

© А.О. Ігнатів¹, Є.А. Коров'яка¹, В.О. Расцветаєв¹,
В.В. Яворська¹, О.О. Дмитрук¹, С.О. Шипунов¹

¹ Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

ОСНОВНІ ОСОБЛИВОСТІ БУРОВИХ РОБІТ ПРИ СПОРУДЖЕННІ ВИКРИВЛЕНИХ СВЕРДЛОВИН

© A. Ihnatov¹, Ye. Koroviaka¹, V. Rastsvietaiev¹,
V. Yavorska¹, O. Dmytruk¹, S. Shypunov¹

¹ Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

MAIN FEATURES OF DRILLING OPERATIONS WHILE CONSTRUCTING CURVED WELLS

Мета. Розробка теоретичних основ, конструктивної схеми та методики розрахунку режимно-технологічного супроводження процесів спорудження похило-спрямованих свердловин (надійної просторової орієнтації – незалежно від значень осьового навантаження та твердості порід), зокрема нафтогазової групи.

Методика дослідження. Аналітичні та лабораторні дослідження особливостей функціонування пристрою похило-спрямованого буріння, виконано із застосуванням сучасних методів аналітичного аналізу і експериментальних досліджень, зокрема шляхом використання загальних принципів математичного та фізичного моделювання, методик обробки результатів досліджень у середовищі EXCEL, MATHCAD, контрольно-вимірювальних приладів і матеріалів. Протікання свердловинних бурових процесів моделювалось на експериментальних свердловинах навчального бурового полігону Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» із застосуванням бурової установки УКБ-4П та відповідного допоміжного інструменту.

Результати дослідження. Розглянуто базові принципи та окремі структурні елементи технології проведення похило-спрямованих свердловин за умов наявності складних літологічних особливостей гірського масиву. Розроблено засадничі принципи побудови циклу похило-спрямованого буріння; розраховано параметри технології профілізації стовбура свердловин. Запропоновано конструкцію пристрою для направленої буріння, який складається з ланцюгів, що мають можливість виходу за межі контуру корпусу під час буріння та зубчастих дисків, які встановлено співвісно, із відповідним збільшенням їх діаметру в напрямку до зовнішньої стінки корпусу. Відмінність діаметрів зубчастих дисків позитивно впливає на вибірні процеси руйнування гірської породи та створює умови для якнайефективнішого руйнування, а саме, сколювання.

Наукова новизна. Підвищення геологічної інформативності і надійності виконання бурових та супутніх робіт при проведенні нафтогазових і інших свердловин базується на якнайповнішому використанні переваг похило-спрямованого буріння та відповідній профілізації стовбурів свердловин.

Практичне значення. Розроблено і обґрунтовано окремі складові удосконаленої техніко-технологічної методики виконання робіт при проведенні похило-спрямованих свердловин, що базується на сучасних прогресивних промислових принципах і високих економічних показниках; розроблено основи ефективної системи профілізації стовбурів нафтогазових свердловин. Отримані дані є основою для подальших розробок в напрямку підвищення якості і надійності виконання бурових і супутніх робіт при проведенні свердловин різного призначення.

Ключові слова: спорудження свердловин, похило-спрямоване буріння, зенітний кут, профіль свердловини, пристрій для направленої буріння, гірський масив, азимут, стовбур свердловини.

Вступ. Аналіз широкого ряду джерел наукової і виробничої інформації беззаперечно доводить таке: на даному високотехнологічному етапі розвитку нафтогазовидобувної галузі спостерігається стійка тенденція, без перебільшення, стрімкої зміни геолого-технічних умов спорудження свердловин, що є результатом, насамперед, збільшення середньої глибини залягання перспективних продуктивних пластів, і, як наслідок, ускладнення термобаричних умов [1]. Не потребує ніяких доказів загальновідоме твердження про те, що буріння свердловин є досить капіталомістким процесом, який можуть супроводжувати явища виникнення небезпечних ускладнень і навіть аварій. Крім того, через значність фінансових і матеріальних вкладень в процес спорудження свердловини, є виключно неприпустимим втрачання відповідної гірської виробки в результаті прийняття і впровадження необґрунтованих (або помилкових) інженерно-технологічних рішень на всіх етапах відповідного виробничого циклу [2].

Оскільки завданням спорудження свердловин, в загальному трактуванні цього визначення, є з'єднання продуктивного пласта з денною поверхнею герметичним, відповідним проектним видобувним вимогам, міцним і довговічним експлуатаційним каналом при мінімальних витратах, особливої уваги заслуговує вивчення основ направленої буріння – техніко-технологічної системи, під якою розуміється комплексний набір взаємопов'язаних методів, прийомів, апаратних та інших засобів, покликаних вирішувати проблему проведення свердловин в заданому напрямі (з урахуванням всієї гами чинників, провокуючих природне і штучне відхилення траєкторії свердловини від заданого проектного напрямку [3]).

Актуальність досліджень. У практиці спорудження свердловин різного призначення взагалі, та нафтогазового буріння зокрема, прийоми і методи направленої буріння більш відомі під терміном «похило-спрямованого буріння», що все більш широко і різноманітно використовується в сучасних системах розробки вуглеводневих покладів [4]. В загальному випадку, вісь або траса свердловини являє собою складну просторову криву, що від гирла відповідної гірської виробки має вертикальну спрямованість, а у подальшому, в міру дії тих або інших (природних або штучних) чинників, набуває певної орієнтації – отримує деяке викривлення [5].

Серед великої кількості завдань, вирішуваних при застосуванні методів і прийомів похило-спрямованого буріння, основними виступають такі: геологічне визначення і уточнення елементів залягання пластів гірських порід і продуктивних покладів; ефективне і надійне керування траєкторіями стовбурів свердловин за будь-якого їх просторового розташування (найбільш загальноприйнятним визначенням є такі категорії свердловин: вертикальні, горизонтальні, такі, що повстають), реалізація складних схем багатостовбурного і кущового буріння; надійне виведення траси свердловини в заданий проектом інтервал при її значному

природному викривленні (здійснюється, в переважній більшості випадків, шляхом коригування траєкторії вісі свердловини спеціальними відхилювачами); повторний перетин покладу при його пропуску або незадовільному виході геологічних проб – керна; обхід місць складних свердловинних аварій; виконання бурових дегазаційних робіт; спорудження вертикально-горизонтальних, розгалужених складнопрофільних свердловин з розташуванням окремих ділянок стовбура в межах нафтогазоносних структур (застосовується як доволі ефективним прийом підвищення нафтогазовіддачі і дебіту продуктивних пластів) [6].

Виділення невіршених раніше частин загальної проблеми. Надійне і ефективне вирішення всього різноманіття завдань похило-спрямованого буріння, в більшості випадків його застосування, неможливе без застосування спеціальних пристроїв, що дозволяють змінювати просторове положення траси свердловини в контрольованих площинах. Просторове положення кожної окремої точки вісі свердловини визначається її поточними координатами відносно гирла, зенітним і азимутним кутами і кривизною [7]. За визначенням, зенітний кут θ – це кут між дотичною до вісі стовбура, в даній точці, і вертикаллю, що проходить через цю точку. Азимутним кутом α виступає кут між апсидальною (вертикальна площина, яка проходить через дотичну до вісі стовбура свердловини) і меридіональною площинами. Кут α обчислюється в горизонтальній площині від прийнятого початку відліку (на північ) до напрямку горизонтальної проекції вісі стовбура свердловини (залежно від прийнятого початку відліку він може бути істинним, магнітним або умовним).

Нині застосовувані пристрої для направленої буріння характеризує досить складна конструктивна схема, а застосування, досить часто, таких пристроїв обмежено лише спорудженням експлуатаційних свердловин (діаметром більше 150 мм). Крім того, після спуску на вибій, зазначені пристрої вимагають просторової орієнтації у потрібній площині. Це можливе тільки за допомогою спеціальних приладів – орієнтаторів, що додатково збільшує час на буріння.

Пристрої направленої буріння, в обов'язковому порядку, містять вузол перекосу, яким часто виступають різні шарнірні конструкції; проте їх компоновальні схеми не виключають виникнення довільного повертання пристроїв, наприклад, при створенні необхідного навантаження на породоруйнівний орган, а це загрожує повною дезорієнтацією пристрою, невиконанням геологічного завдання, яке полягає в досягненні певних меж контрольних інтервалів продуктивних пластів та аварією у свердловині. Також реалізовані у пристроях схеми викривлення свердловини, сприяють невіршаному розробленню її стовбура та його різкому перегину, що є причиною відсутності можливості відповідного центрування пристроїв.

Отже, ефективний пристрій для направленої буріння, повинна відрізняти досконала система функціонування окремих його робочих вузлів, забезпечуючи необхідну просторову орієнтацію пристрою незалежно від значень осьового навантаження та твердості порід [8]. Наслідком вказаного стане підвищення: якості реалізації заданого профілю свердловини, рівнів стабільності та точності про-

цесу штучного викривлення, незалежно від розробленості стовбуру. При виконанні зазначеного, створюються умови для реалізації відповідних значень осьового навантаження на пристрій; за рахунок цього буде досягнуто повне виконання геологічного завдання при бурінні свердловин, підвищиться інтенсивність та ефективність ведення робіт, збільшиться рейсова швидкість буріння.

Мета статті – розробка теоретичних основ, конструктивної схеми та методики розрахунку режимно-технологічного супроводження процесів спорудження похило-спрямованих свердловин (надійної просторової орієнтації – незалежно від значень осьового навантаження та твердості порід), зокрема нафтогазової групи.

Обґрунтування вживання і опис вибраної автором методики. Аналітичні та лабораторні дослідження особливостей функціонування пристрою похило-спрямованого буріння, виконано із застосуванням сучасних методів аналітичного аналізу і експериментальних досліджень, зокрема шляхом використання загальних принципів математичного та фізичного моделювання, методик обробки результатів досліджень у середовищі EXCEL, MATHCAD, контрольно-вимірвальних приладів і матеріалів [9].

Протікання свердловинних бурових процесів моделювалось на експериментальних свердловинах навчального бурового полігону Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» із застосуванням бурової установки УКБ-4П та відповідного допоміжного інструменту.

Виклад основного матеріалу дослідження. Загальноприйнятим принципом є розрізнення, у відповідності до характеру просторового положення, наступних типів свердловин: вертикальні – свердловини із zenітним кутом θ , що не перевищує значення в 3° ; похило спрямовані – свердловини, траєкторія яких не має ділянок із zenітним кутом, що перевершує 60° ; горизонтальні – свердловини із zenітним кутом θ , що дорівнює 60° і більше; при цьому профілем свердловини виступає проекція вісі свердловини на вертикальну площину, що проходить через її гирло і вибій [10].

Профілі свердловин класифікують за кількістю інтервалів стовбура (ділянка свердловини з незмінною інтенсивністю викривлення), причому, при проектуванні профілю призначається деяка точка, в яку повинна привести траєкторія свердловини, що розраховується.

Проектна і реальна траєкторія похило спрямованих і горизонтальних свердловин повинна відповідати таким основним техніко-технологічним обмеженням [11]: не перевищувати значень максимально допустимих бічних відходів стовбура; мати обґрунтовану розрахункову інтенсивність викривлення стовбура на ділянках транспортування та установки експлуатаційного устаткування; не допускати перевищення значень максимально можливого zenітного куту на ділянці стабілізації тощо.

Завдання так званої профілізації стовбурів свердловин полягає у необхідності забезпечення таких показників: мінімізація вірогідності перетину пробурених і таких, що буриться стовбурів свердловин; досягнення проектною траєкторії; попадання в заданий об'єкт буріння.

Ділянка вісі свердловини OA_1A_2 (рис. 1) [6] може бути подана горизонтальною проекцією OA_1A_2 і вертикальною OD_1D_2 .

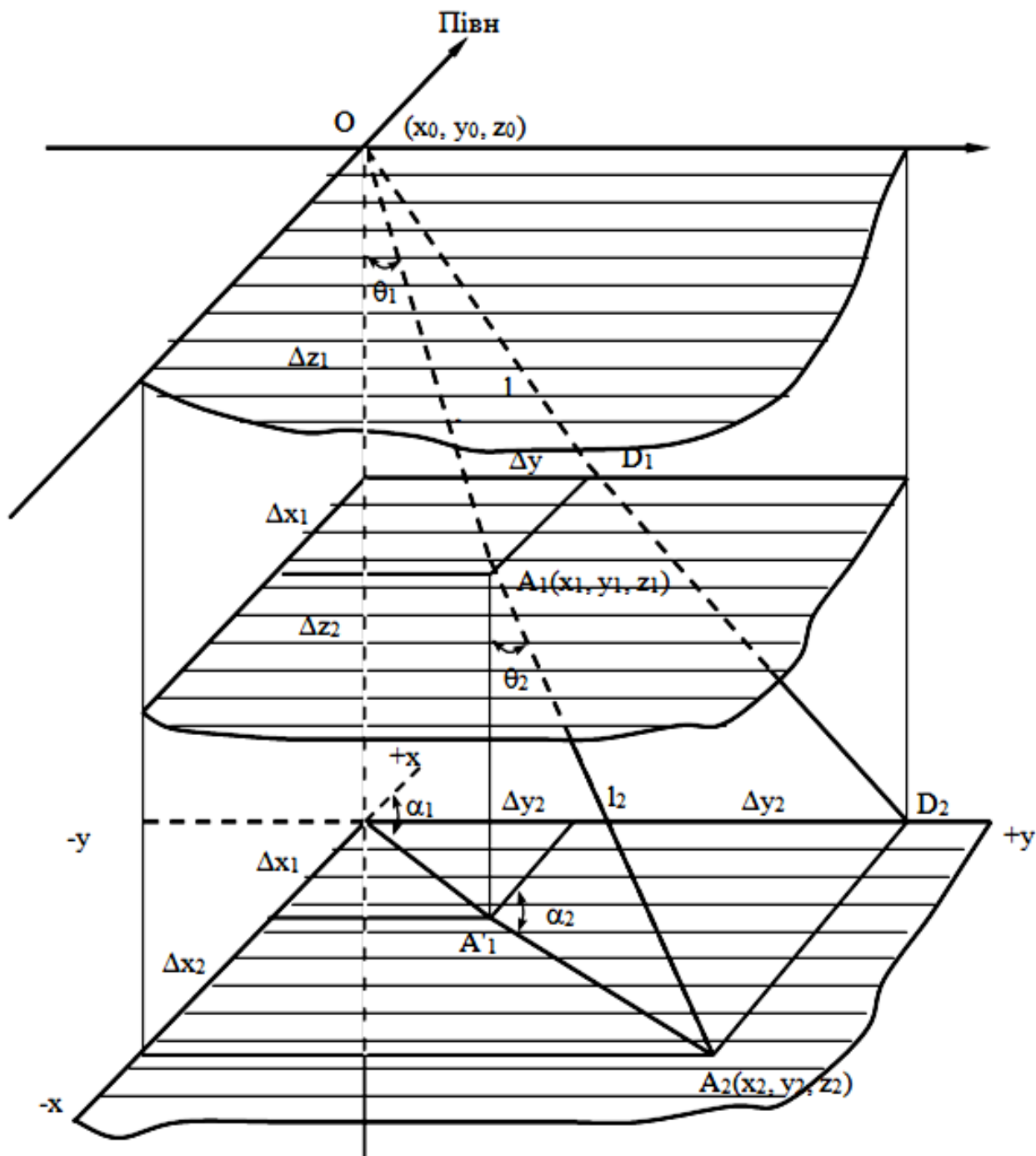


Рис. 1. Схема для визначення просторового положення траси свердловини

При відомих координатах (X_0, Y_0, Z_0) положення точки A_1 осі свердловини в просторі відповідає координатам X_1, Y_1, Z_1 , що будуть визначатися збільшенням координат $\Delta X_1, \Delta Y_1, \Delta Z_1$, на інтервалі l_1 (AO_1). Значення координат точки A_2 можна знайти з умови

$$X_{A_2} = X_{A_1} + \Delta X_2; Y_{A_2} = Y_{A_1} + \Delta Y_2; Z_{A_2} = Z_{A_1} + \Delta Z_2 \quad (1)$$

Наведена схема просторового положення траси свердловини дозволяє отримати формули визначення координат для загального випадку:

$$X_i = X_i + \Delta X_i = X_{i-1} + \Delta l_i \sin \Theta_{icp} \cos \alpha_{icp}; \quad (2)$$

$$Y_i = Y_i + \Delta Y_i = Y_{i-1} + \Delta l_i \sin \Theta_{icp} \sin \alpha_{icp}; \quad (3)$$

$$Z_i = Z_i - \Delta Z_i = Z_{i-1} - \Delta l_i \cos \Theta_{icp}, \quad (4)$$

де (X, Y, Z) – координати попередньої точки на осі свердловини, м; $\Delta(X, Y, Z)_i$ – координати на інтервалі Δl_i , м; Θ_{icp} , α_{icp} – середні значення відповідно зенітного й азимутального кутів на інтервалі Δl_i , град:

$$\Theta(\alpha)_{icp} = \frac{\Theta(\alpha)_{i-1} + \Theta(\alpha)_i}{2}, \text{ град.} \quad (5)$$

При переході азимута свердловини через напрямок 0° (розрахунок проводиться за формулою:

$$\alpha_{icp} = \frac{\alpha_{i-1} \pm 360 + \alpha_i}{2}. \quad (6)$$

Необхідну і технологічно виправдану довжину вертикальної ділянки [1], яка має бути не менше 30 - 50 м, вибирають з урахуванням умов попередження перетину сусідніх стовбурів, проте необхідно виходити з таких передумов: із збільшенням довжини вертикальної ділянки збільшується зенітний кут, із збільшенням довжини вертикальної ділянки знижується точність просторового положення стовбура.

Доволі перспективною технологією в області буріння спрямованих свердловин є застосування гнучких труб (КГТ) [12]. Найголовнішим стримуючим фактором на шляху якнайповнішого використання переваг КГТ при направленому бурінні є відсутність відповідного породоруйнівного інструменту, який би задовольняв загальним вимогам до створення траси свердловини [13]. У відповідності до зазначеного, фахівцями кафедри нафтогазової інженерії та буріння НТУ «Дніпровська політехніка», поставлено задачу удосконалення пристрою для направленої буріння, в якому конструктивні особливості виконання та функціонування робочих органів забезпечують необхідну просторову орієнтацію пристрою незалежно від значень осьового навантаження та твердості порід, і як наслідок цього підвищуються: якість реалізації заданого профілю свердловини, стабільність та точність процесу штучного викривлення, незалежно від розробленості стовбуру; створюються умови для реалізації відповідних значень осьового навантаження на пристрій; за рахунок цього досягається повне виконання геологічного завдання при бурінні свердловин, підвищується інтенсивність та ефективність ведення робіт, збільшується рейсова швидкість буріння [14].

Задача вирішується тим, що у відомому пристрої для направленої буріння [15], який включає породоруйнівний орган та з'єднувальний шарнірний механізм, міститься корпус в якому уздовж встановлено породоруйнівний орган,

який складається з ланцюгів, що мають можливість виходу за межі контуру корпусу під час буріння та зубчастих дисків, які встановлено співвісно, із відповідним збільшенням їх діаметру в напрямку до зовнішньої стінки корпусу, у верхній частині якого за допомогою зубчастого з'єднання та змінної втулки встановлено шарнірний механізм.

На рис 2 наведена загальна схема пристрою для направлено буріння, де 1 – корпус, 2 – зубчасті диски, 3 – зірочки, що змонтовані ні осі 4 та допоміжній осі 5. Зубчасті диски 2 та зірочки 3 закріплено на осях 4 і 5 за допомогою дворядних підшипників кочіння 6. Ланцюги 7 оснащені зубцями 8 і кінематично пов'язані з зубчастими дисками 2 та зірочками 3. Зубчасті диски та зірочки можуть обертатися. Видалення зруйнованої породи з вибою відбувається за рахунок подавання промивної рідини через циркуляційний канал 9. Відхилення корпусу пристрою відносно осі бурильних труб та стовбуру свердловини відбувається за рахунок наявності спеціального механізму, що складається зі втулки 10 шарніру 11 та перевідника 12.

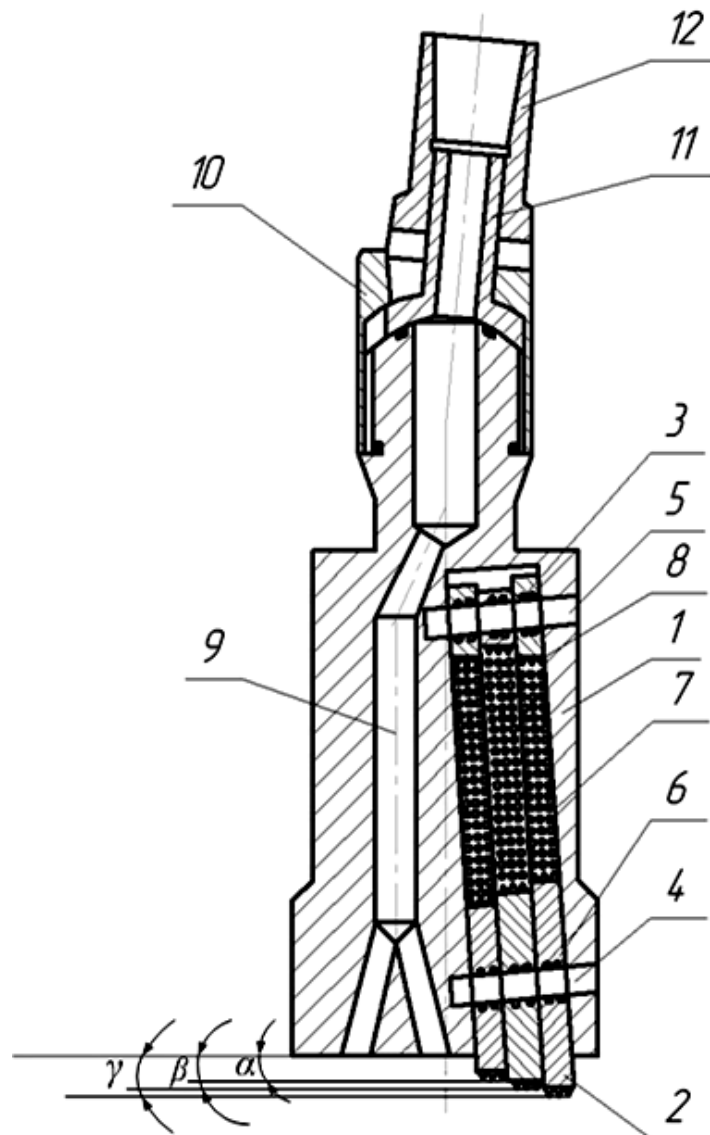


Рис. 2. Загальна схема пристрою для направлено буріння

Пристрій працює наступним чином: при постановці пристрою на вибій та вторгненні його в гірську породу ланцюги 7, на зовнішній поверхні яких розміщені зубці 8 та зубчасті диски 2 руйнують породу. Ланцюги 7 та зубчасті диски 2, а внаслідок кінематичного зв'язку і зірочки 3, обертаються під впливом сил реакції вибою свердловини. Різниця в діаметрах зубчастих дисків 2 забезпечує необхідний перекис корпусу 1 пристрою та дозволяє спрямовувати стовбур свердловини у потрібне просторове положення. Кут відхилення свердловини складається з суми кутів, що досягається кожним з дисків 2, тобто $\alpha + \beta + \gamma$. Обертання на пристрій передається за рахунок наявності рухомого зубчастого з'єднання між шарніром 11 та корпусом 1. Задля виключення можливості повертання шарніра 11 усередині перевідника 12, його насаджено жорстко. Зміною втулки 10 досягається певне обмеження максимального значення кута перекосу пристрою.

Відмінність діаметрів зірочок позитивно впливає на вибійні процеси руйнування гірської породи та створює умови для якнайефективнішого руйнування, а саме, сколювання. Цей механізм пов'язаний з виникненням значних знакозмінних напружень, обумовлених наявністю моментів пар сил між трьома рухливими ланцюгами. Крім того, інтенсивність викривлення стовбуру свердловини безпосередньо визначається можливістю оперативної заміни робочих органів пристрою – ланцюгів 7 і зубчастих дисків 2, та додаткового обмеження кута перекосу за рахунок втулки 10 у відповідності до необхідних геометричних співвідношень, навіть у польових умовах.

Розглянутий пристрій відрізняє можливість застосування не тільки у експлуатаційних свердловинах, які, як відомо, мають значний діаметр, а також і геологорозвідувальних невеликого діаметру, що у переважній більшості випадків і потребують викривлення. Також він має відносно просту схему просторової орієнтації, яка передбачає його лише орієнтований спуск, без застосування будь яких інших операцій. Це досягається конструктивним виконанням вузлу перекосу, а саме наявністю рухомого зубчастого з'єднання між шарніром та корпусом пристрою, що в свою чергу допускає перекис лише в вертикальній площині, положення якої визначається орієнтованим спуском. Незначна відмінність у діаметрах зубчастих дисків та рухомий гвинтоподібний контакт ланцюгів із стінками свердловини забезпечують плавний набір кривизни і жорстке центрування пристрою із відповідним калібруванням стінок свердловини без її розроблення. При симетричній заміні положення зубчастих дисків пристрій можна також використовувати для виправлення викривленого стовбуру свердловини. Створенням потрібного осевого навантаження на породоруйнівний орган неможливо змінити його просторове положення. Саме такі особливості конструктивного виконання та поєднання забезпечують досягнення технічного результату.

Розрахунок пропонованого пристрою дозволив отримати наступні дані щодо його технічних можливостей з формування профілю свердловини, які наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Розрахункова інтенсивність збільшення зенітного кута на 10 м та радіус викривлення вісі свердловини, що можна отримати із застосуванням розробленого пристрою

Кут перекосу дисків, град			Зенітний кут, град				
			0 – 10	0 – 20	0 – 30	0 – 40	0 – 50
α	β	γ	$\Delta\theta_{10}/R$				
0	0,5	1,0	1,65/347	1,56/367	1,44/400	1,25/458	1,08/530
0,5	1,0	1,5	1,31/437	1,28/448	1,15/500	1,00/573	-/-
1,0	1,5	2,0	1,14/503	1,08/530	0,96/597	0,18/707	-/-
1,5	2,0	2,5	1,00/578	0,91/630	0,82/700	-/-	-/-
2,0	2,5	3,0	1,50/382	1,37/418	1,26/455	1,14/503	1,04/551
2,5	3,0	3,5	1,25/458	1,17/490	1,08/530	1,00/573	-/-
3,0	3,5	4,0	1,10/520	1,02/560	0,93/615	0,86/665	-/-

Методика проектування профілю свердловини в цілому, та його горизонтальної ділянки зводиться до визначення необхідного початкового зенітного кута (θ) і розрахунку елементів окремих ділянок профілю стовбура [16].

Початковими даними для розрахунку є:

H_{nz} – глибина проектного горизонту за вертикаллю, м;

h_6 – глибина вертикальної ділянки стовбура свердловини, м;

$A_{ТВЛ}$ – відхилення точки входження в пласт від вертикальної вісі стовбура свердловини, м;

R_1, R_2 – радіуси викривлення стовбура в площині початкового і кінцевого викривлень, м;

θ_1, θ_2 – початковий і кінцевий зенітні кути стовбура свердловини, град.;

$\Delta\alpha$ – зміна азимутного кута стовбура свердловини ($\Delta\alpha = \alpha_1 - \alpha_2$, де α_1 та α_2 – початковий і кінцевий азимутні кути стовбура свердловини, град.), град.;

L_T – довжина горизонтальної ділянки стовбура свердловини, м.

Профіль спроектованої свердловини відрізняється тим, що площинні, початкове і кінцеве викривлення стовбура відбуваються в одній (апсидальній) площині.

Розрахунок елементів профілю стовбура свердловини полягає у визначенні довжин різних його ділянок і їх проекцій на вертикальну і горизонтальну площини; необхідні математичні залежності для розрахунку багатоінтервального профілю зведено до табл. 2 [17].

Наведені аналітичні залежності є основою методики проектування системи ефективних профілів експлуатаційних свердловин, а розроблений комбінований пристрій направлено буріння – технічним засобом їх реалізації.

Підводячи підсумок, зазначмо таке: проектування профілів похило-спрямованих свердловин полягає у виборі типу профілю, визначенні інтенсивності ви-

кривлення на окремих ділянках стовбура, в розрахунку профілю, що включає визначення довжин, глибин по вертикалі і відходів по горизонталі для кожного інтервалу стовбура і свердловини в цілому.

Таблиця 2

Відомості про розрахунок елементів багатоінтервального профілю стовбура свердловини

Довжина свердловини по стовбуру l , м	Проекції	
	вертикальна h , м	горизонтальна a , м
1. Вертикальна ділянка		
$l_1 = h_6$	$h_1 = h_6$	–
2. Ділянка набору зенітного кута		
$l_2 = 0,01745 \cdot R_1 \cdot \theta_1$	$h_2 = R_1 \cdot \sin \theta_1$	$a_2 = (1 - \cos \theta_1) \cdot R_1$
3. Похило-направлена ділянка		
$l_3 = \frac{h_3}{\cos \theta_1}$	$h_3 = H_{ne} - h_1 - h_2 - h_4$	$a_3 = h_3 \cdot \operatorname{tg} \theta_1$
4. Різко викривлена ділянка		
$l_4 = 0,01745 \cdot R_1 \cdot \Delta\theta$	$h_4 = (\sin \theta_2 - \sin \theta_1) \cdot R_2$	$a_4 = (\cos \theta_2 - \cos \theta_1) \cdot R_2$
5. Горизонтальна ділянка		
$l_5 = L_r$	–	$a_5 = L_r$
Разом		
$L_{св} = \sum l_i$	$H_{не} = \sum h_i$	$A = \sum a_i$

При розрахунку параметрів технології спорудження похилих свердловин, в обов'язковому порядку, необхідне врахування природних, технічних, технологічних і організаційних закономірностей утворення траси свердловин в гірському масиві [18]; загальними тенденціями цих явищ є наступне: формування свердловини, в цілому, визначається взаємодією породоруйнівного інструменту і гірської породи.

Висновки. Проаналізовано особливості і умови проведення бурових робіт із спорудження похило-спрямованих свердловин, що базуються на даних щодо геологічного розрізу, фізико-механічних параметрів гірських порід і технологічних вимог до буріння, умов залягання вуглеводневих горизонтів та ін.

В роботі вирішено низку конкретних питань, серед яких можна зазначити наступні основні: запроектовані конструктивні особливості виконання та функціонування робочих органів пристрою направлено буріння забезпечують необхідну просторову орієнтацію відповідного пристрою незалежно від значень осьового навантаження та твердості порід; наслідком вказаного є збільшення якості реалізації заданого профілю свердловини.

Розглядуваний пристрій має відносно просту схему просторової орієнтації, яка передбачає його лише орієнтований спуск, без застосування будь яких інших

операцій, що досягається конструктивним виконанням вузлу перекоосу, а саме наявністю рухомого зубчастого з'єднання між шарніром та корпусом пристрою, що в свою чергу допускає перекіс лише в вертикальній площині, положення якої визначається орієнтованим спуском.

Експериментально-теоретичні дослідження особливостей проведення похило-спрямованих свердловин, повинні продовжуватися у напрямках створення алгоритмів розробки ефективної техніко-технологічної програми їх спорудження та змістовного наповнення, що якнайповніше відповідають раціоналізації енерговитрат та адекватності кінцевих результатів.

Перелік посилань

1. Войтенко, В., Вітрик, В. (2012). *Технологія і техніка буріння*. Київ: Центр Європи.
2. Hossain, M.E., & Islam, M.R. (2018). *Drilling engineering: problems and solutions*. Scrivener publishing.
3. Калинин, А.Г., Ошкордин, О.В., Питерский, В.М. (2000). *Разведочное бурение*. Москва: Недра.
4. Білецький, В.С., Орловський, В.М., Вітрик, В.Г. (2018). *Основи нафтогазової інженерії*. Полтава: АСМІ.
5. Коцкулич, Я.С., Тищенко, О.В. (2004). *Закінчування свердловин*. Київ: Інтерпрес ЛТД.
6. Калинин, А.Г. (1997). *Бурение наклонно направленных и горизонтальных скважин*. Москва: Недра.
7. Калинин, А.Г., Кульчицкий, В.В. (2006). *Естественное и искусственное искривление скважин*. НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика»: Институт компьютерных исследований.
8. Azar, J.J., & Robello, S.G. (2007). *Drilling Engineering*. PennWell Books.
9. Curry, G.L. & Feldman, R.M. (2012). *Manufacturing systems. Modeling and analysis*. Springer.
10. Калинин, А.Г. (2008). *Бурение нефтяных и газовых скважин*. Москва: ЦентрЛитНефтеГаз.
11. Джоши, С.Д., Будников, В.Ф., Проселков, Е.Ю., Проселков, Ю.М. (2003). *Основы технологии горизонтальной скважины*. Краснодар: Кубань.
12. Коровяка, Є.А., Ігнатов, А.О. (2020). *Прогресивні технології спорудження свердловин*. Дніпро: НТУ «ДП».
13. Hossain, M.E. (2016). *Fundamentals of drilling engineering*. Scrivener publishing.
14. Давиденко, О.М., Ігнатов, А.О. Науменко, М.О. (2017). Пристрій для направленої буріння. *Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения*, 20, 71-74.
15. Ігнатов, А.О. (2016). *Пристрій для направленої буріння*. Патент № 111351, Україна.
16. Шенбергер, В.М., Зозуля, Г.П., Гейхман, М.Г., Матиешин, І.С., Кустышев, А.В. (2006). *Техника и технология строительства боковых стволов в нефтяных и газовых скважинах*. Тюмень: ТюмГНГУ.
17. Дмитриев, А.Ю. (2008). *Основы технологии бурения скважин*. Томск: ТПУ.
18. Спивак, А.И., Алексеев, Л.А. (2007). *Технология бурения нефтяных и газовых скважин*. Москва: Недра.

АННОТАЦИЯ

Цель. Разработка теоретических основ, конструктивной схемы и методики расчета режимно-технологического сопровождения процессов сооружения наклонно-направленных скважин (надежной пространственной ориентации – независимо от значений осевой нагрузки и твердости пород), в том числе нефтегазовой группы.

Методика дослідження. Аналітичні та лабораторні дослідження особливостей функціонування пристрою нахлонно-направленого буріння, виконано з використанням сучасних методів аналітичного аналізу та експериментальних досліджень, в частині шляхом використання загальних принципів математичного та фізичного моделювання, методик обробки результатів досліджень в середовищі EXCEL, MATHCAD, контрольних-вимірних пристроїв та матеріалів. Протікання скважинних бурових процесів моделювалося на експериментальних скважинах навчального бурового полігону Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» з використанням бурової установки УКБ-4П та відповідного допоміжного інструмента.

Результати дослідження. Розглянуті основні принципи та окремі структурні елементи технології проведення нахлонно-направлених скважин при наявності складних літологічних особливостей гірського масиву. Розроблені основні принципи побудови циклу нахлонно-направленого буріння; розраховані параметри технології профілювання ствола скважин. Представлено конструкцію пристрою для направленої буріння, який складається з ланок, які мають можливість виходу за межі контуру корпусу в час буріння та зубчастих дисків, які встановлені попарно, з відповідним збільшенням їх діаметра в напрямку до зовнішньої стінки корпусу. Різниця діаметрів зубчастих дисків суттєво впливає на забійні процеси руйнування гірської породи та створює умови для найбільш ефективного руйнування, а саме, скальвання.

Наукова новизна. Підвищення геологічної інформативності та надійності виконання бурових та супутніх робіт при проведенні нафтогазових та інших скважин базується на найбільш повному використанні переваг нахлонно-направленого буріння та відповідної профілювання стволів скважин.

Практичне значення. Розроблені та обґрунтовані окремі складові удосконаленої техніко-технологічної методики виконання робіт при проведенні нахлонно-направлених скважин, заснованої на сучасних прогресивних промислових принципах та високих економічних показателях; розроблені основи ефективного системи профілювання стволів нафтогазових скважин. Отримані дані є основою для подальших розробок в напрямку підвищення якості та надійності виконання бурових та супутніх робіт при проведенні скважин різного призначення.

Ключові слова: буріння скважин, нахлонно-направлене буріння, зенітний кут, профіль скважини, пристрій для направленої буріння, гірський масив, азимут, ствол скважини.

ABSTRACT

Objective is to develop theoretical basis, design schemes, and methods to calculate technological support of the processes of directional wells construction of a particularly oil-and-gas group (reliable spatial orientation – irrespective of the values of axial load and rock hardness).

Research methodology. Analytical and laboratory studies of the functioning features of a device for directional drilling have been performed by means of modern methods of analytical analysis and experimental studies, i.e. by using general principles of mathematical and physical modelling, methods of processing the research results in the EXCEL and MATHCAD environment as well as control and measuring devices and materials. The drilling processes within a well were modelled in terms of experimental wells of training drilling ground of Dnipro University of Technology with the use of drill rig УКБ-4П and corresponding auxiliary tools.

Research results. Basic principles and certain structural elements of the technology of directional well constructions in terms of the available complex lithological rock-mass features have been considered. Central principles of the design of a directional drilling cycle have been developed; certain parameters of the technology of wellbore profiling have been calculated. A design of the directional-drilling device has been proposed; the device consists of the links, which are capable of going beyond the case contour while drilling, and toothed discs, being mounted coaxially with the corresponding increase in their diameter towards the external case wall. Difference in the diameters of the toothed discs has positive effect on the bottomhole rock-breaking processes and creates the conditions for the most efficient breaking, i.e. chipping.

Originality. The improved geological information content and reliability of the performance of drilling and accompanying operations while constructing oil-and-gas and other wells is based on the comprehensive use of advantages of directional drilling and corresponding wellbore profiling.

Practical implications. Certain components of the improved technical and technological methodology of operations during the directional well construction have been developed and substantiated, basing on the advanced industrial principles and high economic indices. Principles of the efficient profiling system for oil-and-gas wellbores have been elaborated. The obtained data are the basis for further developments to improve quality and reliability of drilling and accompanying operations while constructing wells of different purposes.

Keywords: *well construction, directional drilling, zenith angle, well profile, device for directional drilling, rock mass, azimuth, wellbore.*