РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ В ТРЕЩИНЕ ГРП ПРИ ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ СКВАЖИНЫ

@ Н.О. Фокеева, Р.А. Башмаков

ffoxnina@gmail.com, bashmakov_rustem@mail.ru

УДК 532.5

DOI: 10.33184/mnkuomsh2t-2021-10-06.94.

В работе рассматривается фильтрация флюида к бесконечной трещине ГРП в однородном пласте при переходных режимах работы скважины, а так же взаимосвязь распределения давления и расхода.

Ключевые слова: переходный режим, расход, низкопроницаемый коллектор, гидроразрыв пласта, фильтрация флюида.

Pressure distribution in a hydraulic fracturing during transient well operation modes

The article discusses the fluid filtration to an infinite hydraulic fracture in a homogeneous formation during transient well operation modes and the relationship between pressure and flow rate.

Keywords: transient modes, rate, low-permeability reservoir, hydraulic fracturing, fluid filtration.

Гидроразрыв пласта (ГРП) — один из важнейших методов интенсификации добычи нефти из низкопроницаемых пластов. Определение параметров трещины, полученной путем гидроразрыва является актуальной в настоящее время задачей, когда значительная часть нефти добывается из низкопроницаемых пластов, либо обладает большой вязкостью.

По результатам многолетнего опыта применения метода ГРП написано обширное количество работ [1-2]. В случае низкопроницаемых пластов, жидкость в основном растекается по трещине, и из трещины перетекает в пласт, что можно описать системой дифференциальных уравнений (см. [3-6]). В работах [5-6] описание распределения давления в трещине сведено к одному интегро - дифференциальному уравнению и изучены вопросы об эволюции давления в окрестности трещины ГРП и динамике распределение давления в скважине и вертикальной трещине

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-11-00207, <https://rscf.ru/project/21-11-00207/>

Фокеева Нина Олеговна, аспирант, ИМех УФИЦ РАН (Уфа, Россия); Nina Fokeeva (Mavlyutov Institute of Mechanics, Ufa Investigation Center, R.A.S., Russia)

Башмаков Рустэм Абдрафович, к.ф.-м.н., БашГУ (Уфа, Россия); ИМех УФИЦ РАН (Уфа, Россия); Rustem Bashmakov (Bashkir State University, Ufa, Russia; Mavlyutov Institute of Mechanics, Ufa Investigation Center, R.A.S., Russia)

при поддержании постоянного расхода и постоянного давления на скважине [4-6].

Рассмотрим вертикальную закреплённую пропантом трещину, полученную путем гидроразрыва пласта. Пласт однородный, ширина трещины значительно меньше ее высоты $d_f \ll h_f$. 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 рассматривается 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:

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

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

где $\varkappa_i = \frac{\rho_0 C^2 k_i}{\mu m_i}$ — 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. Данные уравнения рассматривались в работах [3], [4], [6] при различных краевых условиях.

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

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

Здесь $H(t)$ — функция Хевисайда.

Результаты работы могут быть применены для интерпретации результатов гидродинамических исследований скважин. Новизна статьи в изучении переменных режимов работы скважины, получены формулы для определения связи давления и расхода в трещине ГРП в зависимости от времени и расстояния до скважины. В настоящее время ведется

работа по сравнению результатов, полученных в работе с данными полевых испытаний.

Литература

1. *Экономидес М., Олини Р., Валько П.* Унифицированный дизайн гидро-разрыва пласта: от теории к практике // Москва-Ижевск: Институт компьютерных технологий, 2007. — 237.
2. *Каневская Р.Д., Дзяшев И.Р., Некипелов Ю.В.* Применение гидравлического разрыва пласта для интенсификации добычи и повышения нефтеотдачи // Нефтяное хозяйство. 2002, № 5. — 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. *Хабибуллин И.Л., Хисамов А.А.* Моделирование нестационарной фильтрации вокруг скважины с вертикальной трещиной гидроразрыва // Вестник Башкирского университета. 2017. Т. 22, № 2. — 309-314.
5. *Шагапов В.Ш., Нагаева З.М.* К теории фильтрационных волн давления в трещине, находящейся в пористой проницаемой среде. Прикладная механика и техническая физика. 2017. Т. 58, № 5 (345). — 121-130.
6. *Нагаева З.М., Шагапов В.Ш.* Об упругом режиме фильтрации в трещине, расположенной в нефтяном или газовом пласте. Прикладная механика и техническая физика. 2017. Т. 81, № 3. — 319-329.