо, що вплив коливальних, які поширюються в промивальній рідині, зокрема в затрубному просторі (чи поздовжних, чи поперечних), змінює її реологічні властивості, що покращує винесення вибуреної породи на денну поверхню, забезпечуючи краще очищення вибою свердловини.

Задля адаптації розроблених технічних засобів і технологій до особливостей буріння на нафтогазових родовищах промислові випробування проводили у піщано-аргілітових та піщано-глинистих породах України, зокрема на Чорноморському шельфі та Дніпроводо-Донецькій западині.

Виготовлення конструкції гідроакустичних генераторів та промислові випробування, оброблення результатів їхнього відпрацювання задля вдосконалення проводив науково-інженерний супровід досвідчених фахівців у технічних лабораторіях ПрАТ «НДКБ БІ».

Промислові випробування пристроїв енергії гідроколивань, розроблених за результатами аналітичних та експериментальних досліджень, проводили під час буріння на свердловині № 10 Ковильненська (АР Крим) 2013 р, № 103 та № 130 Ігнатівського родовища (Полтавська обл.) 2018 р, № 5 Ярмаківського родовища (Полтавська обл.) 2019 р.

Для порівняння обрали свердловину № 130 Ігнатівського родовища в інтервалі 2601–2812 м та свердловину № 103 Ігнатівського родовища, що відновлювали похило-скерованим стовбуром свердловини в інтервалі 2600–2808 м, відхід від гирла свердловини склав 587 м, зенітний кут становив 38–39 град.

У КНБК встановили генератори ГГІ-2-10 діаметром 139 мм, де загальне компонування було таким: дол. Ø 152,4 MDSi613LWBPX + КЛС Ø 151 + ВГД Ø124 (1,22°) + ТС Ø 120 + СКЛС (генератор ГГІ-2-10) Ø 139 + ОБТС Ø 120,8 (36 м) + СКЛС (генератор ГГІ-2-10) Ø 139 + ОБТС Ø 120,8 (18 м) + СКЛС (генератор ГГІ-2-10) Ø 139 + НВБТ Ø 89 (18 м) + ЯС Ø 120 + НВБТ Ø 89 (36 м) + СБТ Ø 102,6 (432 м) + СКЛС (генератор ГГІ-2-10) Ø 139 + СБТ.

Інтервал буріння був 2600-2808 м, де літологія порід представлена вапняками та пісковиками. Показники поглиблення були такими: проходка на долото – 208 м, час механічного буріння цього інтервалу – 85 годин, механічна швидкість буріння – 2,44 м/год. Контроль режимів буріння засвідчив: навантаження – 50–60 кН, частота – 100 об/хв., об'ємний розхід промивальної рідини – 0,016 м<sup>3</sup>/с, тиск – 13,5 МПа. Спостереження за параметрами промивальної рідини показали, що за умов густини 1,24–1,27 г/см<sup>3</sup> тиксотропність була 64 сек, а фільтрація – 3,8 см<sup>3</sup>/30 хв.

Порівнювали свердловину № 130 цього ж Ігнатівського родовища в аналогічному інтервалі 2601–2812 м без застосування генераторів гідроколивань, де літологія представлена тими самими породами: вапняками та пісковиками. У цій свердловині показники поглиблення були такими: проходка на долото – 211 м, час буріння цього інтервалу – 103 год, швидкість буріння – 2,04 м/год. Контроль режимів буріння засвідчив: навантаження – 60–80 кН, частота – 90 об/хв., об'ємний розхід промивальної рідини – 0,014 м<sup>3</sup>/с, тиск – 10,4 МПа. Спостереження за параметрами промивальної рідини показали, що за умов густини 1,12 г/см<sup>3</sup> тиксотропність була 34 с, а фільтрація – 4 см<sup>3</sup>/30 хв.

КНБК на свердловині №130: дол. Ø 152,4 мм XR-20TY + наддолотний перехідник + ГВД Ø 127 + роликівий розширювач Ø 152,4 мм + ОБТ Ø 120,7 (99 м) + ЯС Ø 120 + ОБТ 120,7 (27 м) + НВБТ Ø 89 (56 м) + СБТ.

Наведені результати свідчать, що за умов буріння свердловини № 103 з використанням у КНБК генераторів гідроколивань середня механічна швидкість буріння була на 19,6% вищою, ніж за умов буріння вертикального стовбура свердловини № 130 на тому самому Ігнатівському родовищі. За умов буріння похило-скерованого стовбура свердловини № 103 були відсутні затяжки та посадки під час опускально-підіймальних операцій.

Наступне промислове випробування запропонованої КНБК із застосуванням у ній зміцнених генераторів гідроколивань серії ГГК-Т-11 проводили на свердловині №5 Ярмаківського родовища в період 07 – 09.01.2019 р.

Роботи проводили на свердловині № 5 Ярмаківського родовища за умов буріння пілотного похило-скерованого стовбура звичною КНБК та горизонтального стовбура експериментальною КНБК. Відхід від гирла свердловини – 388 м. Експериментальна конструкція містила генератори Ø 139 мм, що встановлювали за запропонованою схемою розрахунку. Інтервал буріння складав 2589–2620 м за зенітного кута 88–90 град.

За результатами промислових випробувань зроблено висновок, що під час використання експериментального компонування середня механічна швидкість буріння була на 33% вищою, ніж за умов буріння пілотного стовбура, також були відсутні затяжки під час відриву від вибою та підйому бурильного інструменту.

Дослідження довели, що розміщення розроблених конструкцій генераторів у КНБК та на певних ділянках бурильної колони суттєво підвищує механічну швидкість буріння (~ до 35%) Такий результат пояснюємо ефективним доведенням динамічного осьового навантаження у вибої свердловини, зменшенням сил тертя бурильної колони зі стінкою свердловини, що, як наслідок, знижує ймовірність прихоплення бурильної колони на похило-скерованій та горизонтальній ділянках глибоких свердловин.

1. На основі досліджень впливу гідродинамічних коливань на динаміку промивних рідин в затрубному просторі та на динаміку БК розроблено методологію конструювання та серію генераторів гідроколивань для умов роботи в глибоких свердловинах, механізм дії яких базується на явищі прецесії дипольного гідроосцилятора.

2. Промисловими випробуваннями на родовищах України підтверджено ефективність запропонованої методології для визначення місць додаткового розміщення генераторів гідроколивань в КНБК з метою запобігання явищ прихоплення та зменшення сил тертя в місцях контакту колони бурильних труб зі стінкою свердловини в глибоких похило-скерованих ділянках стовбура свердловини.

3. Промисловими дослідженнями встановлено, що застосування запропонованих генераторів гідроколивань в конструкції породоруйнівного інструменту та в КНБК за умов буріння в глибоких похило-скерованих свердловинах підвищує ефективність доведення осьового навантаження у вибій свердловини, підвищуючи швидкість буріння на 20÷35%.

**Ya. V. Kuntsiak<sup>1</sup>, M. E. Chernova<sup>2</sup>, V. D. Novikov<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*PJSC SRIDB drilling tool, Ukraine*

<sup>2</sup>*Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ukraine*

## **INCREASING THE EFFICIENCY OF DRILLING TILT-DIRECTED WELLS AT THE BASIS OF DEVELOPMENT AND USAGE OF HYDRO-OSCILLATION GENERATORS**

*For objective reasons, the average drilling depths in Ukraine are increasing and, at the same time, the percentage of inclined wells in the total volume of drilling is increasing.*

*The combination of these factors causes a number of new problems. This is especially true for bringing the axial load into the bottom of deep, inclined and horizontal sections of wells.*

*In order to eliminate these shortcomings, it is proposed to use special devices developed on the basis of hydraulic oscillators. To simplify the possibility of use, these generators are mounted and combined directly in the structures outside the standard vane calibrators and hubs. According to the developed calculation scheme, devices are placed in the arrangement of the bottom of the drill string and the drill string.*

*The article solves the scientific and technical problem of increasing the efficiency of drilling deep inclined sections of the wellbore using methods of mathematical modeling, experimental and industrial research, the results of which are aimed at solving an important scientific and economic problem, which is to create and improve new domestic technologies, in particular, the arrangement of the bottom of the drill string and technical devices, the use of which provides: prevention of the phenomena of seizures of the drill string; improving well bottom cleaning; increasing the efficiency of bringing the dynamic axial load of the rock-destroying tool in the bottom of the well; increasing the speed of drilling in the mining and geological conditions of oil and gas fields in Ukraine.*

*The introduction of the developed technology for drilling deep inclined sections of oil and gas wells ensures the successful construction of wells in the mining and geological conditions of Ukrainian fields, as well as the restoration of liquidated, inactive and low-flow wells.*

*In particular, based on the method of mathematical modeling, and on the basis of studies of the influence of hydrodynamic oscillations on the dynamics of flushing fluids in the annulus and on the dynamics of BC, a series of hydraulic oscillators for working conditions in deep wells is developed.*

The developed mathematical model helps to calculate the influence of the parameters of the hydraulic oscillator on its performance. The use of generators of this action in the design of rock-breaking tools and in the arrangement of the bottom of the drill string for drilling conditions in deep inclined wells increases the efficiency of bringing dynamic axial load into the bottom of the well, increasing the drilling speed by 20 ÷ 35%.

The article proposes a methodology for determining the places of additional placement of hydro-oscillation generators in the arrangement of the bottom of the drill string in order to prevent the phenomena of entrapment in deep inclined sections of the wellbore, as confirmed by industrial tests in Ukrainian fields.

The results of the research contributed to the development of guidelines and recommendations for the usage of the developed devices and technologies, the implementation of which will increase the efficiency of drilling deep inclined sections of the wellbore, reduce their commercial value, and increase Ukraine's energy independence.

In contrast to the known mechanical devices, the proposed ones are characterized by a high value of efficiency, durability and the ability to set the required frequencies and amplitudes of oscillations.

Industrial research and usage of new devices and schemes of their location in the arrangement of the bottom of the drill string proved their efficiency and increase in the mechanical drilling speed by an average of 20–35%.

**Key words:** deep well, friction, hydro-oscillations, drilling speed.

**Я. В. Кунцяк<sup>1</sup>; М. Е. Чернова<sup>2</sup>; В. Д. Новиков<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>ЧАО ННІКБ бурового інструмента, Україна

<sup>2</sup>Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, Украина

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ БУРЕНИЯ НАКЛОННО-НАПРАВЛЕННЫХ СКВАЖИН ЗА СЧЕТ РАЗРАБОТКИ И ПРИМЕНЕНИЯ ГЕНЕРАТОРОВ ГИДРОКОЛЕБАНИЙ**

По объективным причинам в Украине увеличиваются средние глубины бурения и, одновременно, в общем объеме бурения возрастает процент наклонно-направленных скважин.

Сочетание этих факторов приводит к возникновению ряда новых проблем. Особенно это касается доведения осевой нагрузки в забой глубоких наклонно-направленных и горизонтальных участков скважин.

С целью устранения указанных недостатков предлагается применение специальных устройств, разработанных на основе генераторов гидроколебаний. Для упрощения возможности использования эти генераторы встроены и соединены непосредственно в конструкциях снаружи стандартных лопастных калибраторов и центраторов. Устройства, согласно разработанной расчетной схеме, размещаются в КНБК и бурильной колонне.

В отличие от известных механических устройств, предложенные нами генераторы отличаются высоким значением КПД, долговечностью работы и возможностью задавать необходимые частоты и амплитуды колебаний.

Промышленные исследования и применения новых устройств и схемы их расположения в КНБК доказали их эффективность и рост механической скорости бурения в среднем на 20–35%.

**Ключевые слова:** глубокая скважина, трение, гидроколебания, скорость бурения.

### **Література**

1. Лукін О.Ю. Забезпечення України власним природним газом: проблемні аспекти. За матеріалами наукової Доповіді на засіданні Президії НАН України 2 липня 2014 р. // Вісн. НАН України. – 2014. – № 9. – С. 16–22.
2. Лукин А.Е. Углеводородный потенциал больших глубин и перспективы его освоения в Украине // Геофизический журнал. – 2014. Т. 36, № 4. – С. 3–23.
3. Голубев Р.Н., Ворожбитов М.И., Иванников В.Н. Снижение сил сопротивления движению бурильной колонны в сверхглубокой скважине // Труды ВНИИБТ. – 1977. – Вып. 30. – С. 45–49.



4. Aron H. Das Gleichgewicht und die Bewegung einer unendlich dunnen, beliebiggekrumnten elastischen Shale // J.Reine und Angew. Match. – 1994. – N 78. – P. 136–173.
5. Пат. 58151 Российская Федерация, МПК 7 E 21 В 17/00. Компоновка низа бурильной колонны /Кунцяк Р.Я., Булатов К.В., Кунцяк Я.В., Чернов Б.А., Мочернюк Д.М.; заявл. 09.05.06; опубл. 10.11.06. Бюл. №31
6. Корлес А., Сисахей Дж., Брукс Дж. Гидравлические усилители нагрузки повышают эффективность бурения // Нефтегазовые технологии. – 2002. – № 1. – С. 50–54.
7. Габдрахимов М.С, Хузина Л.Б. Оборудование для вибрационного бурения скважин // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2006. – № 2. – С. 347–355.
8. Пат. №58651 Україна. E21В 43/25 Генератор гідравлічних імпульсів. / Б. О. Чернов, М. Є. Чернова та ін. – Заявл. 22.07.10; Опубл. 26.04.11; Бюл. № 8.
9. Пат. України № 63187 E21В 28/00. Генератор гідроакустичних імпульсів / Чернов Б.О., Чернова М.Є., Западнюк М.М., Ільків І.М., Мозолев О.А.; опубл. 26.09.2011. – Бюл. №18.

Надійшла 11.02.20

### References

1. Lukin, O.Yu. (2014). Zabezpechennia Ukrainy vlasnym pryrodnym gazom: problemni aspekty. Za materialamy naukovoi dopovidi na zasidanni Prezydii NAN Ukrainy 2 lypnia 2014 r. [Providing Ukraine with its own natural gas: problematic aspects. According to the scientific report at the meeting of the Presidium of the NAS of Ukraine on July 2, 2014]. *Visn. NAN Ukrainy – Bulletin of the NAS of Ukraine*, 9, 16–22 [in Ukrainian].
2. Lukin, A.E.. (2014). Uglevodorodnyi potentsial bolshikh glubin i perspektivy eho osvoeniia v Ukraine [Hydrocarbon potential of great depths and prospects for its development in Ukraine]. *Geofizicheskii zhurnal – Geophysical journal*, Vol. 36, 4, 3–23 [in Russian].
3. Golubev, R.N., Voroghitov, M.I., & Ivannikov, V.N. (2007). Snihenie sil soprotivleniia dviheniui burilnoi kolony v sverkhhlubokoi skvahine [Reducing the forces of resistance to the movement of the drill string in an ultra-deep well]. *Trudy VNIIBT – Proceedings of USRIDT*, 30, 45–49 [in Russian].
4. Aron H. (1994). Das Gleichgewicht und die Bewegung einer unendlich dunnen, beliebiggekrumnten elastischen Shale. *J.Reine und Angew. Match*, 78, 136–173 [in German].
5. ЗАО НИКВ Бурового инструмента (2006). Patent of Rossija 58151.
6. Korles, A., Sisaheij, J., Bruks, J. (2002). Gidravlicheskie usiliteli nahruzki povyshaiut effektivnost bureniia [Hydraulic load amplifiers increase drilling efficiency] *Neftegazovye tehnologii*. – *Oil and Gas Technologies*, 1, 50-54 [in Russian].
7. Gabdrahimov, M.S., & Huzina, L.B. (2006). Oborudovanie dliia vibratsionnoho bureniia skvahin [Equipment for vibration drilling of wells]. *Gornyj informatsionno-analiticheskij bjulleten -- Mining information and analytical bulletin*, 2, 347–355 [in Russian].
8. Chernova, M. E., et al. (2011). Patent of Ukraine 58651 [in Ukrainian].
9. Chernova, M. E., et al. (2011). Patent of Ukraine 63187 [in Ukrainian].