

Власенко Н.М., студент гр. 185м-24-1

Науковий керівник: Хоменко В.Л., к.т.н., доцент кафедри нафтогазової інженерії та буріння

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

РЕГУЛЮВАННЯ ГУСТИНИ ПРОМИВАЛЬНОЇ РІДИНИ ЯК КЛЮЧОВИЙ ФАКТОР ЕФЕКТИВНОГО БУРІННЯ НАФТОВИХ І ГАЗОВИХ СВЕРДЛОВИН

Регулювання густини промивальної рідини під час буріння є одним з найважливіших аспектів управління гідростатичним тиском у свердловині, оскільки саме густина визначає здатність колони рідини протидіяти пластовим тискам, стабілізувати стінки стовбура та запобігати проявам, обвалам і прихопленням. Вибір і контроль густини є процесом балансування між безпекою, стабільністю, реологічними параметрами та економічною доцільністю. Невелике відхилення від оптимальних значень може призвести до серйозних ускладнень – від газонафтоводяних проявів до втрати циркуляції та руйнування стінок свердловини [1].

Гідростатичний тиск стовбура визначається добутком густини промивальної рідини на глибину і гравітаційний коефіцієнт. Якщо цей тиск нижчий за пластовий, виникає ризик проявів та викидів. Якщо ж він значно перевищує допустиме навантаження на колектор, відбувається розкриття тріщин і втрата циркуляції, що може призвести до значного зниження ефективного гідростатичного стовпа, подальших проявів, пошкодження продуктивного інтервалу, а інколи й аварійного припинення буріння [2]. Особливо критичною густина стає у пластах із низькою граничною різницею між тиском розриву і пластовим тиском, де допустиме «вікно щільності» є мінімальним [3].

Оптимальна густина забезпечує рівновагу між запобіганням проявів і уникненням втрати циркуляції. При цьому важливо враховувати не лише статичні умови, а й динамічні – тиск при циркуляції, еквівалентну динамічну густину, вплив реології, швидкість руху рідини, температуру та зміну властивостей з глибиною [4]. Також значення має ефект подрібненої вибуреної породи, яка підвищує ефективну густину і змінює умови фільтрації у привибійній зоні [5].

Регулювання густини є безпосередньо пов'язаним зі стабільністю стінок свердловини. У нестійких глинистих товщах недостатня густина може призводити до повзучості, обвалів, розширення стовбура і прихопленя. Підвищена густина, навпаки, здатна викликати надмірне навантаження на виклинювані пласти та тріщинуваті породи. Підвищення густини нерідко супроводжується зменшенням механічної швидкості буріння через зростання гідростатичного тиску та зміни механізму руйнування породи.

Важливим аспектом є взаємодія промивальної рідини з породами та флюїдами. Зміна густини впливає на проникнення фільтрату, стабілізацію глинистих мінералів, мобілізацію газу, а також на ризик індукованих тріщин.

Регулювання густини повинно враховувати хімічну сумісність, температуру, тиск, реологію і швидкість осідання твердої фази. Висока густина збільшує навантаження на систему циркуляції, потребує більшої потужності насосів і може викликати абразивний знос обладнання.

У процесі буріння регулювання густини є динамічною задачею. При зміні глибини, температури та складу промивальної рідини відбувається зміна густини через термічне розширення, дегазацію, розведення або насичення вибуреною породою. Тому необхідний безперервний контроль складу, об'єму та властивостей рідини. Сучасні системи автоматичного контролю використовують датчики густини на виході та вході,

моделі прогнозу еквівалентної динамічної густини і алгоритми оцінки ризиків проявів та втрати циркуляції.

Регулювання густини тісно пов'язане з безпекою. У свердловинах з аномально високими тисками, у зонах переходу між різними середовищами, під час буріння продуктивних пластів або інтервалів з газонасиченими включеннями правильне визначення густини є критичним. Надмірне зниження густини може призвести до викиду, а надмірне підвищення – до глибоких втрат циркуляції й неконтрольованого обвалення стінок, що створює ризик прихоплення колони, аварійного бурового ремонту або необхідності ліквідаційних робіт.

Економічний ефект правильного регулювання густини проявляється у зменшенні простоїв, зниженні аварійності, оптимізації механічної швидкості буріння, подовженні строку служби обладнання та збереженні продуктивності пластів. Важливою є інтеграція контролю густини з моделями стійкості стовбура свердловини, гідравлічними симуляціями, даними геофізичних каротажів і прогнозами геомеханічних параметрів.

Сучасний підхід до регулювання густини передбачає інтеграцію польових даних, лабораторних випробувань, моделювання і постійний моніторинг з урахуванням невизначеностей. Правильно обрана густина забезпечує стабільність буріння, мінімізує ризики проявів, втрати циркуляції, обвалів та прихоплень, знижує навантаження на систему буріння і дозволяє проходити складні геологічні розрізи з високою ефективністю.

Список використаних джерел:

1. Muratova, S., Ratov, B., Khomenko, V., Pashchenko, O., & Kamyshatskiy, O. (2025). Improvement of the methodology for measuring plastic viscosity and dynamic shear stress of drilling fluids. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 1491(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1491/1/012026>
2. Pashchenko O.A., Khomenko V.L., Kamyshatskiy O.F., Yavorska V., Zybalov D.S. (2025). In-situ monitoring of drilling mud viscosity using advanced sensor technologies. *Geotech. meh.* 2025, **173**, 123-132. <https://doi.org/10.15407/geotm2025.173.123>
3. Ratov, B. T., Khomenko, V. L., Biletskiy, M. T., Zakenov, S. T., & Makhitova, Z. S. (2025). Modernization of water well drilling technology with drilling fluid reverse circulation. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences*, 2025(2), 237–252. <https://doi.org/10.32014/2025.2518-170X.453>
4. Khomenko, V., Muratova, S., Uteпов, Z., & Zhanggirkhanova, A. (2025). Improved technique for measuring rheological properties of drilling fluid. *Engineering for Rural Development*, 24, 497–504. <https://doi.org/10.22616/ERDev.2025.24.TF107>
5. Zholbassarova, A. T., Bayamirova, R. Y., Ratov, B. T., Khomenko, V. L., Togasheva, A. R., Sarbopeyeva, M. D., Tabylganov, M. T., Saduakasov, D. S., Gusmanova, A. G., & Koroviaka, Ye. A. (2024). Development of technology for intensification of oil production using emulsion based on natural gasoline and solutions of nitrite compounds. *SOCAR Proceedings*, 2, 48–55. <https://doi.org/10.5510/OGP20240200965>