

УДК 532.5

Моделювання процесів гідромеханіки при бурінні свердловин

Дреус А. Ю.¹; Лю² Баочанг; Хамініч¹ О.В.; Дзюба³ С.В.;

1- Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Дніпро, Україна

2- Будівельний коледж Цзілінського університету, Чанчунь, Китай

3- Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАНУ, Дніпро, Україна

***Анотація.** В роботі представлено результати теоретичного та експериментального досліджень процесів гідродинаміки промивальної рідини на вибою свердловини під час буріння алмазними буровими коронками. Інтерес до таких досліджень обумовлений розробкою нових технологій буріння зі змінною подачею рідини на вибій. Передбачається, що переривчастий режим подачі рідини сприяє інтенсифікації теплового руйнування гірської породи. Представлено картину обтікання бурових коронок на вибою свердловини. Показано вплив змінного режиму подачі промивальної рідини в свердловину на ефективність процесу руйнування гірської породи*
Ключові слова: алмазне буріння; гідродинаміка промивальної рідини; комп'ютерне моделювання; руйнування гірської породи

Вступ. Промивка свердловин є невід'ємною частиною технологічного процесу буріння свердловин. В процесі буріння насос закачує в свердловину промивальну рідину (технічну воду, нафтові, глинисті або інші спеціальні розчини). Основними функціями промивальної рідини є охолодження інструменту і очистка вибою свердловини від дрібних частинок породи (шламу), утворених внаслідок її руйнування, та винос їх із свердловини. Крім того, промивальна рідина може вирішувати додаткові задачі: зміцнювати стінки свердловини, зменшувати тертя колони труб о стінки свердловини, запобігати неконтрольованим притокам та викидам рідини або газу, транспортувати пневматичну та гідравлічну енергію від насоса до вибою та ін. Згідно [1] до 80% витрат енергії при бурінні доводиться на забезпечення промивання свердловини.

В роботі [2] показано, що одним з перспективних шляхів інтенсифікації процесу руйнування гірської породи й підвищення продуктивності буріння є перехід від стаціонарних режимних параметрів буріння (витрати промивальної рідини, частота обертання бурового інструменту, осьове навантаження на породоруйнуючий інструмент) до режимних параметрів, що змінюються з часом. Такі технології отримали назву – імпульсні технології буріння. Класифікація та узагальнення імпульсних технологій буріння виконана А.О. Кожевниковим зі співавторами в монографії [3]. В роботі [4] запропоновано використовувати імпульсний режим подачі промивальної рідини для буріння геотермальних свердловин. Автори припускають, що зміна гідродинамічної картини обумовлює зміну теплового режиму, що своєю чергою сприятиме руйнуванню гірських порід внаслідок інтенсифікації термічних напружень.

Метод дослідження. Дослідження гідродинамічних процесів на вибою свердловини експериментальними методами є достатньо складним, а в багатьох випадках взагалі неможливо. Ефективним шляхом дослідження таких задач є комп'ютерне моделювання з використанням сучасних пакетів прикладних програм. В представленій роботі представлені результати досліджень гідромеханіки бурової рідини на вибою під час буріння алмазними буровими коронками. Теоретичні дослідження проводились в Дніпровському національному університеті імені Олеся Гончара. Експериментальні дослідження виконувались на базі лабораторії буріння Будівельного коледжу Цзілінського університету.

Розглядався процес алмазного буріння геологорозвідувальних свердловин з використанням промивкою водою. Моделювання процесів обтікання бурової коронки на вибою свердловини відбувалося з використанням пакета ANSYS. Задача розглядалася в однофазному наближенні зі застосуванням $k-\varepsilon$ моделі турбулентності.

Експериментальне буріння здійснювалось в лабораторних умовах на стенді, основу якого склав буровий станок ХУ-2, призначений для колонкового буріння свердловин глибиною до 100 м. Загальний вид бурового станку представлений на рис.1. Як промивальна рідина використовувалася технічна вода. Порода – середньозернистий граніт. Буріння проводилось з використанням імпрегрованої бурової коронки 01И4, що раніше не були у використанні, діаметром 59 мм з 6 промивальними каналами



Рис. 1. Загальний вигляд експериментального стенду процесів буріння

Під час експериментів підтримувались постійними осьове навантаження $F=8$ кН та частота обертів $n=400$ об/хв. Ці параметри контролювались за допомогою контрольно-вимірювальних приладів бурового станку. Витрати промивальної рідини в експериментах варіювались в діапазоні від 9.2 л/хв. до 39 л/хв.

Протягом кожного експерименту режим подачі промивальної рідини підтримувався постійним. Замірялася температура в гірській породі по траєкторії руху бурової коронки для різних значень витрати промивальної рідини. Після проходження коронкою кожної контрольної точки (зрізання термодатчика) буріння припинялося, вимірювалась проходка коронки і визначалась швидкість буріння. Після зміни режиму витрати промивальної рідини буріння продовжувалось.

Результати та їх обговорення.

Дані обчислювальних експериментів свідчать, що через 3 с після початку процесу буріння встановлюється стаціонарний режим гідродинаміки потоку рідини. На рис.2 представлено результати моделювання поля швидкостей потоку рідини навколо коронки.



Рис.2. Поле швидкостей навколо бурової коронки

Поле швидкості в промивальному каналі бурової коронки показано на рис.3, де представлена картина потоку в різні моменти часу протягом інтервалу «подача-пауза».

Як видно з представлених на рис.4.5–4.7 даних при переході потоку з бічного в торцевий промивний канал поля швидкості та тиску стають істотно неоднорідними. Виникає область основного потоку, швидкість якого досягає 25 м/с, а також утворюються застійні зони. В кутах каналу утворюються області підвищеного тиску, а також формуються області зниженого тиску. Характер полів швидкості та тиску зберігається протягом подачі, а значення швидкості й тиску змінюються залежно від значення подачі на вході. При великих швидкостях в областях

зниженого тиску виникає розрідження. Такий характер поведінки поля тиску може свідчити, що при певних умовах в даних розріджених областях може виникати кавітація, яка буде негативно впливати на бурову коронку.

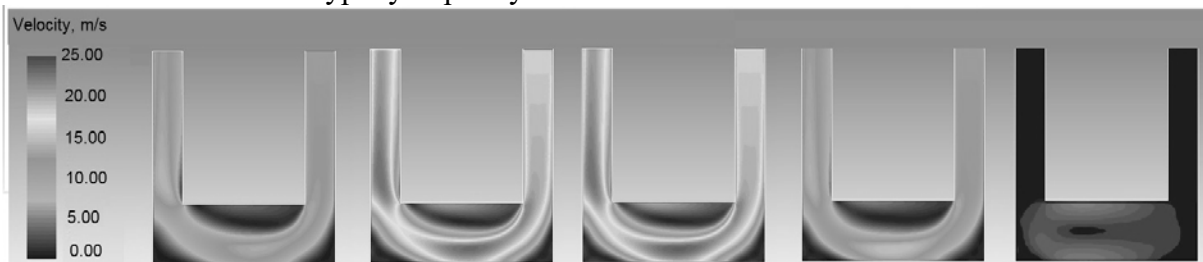


Рис. 3. Поле швидкості в промивному каналі бурової коронки протягом одного періоду «подача-пауза»

Після відключення подачі рідини її рух у бічних каналах припиняється, тиск поступово вирівнюється, що сприяє усуненню областей розрідження. Таким чином, при переривчастому промиванні зменшується негативний вплив на коронку можливої кавітації потоку. Внаслідок перерозподілу тиску в кінці фази подачі виникає слабо інтенсивна вихорова течія у торцевому каналі під час фази паузи. Швидкість потоку у вихоровій течії незначна, водночас дана течія може сприяти кращому очищенню вибою, оскільки зменшуються розміри застійних зон, і вирівнюється профіль швидкості по перерізу каналу.

В ході експериментальних досліджень вивчався вплив витрати промивальної рідини на температуру вибою.

Висновки. Отже, при переривчастому промиванні має місце низка гідродинамічних ефектів, які можуть впливати на ефективність буріння. Одним з проявів гідродинамічних процесів є різна інтенсивність тепловіддачі на вибої при для фази подачі і фази паузи, що створює умови для більш інтенсивного термічного руйнування гірської породи і збільшенню швидкості буріння.

Список літератури

1. Маковой Н. Гидравлика бурения. – М.: Недра, – 1986. – 536 с. Эльпинер И.Е. Ультразвук. Физико-химическое и биологическое действие. - М. : Физматиз, 1963. – 430 с.
2. Cao, X. Diamond core drilling process using intermittent flushing mode / X. Cao, A. Kozhevnykov, A. Dreus, B. Liu // Arab J Geosci – 2019, №12, 137-144 p.
3. Кожевников А.А. Импульсные технологии бурения геологоразведочных скважин / А.А. Кожевников, С.В. Гошовский, И.И. Мартыненко– К.: УкрГГРИ, 2003. – 208 с.
4. Dreus, A. Innovative Approach to Drilling of Geothermal Deep Wells Using the Heat Factor / A. Dreus, A. Kozhevnykov // Proceedings of 2019 IEEE 6th International Conference on Energy Smart Systems, April 17-19, 2019, Kyiv, Ukraine 192–195.

Modeling of fluid mechanics processes during well drilling

Dreus A.¹; Liu² Baochang; Khaminich¹ O.; Dziuba³ S.

1- Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Ukraine

2- College of construction engineering, Jilin University, Changchun, China

3- Institute of Geotechnical Mechanics named by M.S. Polyakova NASU, Dnipro, Ukraine

Abstract. The results of theoretical and experimental studies of the fluid dynamics of the drilling mud at the working face of well during drilling with diamond drill bits are presented. The interest in such studies is due to the development of new drilling technologies with variable fluid supply to the bottom hole. It is assumed that the intermittent mode of fluid supply contributes to the intensification of rock fracture. A physical picture of the flow of drill bits at the bottomhole is presented. The influence of the variable mode of flushing fluid supply to the well on the efficiency of the rock disintegration process is shown.

Keywords: diamond drilling; fluid mechanics of drilling fluid; computer simulation; rock disintegration