

УДК 622.24

**Войта М.О.** аспірант спеціальності 185 Нафтогазова інженерія та технології  
**Науковий керівник: Пащенко О.А.,** к.т.н., доцент кафедри нафтогазової інженерії та буріння

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

### МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ФІЛЬТРАЦІЇ В СИСТЕМАХ ОЧИЩЕННЯ БУРОВИХ РІДИН

Фільтрація бурових рідин є критичним етапом у процесі буріння свердловин, оскільки вона дозволяє зменшити об'єм твердих частинок у рідині, що позитивно впливає на ефективність буріння, знижує знос обладнання та мінімізує екологічний вплив. Бурова рідина, яка циркулює у свердловині, піднімає частинки породи та шлам на поверхню, що ускладнює роботу обладнання та може призвести до забруднення. Тому фільтрація бурових рідин є необхідною для підтримки чистоти системи та належної роботи бурової установки. Моделювання процесів фільтрації дозволяє розробити оптимальні параметри фільтрувальної системи, які будуть найбільш ефективними за умов конкретного проекту.

Процеси фільтрації бурових рідин можна моделювати за допомогою кількох основних підходів: математичного моделювання, обчислювальної гідродинаміки (CFD) та емпіричних методів. Кожен із цих підходів має свої особливості та використовує різні інструменти для досягнення максимальної точності результатів.

Математичне моделювання ґрунтується на використанні рівнянь, які описують фізичні процеси, що відбуваються під час фільтрації. Наприклад, модель Дарсі використовується для опису потоку рідини через пористе середовище. Це рівняння враховує такі параметри, як проникність фільтруючого матеріалу, в'язкість рідини та тиск. Проте рівняння Дарсі має обмеження і не враховує нелінійні фактори, які можуть мати значення за певних умов, наприклад, за високих швидкостей потоку або при великих концентраціях твердих частинок у рідині.

Для більш точного моделювання можуть використовуватися рівняння Нав'є-Стокса, які враховують як лінійні, так і нелінійні складові потоку. Це рівняння особливо корисне для моделювання турбулентного потоку бурової рідини через пористе середовище. У комплексі з рівнянням Дарсі, рівняння Нав'є-Стокса дозволяють створювати більш точні моделі фільтрації, особливо для фільтрів з високою проникністю, де швидкість потоку є достатньо високою для виникнення турбулентності.

Обчислювальна гідродинаміка або CFD-моделювання є потужним інструментом для вивчення потоків рідини через складні геометрії фільтрів. CFD дозволяє моделювати взаємодію між потоком рідини та твердими частинками з урахуванням таких параметрів, як діаметр пор фільтруючого матеріалу, швидкість потоку, розмір частинок та інші фізичні властивості. За допомогою програмного забезпечення CFD, такого як ANSYS Fluent або OpenFOAM, можна змоделювати процеси осадження частинок у пористому середовищі фільтра та визначити оптимальні параметри для максимально ефективної фільтрації.

Однією з переваг CFD є можливість моделювати різні сценарії та тестувати різні умови без проведення реальних експериментів. Це дозволяє зменшити витрати на дослідження та скоротити час, необхідний для розробки нових фільтраційних систем. CFD-моделювання особливо ефективне для оцінки складних взаємодій у системах фільтрації, таких як вплив хімічних добавок у буровій рідині або зміни в'язкості та щільності під час різних фаз буріння.

Емпіричні методи базуються на експериментальних даних, що отримані під час лабораторних досліджень і польових випробувань. Ці методи дозволяють створити прості, але ефективні моделі фільтрації, засновані на реальних показниках. Наприклад,

для фільтрації бурових рідин часто використовуються емпіричні кореляції, які дозволяють швидко оцінити ефективність фільтрації за певних умов. Емпіричні методи також допомагають калібрувати CFD-моделі, забезпечуючи додаткову точність і достовірність отриманих результатів.

Процес моделювання фільтрації бурових рідин складається з кількох основних етапів:

1. Перед початком моделювання необхідно зібрати дані про фізико-хімічні властивості бурової рідини, такі як в'язкість, щільність, розмір і концентрація частинок. Ці параметри є основними характеристиками, які впливають на поведінку рідини під час фільтрації.

2. На цьому етапі визначаються основні параметри, що впливають на процес фільтрації, такі як швидкість потоку, проникність фільтра та розмір частинок. Вибір параметрів залежить від умов конкретного проекту і повинен враховувати не тільки фізичні характеристики рідини, але й особливості бурового обладнання та фільтрувальної системи.

3. Після налаштування моделі здійснюється комп'ютерна симуляція, яка дозволяє отримати прогнозовані результати фільтрації. За допомогою CFD можна змоделювати, як різні параметри (наприклад, швидкість потоку, діаметр частинок і тиск) впливають на ефективність фільтрації. Результати симуляції дозволяють виявити слабкі місця системи та визначити оптимальні значення параметрів.

4. На основі отриманих даних проводиться аналіз результатів моделювання, що дозволяє виявити найкращі параметри для фільтраційної системи. Це може включати підбір оптимального матеріалу для фільтра, налаштування швидкості потоку, а також визначення найбільш ефективних методів очищення рідини.

Незважаючи на численні переваги, моделювання процесів фільтрації бурових рідин має певні обмеження:

- Вибір неправильної моделі або спрощення процесу можуть призвести до похибок у результатах, особливо в умовах високої концентрації твердих частинок.
- CFD-моделювання вимагає значних обчислювальних потужностей і часу, що може обмежувати його використання на практиці.
- Для підвищення точності моделей потрібні експериментальні дані, які використовуються для калібрування, але отримання таких даних може бути дорогим і тривалим процесом.

Моделювання процесів фільтрації в системах очищення бурових рідин є необхідним для забезпечення оптимальної роботи бурових установок та зниження екологічних ризиків. Використання математичних методів, CFD-моделювання і емпіричних підходів дозволяє створити ефективні фільтраційні системи, що враховують особливості бурових рідин, фільтрувальних матеріалів і умов буріння. Моделювання допомагає значно зменшити час і вартість розробки систем фільтрації, забезпечуючи стабільність і ефективність процесів у реальних умовах.

#### Список використаних джерел:

1. Karpov, Vladimir & Konurin, A. (2024). Experience and perspectives of application of research methods of rock mechanical destruction processes during drilling of wells. *Journal of Mining and Geotechnical Engineering*. 25. 41-78. 10.26730/2618-7434-2024-2-41-78.
2. Voita, M. O., & Pashchenko, O. A. (2024). Innovative methods for cleaning drilling mud.
3. Malykh, D & Titov, D & Eremenko, G. (2024). Dynamic interaction of borehole charges groups in time and its effect on the explosive destruction of a rock mass. *Collection of Research Papers of the National Mining University*. 81-90. 10.33271/crpnmu/76.081.
4. Dayabu, A. J., & Pashchenko, O. A. (2022). New technologies in drilling.