

УДК 622.24

**А. Н. Давиденко, д-р техн. наук, А. О. Ігнатов, М. О. Науменко**

*Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет»,  
м. Дніпро, Україна*

### **ПРИСТРІЙ ДЛЯ НАПРАВЛЕНОГО БУРІННЯ**

*Проаналізовано стан і перспективи розвитку техніки і технології направлено буріння свердловин. Розглянуто особливості конструкції та принцип дії вдосконаленого пристрою направлено буріння. Вивчено питання механіки руйнування гірських порід проєктованим пристроєм, а також роботи вузла його опори.*

**Ключові слова:** *направлене буріння, траєкторія, свердловина, механізм руйнування, опора, підшипник.*

#### **Вступ**

Управління просторовим положенням свердловин – одне з найважливіших завдань технології буріння. Майже з перших кроків розвитку бурової справи поставали питання збереження заданого напрямку свердловин. Надалі зі збільшенням глибини до переходу на спорудження не лише вертикальних, але похилих і горизонтальних свердловин завдання щодалі ускладнювалися, що потребувало розроблення спеціальних методів і засобів управління траєкторією свердловини [1].

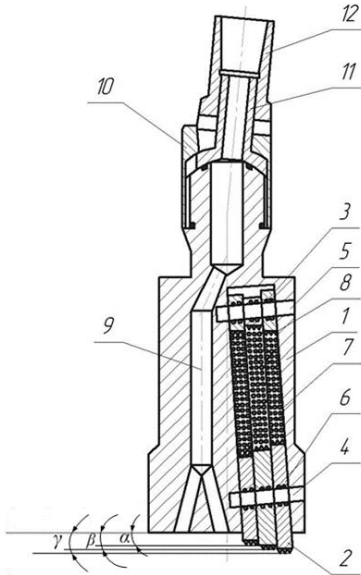
На сучасному етапі розвитку техніки та технології буріння з метою корегування траси свердловини або штучного викривлення широко застосовують відхилювачі разової, періодичної та безперервної дії. До найскладніших за конструкцією належать відхилювачі безперервної дії ковзаючого типу. Проте зазначені пристрої мають певні недоліки: складність конструкції, нестабільність роботи вузла викривлення та значна інтенсивність викривлення при створенні необхідного осьового навантаження [2].

Мета цієї статті – висвітлення принципів удосконалення пристрою для направлено буріння, в якому конструктивні особливості виконання та функціонування робочих органів забезпечують необхідну його просторову орієнтацію і наслідок цього якнайповніше виконання завдання по корегуванню траси свердловини.

#### **Основний матеріал**

З метою розв'язання завдання з удосконалення пристрою для направлено буріння на кафедрі техніки розвідки РКК Національного гірничого університету розроблено конструкцію відхилювача [3], в якому конструктивні особливості виконання та функціонування робочих органів забезпечують необхідну просторову орієнтацію пристрою незалежно від осьового навантаження та твердості порід і як наслідок цього підвищуються – якість реалізації заданого профілю свердловини, стабільність та точність штучного викривлення незалежно від розробленості стовбура; створюються умови для реалізації відповідних значень осьового навантаження на пристрій; за рахунок цього досягають якнайповнішого виконання геологічного завдання при бурінні свердловин, посилюється інтенсивність та підвищується ефективність ведення робіт, збільшується рейсова швидкість буріння.

Загальна схема пристрою для направлено буріння показана на рисунку, де 1 – корпус; 2 – зубчасті диски; 3 – зірочки, змонтовані на осі 4 та допоміжній осі 5.



Загальна схема пристрою для направлено буріння свердловин

забою свердловини. Через відмінність діаметрів зубчастих дисків 2 забезпечується необхідний перекис корпусу 1 пристрою та дозволяє спрямовувати стовбур свердловини в 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 всередині перевідника 12 його насаджено жорстко. Зміною втулки 10 досягають певного обмеження максимального значення кута перекосу пристрою.

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 відповідно до необхідних геометричних співвідношень навіть у польових умовах.

Відмінність діаметрів зірочок позитивно впливає на забійні процеси руйнування гірської породи та створює умови для якнайефективнішого руйнування, а саме сколювання. Цей механізм пов'язаний з появою значних знакозмінних напружень, зумовлених наявністю моментів пар сил між трьома рухливими ланцюгами.

Для можливості побудови математичної моделі роботи пристрою в аспекті руйнування гірської породи необхідно знати лінійне знімання матеріалу за час, іншими словами, поглиблення пристрою, що описується диференціальним рівнянням [4]

$$\frac{dx}{dt} = K_1(Q - x), \quad (1)$$

де  $Q$  – товщина загального лінійного шару;  $x$  – поточне зняття шару за час дії на всю оброблювану поверхню;  $K_1$  – коефіцієнт руйнування

$$K_1 = \sigma_{кр} / \mu_F, \quad (2)$$

де  $\sigma_{кр}$  – критичне напруження, за якого відбувається руйнування;  $\mu_F$  – коефіцієнт площі або питомий імпульс.

Знімання матеріалу розраховується за формулою

$$G = \int_S q dS, \quad (3)$$

де  $S$  – площа оброблюваної поверхні;  $q$  – знімання з елементарної ділянки

$$q = \sum_{i=1}^N q_i, \quad (4)$$

де  $N$  – кількість одиничних актів контактної взаємодії на елементарної ділянки;  $q_i$  – знімання після одиничного акту контактної взаємодії.

З метою поліпшення експлуатаційних характеристик розробленого пристрою необхідно розглянути також питання стійкості його опори, зокрема підшипників, що можливо досягнути не лише використанням промивних рідин з високими мастильними властивостями, й подання останньої до зони тертя під тиском, що зумовлює гідродинамічний ефект змащення.

Для теоретичного дослідження роботи опори використовується диференціальне рівняння, за яким визначають розподіл тиску  $P$  у зоні тертя без урахування впливу інерційних сил на рух мастила

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( h^3 \frac{\partial P_1}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( h^3 \frac{\partial P_1}{\partial z} \right) = 0. \quad (5)$$

де  $h$  – товщина шару мастила.

Система координат для рівняння (5) складається з осі  $Z$ , нормальної до поверхні тертя.

У свою чергу,

$$P_1 = P^{1/\chi+1}, \quad (6)$$

де  $\chi = \infty$  у разі використання рідин.

Параметр  $P_1$  можна також записати у вигляді

$$P_1 = \sum f_{1m}(x) f_{2m}(z), \quad (7)$$

підставивши (7) у (5), отримаємо звичайні диференціальні рівняння

$$\begin{cases} \frac{d^2 f_{1m}}{dx^2} + \frac{v}{h} \frac{\partial h}{\partial x} \frac{df_{1m}}{dx} + \chi_m f_{1m} = 0; \\ \frac{d^2 f_{2m}}{dz^2} + \frac{v}{h} \frac{\partial h}{\partial z} \frac{df_{2m}}{dz} - \chi_m f_{2m} = 0, \end{cases} \quad (8)$$

де  $\chi_m$  – константа розподілу.

Якщо  $\frac{\partial h}{\partial z} = 0$ ,  $h(x, z) = Ch_1(x)$ , система (8) набере вигляду

$$\begin{cases} \frac{d^2 f_{1m}}{dx^2} + \frac{v}{h_1(x)} \frac{\partial h_1(x)}{\partial x} \frac{df_{1m}}{dx} + \chi_m f_{1m} = 0; \\ \frac{d^2 f_{2m}}{dz^2} - \chi_m f_{2m} = 0. \end{cases} \quad (9)$$

За пропонуваними точними розв'язками можливо одержати задовільну апроксимацію виразу (9) при підстановці схематичного розподілу тиску, підтвердити ефективність використання в конструкції пристрою направлено буріння герметизованої мастильно-заповненої опори і розробити вимоги до мастильних матеріалів.

Окрім зазначеного розглядуваний пристрій вирізняється можливістю застосування не лише в експлуатаційних свердловинах, які, як відомо, мають значний діаметр, а геологорозвідувальних невеликого діаметру, що найчастіше потребують викривлення. Також пристрій має відносно просту схему просторової орієнтації, яка передбачає лише його орієнтоване спускання, без застосування будь яких інших операцій. Досягають цього конструктивним виконанням вузлу перекоосу, а саме наявністю рухомого зубчастого з'єднання

між шарніром та корпусом пристрою, що, у свою чергу допускає перекид лише у вертикальній площині, положення якої визначається орієнтованим спусканням. Незначна відмінність діаметрів зубчастих дисків та рухомий гвинтоподібний контакт ланцюгів зі стінками свердловини забезпечують плавне набирання кривизни і жорстке центрування пристрою з відповідним калібруванням стінок свердловини без її розроблення. При симетричній заміні положення зубчастих дисків пристрій можна також використовувати для виправлення викривленого стовбура свердловини.

### **Висновки**

1. Розглянуто основні питання виникнення та розвитку техніки і технології направлено буріння свердловин.

2. Наведено вичерпні відомості про особливості конструкції і принципу дії вдосконаленого пристрою направлено буріння.

3. Вивчено питання механіки руйнування гірських порід проєктованим пристроєм при поглибленні свердловини, а також роботи вузла його опори.

*Проанализированы состояние и перспективы развития техники и технологии направленного бурения скважин. Рассмотрены особенности конструкции и принцип действия усовершенствованного устройства направленного бурения. Изучены вопросы механики разрушения горных пород проектируемым устройством, а также работы узла его опоры.*

***Ключевые слова:** направленное бурение, траектория, скважина, механизм разрушения, опора, подшипник.*

### **A DEVICE IS FOR THE DIRECTED BORING DRILLING**

*The state and prospects of the development of the technology and technology of directed bore hole drilling are analyzed. The design features and operation principle of the advanced directional drilling device are considered. The problems of fracture mechanics of rocks by the device being designed, as well as the work of the node of its support.*

***Key words:** directional drilling, trajectory, borehole, fracture mechanism, bearing, bearing.*

### **Література**

1. Мельничук И. П. Бурение направленных скважин малого диаметра. – М.: Недра, 1978. – 232 с.
2. Костин Ю. С. Современные методы направленного бурения скважин. – М.: Недра, 1981. – 152 с.
3. Пат. 111351 Україна. МПК Е 21 В 7/16. Пристрій для направлено буріння / А. О. Ігнатов. – Заявл. 07.10.13; Опубл. 25.04.16; Бюл. № 8.
4. Проволоцкий А. Е. Струйно-абразивная обработка деталей машин пород. – К.: Техника, 1989. – 177 с.

*Надійшла 16.06.17*