

Рост трещины газового разрыва в пористой среде¹

Тагирова Василина Рифовна

аспирант

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: vtaghirova@gmail.com

Технология газового разрыва наряду с гидроразрывом является одним из эффективных способов повышения нефтедобычи. В работе исследована задача о распространении трещины газового разрыва в пористой среде в предположении, что газ вязкий, совершенный, течение адиабатическое. Допущение о малой ширине трещины относительно ее высоты и длины позволяет исследовать задачу в рамках PKN-модели [1,2].

Построена замкнутая система уравнений, описывающая эволюцию раскрытия трещины, глубины проникания газа в пласт и скорости газа внутри трещины, когда на входе в трещину задано либо давление газа, либо его расход. Рассмотрены предельные режимы малого и большого просачивания газа в окружающий пласт, а также режим конечного просачивания. Показано, что система уравнений имеет автомодельные решения только двух типов: степенного и экспоненциального.

В предельных режимах малого и большого просачивания представлено однопараметрическое семейство автомодельных решений, в частности степенного вида. Внешним определяющим параметром семейства решений является показатель в степенном законе изменения давления (расхода) газа со временем на входе в трещину. Исследована зависимость решений от определяющего параметра задачи, а также проведено сравнение с автомодельными решениями задачи гидроразрыва, полученными в работе [3].

Так, безразмерная система уравнений задачи газового разрыва имеет математическую аналогию с задачей гидроразрыва, что позволяет сравнивать решения обеих задач. Полная аналогия достигается в режиме малого просачивания газа в грунт, когда газ полагается несжимаемым. В случае конечного просачивания автомодельные решения имеют место, когда либо расход на входе в трещину растет со временем по квадратичному закону, либо давление — по линейному, что качественно совпадает с решением автомодельной задачи гидроразрыва. При режиме большого просачивания эти задачи существенно различаются по характеру зависимости решений от определяющего параметра (рис.1), в частности длина трещины при газовом разрыве возрастает, а при гидроразрыве убывает с ростом этого параметра.

В окрестности носика трещины исследована асимптотика решения и получены аналитические выражения для длины трещины в предположении, что для асимптотического приближения выполняется граничное условие в начале трещины. Полученные результаты хорошо согласуются с автомодельными решениями соответствующей задачи (газового или гидравлического разрыва), сопоставление проведено на примере зависимости длины трещины от определяющего параметра задачи (рис. 1). Показано, что показатель адиабаты газа практически не влияет на размеры трещины в слабопроницаемом грунте, в сильнопроницаемом же грунте длина трещины незначительно падает с ростом показателя адиабаты.

¹ Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 05-08-01435) и программы поддержки ведущих научных школ (НШ-8270.2006.1).

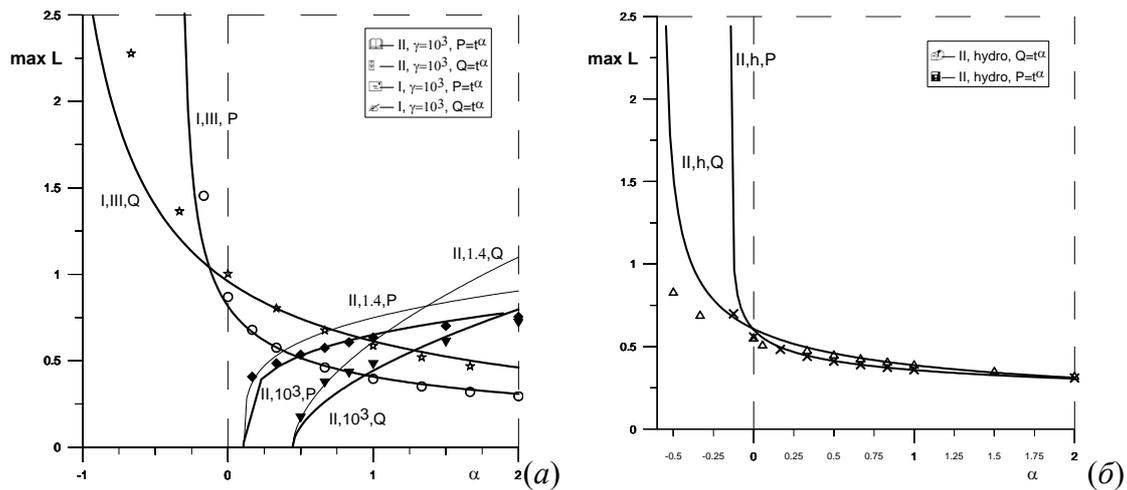


Рис. 1. Зависимость длины трещины L от входного параметра α ; сравнение асимптотического приближения (сплошные кривые) с численными расчетами автомодельной задачи (точки) в случаях: *I* — малое просачивание газа (жидкости) в грунт, *II* — большое просачивание, *III* — конечное просачивание; при заданном расходе газа (жидкости) на входе в трещину $Q(t,0) = t^\alpha$ либо давлении $P(t,0) = t^\alpha$ для газового разрыва (а) при постоянной адиабате $\gamma = 1.4, 10^3$ и для гидроразрыва (б).

В слабопроницаемом грунте при одинаковых граничных условиях на входе в трещину за один и тот же промежуток времени размерная длина трещины газового разрыва превосходит по величине размерную длину трещины гидроразрыва.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Nordgren R. Propagation of vertical hydraulic fractures. // Soc.Petrol.Eng.Journal. 1972. V. 12. № 4. P. 306–314.
- [2]. Perkins T.K., Kern L.R. Widths of hydraulic fractures. // J.Petrol.Technol. 1961. V. 13. № 9. P. 937–949.
- [3]. Смирнов Н.Н., Тагирова В.Р. Автомодельные решения задачи о формировании трещины гидроразрыва в пористой среде. // Изв. РАН, МЖГ. 2007. № 1. С. 70–82.