

Аналитическое решение для нестационарного двумерного притока к трещине с конечной проводимостью

Научный руководитель – Чупраков Дмитрий Арефьевич

Резников Игорь Константинович

Аспирант

Московский физико-технический институт, Москва, Россия

E-mail: ireznikov@slb.com

В данной работе, мы вновь рассматриваем задачу фильтрации жидкости вблизи трещины постоянной конечной проводимости. Данная проблема уже решалась в различных приближениях аналитически [1–3], а также численно в общем случае [4,5]. Существует также несколько универсальных аналитических решений, которые, однако, опираются на сложные математические функции [6–8]. Эти решения не могут применяться к задачам интерпретации полевых данных или многопараметрического дизайна ввиду ограниченности или сложности в применении.

Целью данной работы является получение принципиально нового аналитического решения, которое будет применимо для трещин любой постоянной проводимости, а также для любого времени. Ключевой задачей будет получение новых асимптотических аппроксимаций, которые позволят точно описать двумерности притока к трещине на ранних временах, когда течение псевдоодномерное, а также на поздних временах, когда профиль течения псевдорadiaльный.

Важной частью работы является соединение полученных асимптотических аппроксимаций в единое общее решение. Мы используем метод наименьший квадратов для определения неизвестных весовых коэффициентов. Кроме того, мы используем регуляризацию, чтобы увеличить точность общего решения. Полученное общее решение в дальнейшем сравнивается с несколькими численными решениями, а также с различными аналитическими решениями, полученными ранее.

Особенностью аналитического решения задачи нестационарной двумерной фильтрации вблизи трещины является необходимость разрешения задачи в пространстве Лапласа. При получении общего решения задачи, необходимо также использовать обратное преобразование Лапласа. Самый простой способ такой инверсии описан в работе [9]. Мы дополнили и улучшили данный способ, чтобы сохранить математическую простоту и увеличить точность.

Данная работа имеет большую практическую ценность. Эффективное и точное универсальное аналитическое решение позволяет решить большое количество промысловых задач за гораздо меньшее время, чем при использовании альтернативных численных решений. Примером может быть задача моделирования и расчёта дебита скважины с многостадийным ГРП или расчёт продуктивности участка месторождения, содержащий несколько скважин и трещин ГРП.

Источники и литература

- 1) Jin Y., Chen K.P., Chen M. Analytical solution and mechanisms of fluid production from hydraulically fractured wells with finite fracture conductivity // J. Eng. Math. 2015. Vol. 92, № 1. P. 103–122.
- 2) Chen K.P. Production from a fractured well with finite fracture conductivity in a closed reservoir: An exact analytical solution for pseudosteady-state flow // SPE J. 2016. Vol. 21, № 2. P. 550–556.

- 3) Meyer B., Jacot R. Pseudosteady-State Analysis of Finite-Conductivity Vertical Fractures // Proceedings of SPE Annual Technical Conference and Exhibition. Society of Petroleum Engineers, 2005. Vol. 20, № 1974. P. 2007–2030.
- 4) Zazovskii A.F., Todua G.T. Steady inflow into a well with a long vertical fracture // Izv. Akad. Nauk SSSR. Mekhanika Zhidkosti i Gaza. 1990. Vol. 25, № 4. P. 107–116.
- 5) Poe Jr. B.D., Shah P.C., Elbel J.L. Pressure Transient Behavior of a Finite-Conductivity Fractured Well With Spatially Varying Fracture Properties // SPE Annual Technical Conference and Exhibition. Washington, D.C.: Society of Petroleum Engineers, 1992. P. 16.
- 6) Riley M.F., Brigham W.E., Horne R.N. Analytic solutions for elliptical finite-conductivity fractures // Proc. - SPE Annu. Tech. Conf. Exhib. 1991. Vol. Omega. P. 35–48.
- 7) Zhou W. et al. Semianalytical Production Simulation of Complex Hydraulic-Fracture Networks // Spe J. Society of Petroleum Engineers, 2014.
- 8) Anosova E.P., Nagaeva Z.M., Shagapov V.S. Fluid Flow to a Well through a Radial Hydraulic Fracture in a Porous Medium at Constant Flow Rate // Fluid Dyn. 2023. Vol. 58, № 2. P. 240–251.
- 9) Schapery R. Approximate Methods of Transform Inversion for Viscoelastic Stress Analysis // Proc. 4th US. Nat. Congr. appl. Mech. 1962. Vol. 2.