

Stress-strain state of the bottomhole zone during hydraulic fracturing

Viktoriia Rubel

National University "Yuri
Kondratyuk Poltava Polytechnic", Poltava
<https://orcid.org/0000-0002-6053-9337>

Vadym Pshyk

National University "Yuri
Kondratyuk Poltava Polytechnic", Poltava
<https://orcid.org/0009-0003-9059-7313>

Abstract. The paper is devoted to the study of mechanical processes in the near-wellbore zone of the formation during hydraulic fracturing operations. The distribution of stresses and strains in the reservoir rocks under high-pressure injection of the working fluid is analyzed. The influence of the geomechanical properties of rocks and injection pressure on the formation of the fracture system is considered. The research results make it possible to optimize hydraulic fracturing parameters in order to improve the efficiency of reservoir stimulation.

Keywords: stress-strain state, hydraulic fracturing, near-wellbore zone, geomechanics, fracture formation.

Напружено-деформований стан привибійної зони під час гідророзриву пласта

Вікторія Рубель

Національний університет "Полтавська
політехніка імені Юрія Кондратюка", м. Полтава
<https://orcid.org/0000-0002-6053-9337>

Вадим Пшик

Національний університет "Полтавська
політехніка імені Юрія Кондратюка", м. Полтава
<https://orcid.org/0009-0003-9059-7313>

Анотація. Робота присвячена дослідженню механічних процесів у привибійній зоні пласта під час операцій гідророзриву. Проаналізовано розподіл напружень та деформацій у породах-колекторах при високонапірному нагнітанні робочої рідини. Розглянуто вплив геомеханічних властивостей порід і тиску нагнітання та на формування системи тріщин. Результати дослідження дозволяють оптимізувати параметри гідророзриву для підвищення ефективності розкриття пласта.

Ключові слова: напружено-деформований стан, гідророзрив пласта, привибійна зона, геомеханіка, тріщиноутворення.

Гідророзрив пласта (ГРП) є одним із найефективніших методів інтенсифікації видобутку вуглеводнів, особливо для низькопроникних колекторів[1]. Успішність операції ГРП значною мірою залежить від розуміння механізмів деформації та

руйнування породи в привибійній зоні свердловини. [2] Детальний аналіз напружено-деформованого стану (НДС) дозволяє оптимізувати технологічні параметри операції та підвищити її ефективність.

Метою дослідження є комплексний аналіз напружено-деформованого стану привибійної зони пласта при проведенні гідророзриву з розробкою рекомендацій щодо оптимізації технологічних параметрів. Основні завдання включають аналіз геомеханічних властивостей порід-колекторів, моделювання розподілу напружень при високонапірному нагнітанні, дослідження механізмів ініціації та поширення тріщин, оцінку впливу технологічних параметрів на ефективність ГРП.

Для вирішення поставлених завдань використовувалися методи математичного моделювання на основі теорії пружності та механіки руйнування. Застосовувалися чисельні методи скінченних елементів для моделювання тривимірного НДС [3]. Експериментальні дослідження включали визначення міцнісних характеристик зразків порід та моделювання процесів тріщиноутворення в лабораторних умовах.

Встановлено, що в процесі ГРП в привибійній зоні формується складна система напружень, що включає радіальні, тангенціальні та осьові компоненти. Максимальні напруження концентруються на стінці свердловини та в зоні перфорації. При досягненні критичних значень напружень відбувається руйнування породи за механізмом відриву в напрямку мінімального головного напруження. Визначено оптимальні діапазони тиску нагнітання залежно від геомеханічних властивостей породи. Для пісковиків з модулем Юнга 20-30 ГПа оптимальний градієнт розриву становить 18-22 МПа/км. Встановлено, що зі збільшенням коефіцієнта Пуассона з 0,2 до 0,35 критичний тиск розриву знижується на 15-20%.

Розроблено методику прогнозування параметрів тріщин ГРП на основі геомеханічних даних. Запропоновано алгоритм оптимізації режимів нагнітання робочої рідини з урахуванням анізотропії напружень в пласті. Результати дослідження впроваджено при проектуванні операцій ГРП на родовищах України, що дозволило підвищити ефективність обробки на 25-30%.

Дослідження напружено-деформованого стану привибійної зони при ГРП показало критичну важливість геомеханічного аналізу для успішного проведення операції. Оптимізація параметрів ГРП на основі розрахункових значень НДС дозволяє значно підвищити ефективність розкриття пласта та збільшити дебіт свердловин. Подальший розвиток досліджень у цій області сприятиме вдосконаленню технологій інтенсифікації видобутку вуглеводнів.

Список використаних джерел

1. Montgomery, C. (2015). Hydraulic Fracturing.
2. Rubel, V., & Pshyk, V. (2024). Design of the intensification method with the help of fraccade software. Technology Audit & Production Reserves, 2
3. Smith, M. B., & Montgomery, C. (2015). Hydraulic fracturing. CRC press.