

0.1. Фожеева Н.О., Башмаков Р.А. Особенности фильтрации при переходных режимах работы скважины с трещиной ГРП

В современном мире “сложной” нефти остро наблюдается истощение традиционных нефтегазовых запасов и, как следствие, рост доли трудноизвлекаемых запасов. Гидроразрыв пласта — один из важнейших способов интенсификации добычи нефти из низкопроницаемых пластов. Определение параметров трещины, полученной путем гидроразрыва пласта (ГРП) является актуальной в настоящее время задачей, когда значительная часть нефти добывается из низкопроницаемых пластов, либо обладает большой вязкостью.

В работе рассматривается задача о распределении давления в трещине ГРП при переходных режимах работы скважины. Исследуется вопрос об определении по заданному изменяющемуся расходу эволюции давления в трещине и на забое скважины. Изучение фильтрации флюида именно в переходные режимы работы скважины является элементом новизны данной работы.

Теория ГРП и практические результаты многолетнего применения метода отображены в обширном количестве работ [1]. В статье [2] описана стационарная фильтрация флюида к одиночной трещине конечной проводимости от удаленного контура. Используемая математическая модель была описана ранее [3]. Предполагается, что в низкопроницаемых пластах жидкость в основном растекается по трещине, и из трещины перетекает в пласт, что может быть описано системой двух дифференциальных уравнений.

Рассматривается вертикальная закреплённая пропантом трещина, полученная путем гидроразрыва пласта. Пласт однородный, ширина трещины значительно меньше ее высоты. Скелет пористой среды пласта и трещины несжимаемый, длина трещины бесконечная. Жидкость в пласте распространяется перпендикулярно ее направлению и далее по трещине течет к скважине. В силу симметрии допустимо описывать одно крыло трещины. Движение флюида в трещине квазиодномерное вдоль оси OX , так как от изменения глубины давление в пласте и трещине не меняется. Начало координат на стенке забойного участка. Ось OY перпендикулярна трещине. Отсчет идет от границы пласт — трещина. Система, описывающая распределение давления в трещине и пласте:

$$\frac{\partial P_f}{\partial t} = \alpha_f \frac{\partial^2 P_f}{\partial x^2} + 2 \frac{m_p}{m_f} \frac{\alpha_p}{d_f} \left(\frac{\partial P_p}{\partial y} \right) \Big|_{y=0}, \quad (0 < x < \infty)$$

$$\frac{\partial P_p}{\partial t} = \alpha_p \frac{\partial^2 P_p}{\partial y^2}, \quad (0 < x < \infty, 0 < y < \infty)$$

где $\alpha_i = \frac{\rho_0 C^2 k_i}{\mu m_i}$ — коэффициенты пьезопроводности, $P_f = P_f(t, x)$, $P_p = P_p(t, x, y)$. Индексы $i = f, p$

соответствуют значениям параметров в трещине и пласте, окружающем трещину. Пусть до момента τ_0 флюид в пласте находится в покое, а в момент времени τ_0 расход резко выходит на значение q_0 и поддерживается постоянным до момента времени τ_1 , когда он резко изменяется до величины q_1 и держится постоянным до момента τ_2 , и т. д. Для перепада давления $\Delta P_{(w)}$ между значениями на забое скважины и пластом получим

$$\Delta P_{(w)} = \frac{-0.78\mu}{\sqrt{\frac{A_f}{2} d_f k_f}} (H(t - \tau_0) q_0 (t - \tau_0)^{\frac{1}{4}} + \sum_{i=1}^n H(t - \tau_i) (q_i - q_{i-1}) (t - \tau_i)^{\frac{1}{4}})$$

Здесь $H(t)$ — функция Хевисайда.

Полученные в работе формулы позволяют описывать связь между расходом жидкости на скважине и эволюцией давления в трещине и скважине при переходном режиме работы скважины. Основываясь на них, при известном законе изменения дебита и давления на скважине могут быть определены параметры трещины ГРП и пласта. Результаты работы могут быть также применены для интерпретации результатов гидродинамических исследований скважин. В настоящее время ведется работа по сравнению результатов, полученных в работе с данными полевых испытаний.

Исследование частично выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-11-00207.

Научный руководитель — д.ф.-м.н. Шагапов В. Ш.

Список литературы

- [1] Экономидес М., Олини Р., Ванько П. Унифицированный дизайн гидроразрыва пласта: от теории к практике / Москва-Ижевск: Институт компьютерных технологий, 2007. 237 с.
- [2] Каневская Р. Д., Дияшев И. Р., Некипелов Ю. В. Применение гидравлического разрыва пласта для интенсификации добычи и повышения нефтеотдачи // Нефтяное хозяйство. 2002. № 5. С. 96–101.
- [3] CINCO-LEY H. Evaluation of Hydraulic Fracturing by Transient Pressure Analysis Methods // SPE 10043 Petrol. Exh. and Techn. Symp., Beijing China, Mar 18–26. 1982.
- [4] ШАГАПОВ В. Ш., НАГАЕВА З. М. теории фильтрационных волн давления в трещине, находящейся в пористой проницаемой среде // Прикладная механика и техническая физика. 2017. Т. 58. № 5 (345). С. 121–130.