

0.1. *Кадырова О.А.* Применение плоской трехмерной модели ГРП для описания распространения трещины в образце малого размера

В работе проведено сравнение результатов моделирования распространения трещины гидроразрыва с экспериментальными данными, полученными при закачке вязкой жидкости в образец малого размера. Целью сравнения является оценка возможности модели описывать развитие трещины с используемыми при проведении эксперимента параметрами. Отличие результатов моделирования и эксперимента покажет, что часть процессов описывается в модели с недостаточной точностью. Обеспечение совпадения результатов путем варьирования параметров даст направление корректировки модели. В дальнейшем с помощью модели, хорошо описывающей лабораторные эксперименты, можно будет обобщить результаты последних, на реальные трещины в пластах.

Для моделирования использовалась плоская трехмерная модель гидроразрыва пласта [1], доступная в виде программного продукта с открытым кодом [2]. Экспериментальные данные взяты из работы [3], в которой описано вызванное закачкой вязкой жидкости распространение трещины в гранитном образце цилиндрической формы. Полученная в эксперименте зависимость объема трещины от времени использовалась при задании условий в модели, а зависимости радиуса и давления в скважине – для оценки качества результатов численного моделирования.

При проведении моделирования выявлены проблемы, связанные с особенностями экспериментальных данных: зависимости объема, радиуса и давления от времени зашумлены, что делает невозможным получение их точных значений в конкретные моменты времени.

Так, скорость закачки жидкости в трещину не может быть получена путем дифференцирования объема трещины, который определяется в эксперименте с искажениями. В работе предложено несколько способов аппроксимации объема гладкими функциями из различных классов с помощью метода наименьших квадратов. Это позволяет задавать производную от аппроксимированного объема в модель в качестве скорости закачки. Также предложен способ аппроксимации радиуса трещины, который определяется в эксперименте по положению акустических событий и наряду с давлением используется для оценки погрешности численной модели.

Использование точных параметров в качестве входных для модели приводит к существенному завышению скорости распространения трещины и занижению давления. Повышение при моделировании коэффициента вязкости жидкости, влияющего на радиус и давление, позволяет получить их зависимо-

сти, более близкие к экспериментальным. То есть изменение входных параметров может компенсировать неучет некоторого присутствующего в эксперименте эффекта, который не описывается в модели. Например, это может свидетельствовать о наличии дополнительного гидравлического сопротивления в трещине, которое не учитывается при использовании решения задачи о течении Пуазейля для описания движения жидкости в трещине.

Список литературы

1. A. Peirce, E. Detournay An implicit level set method for modeling hydraulically driven fractures *Comput. Methods Appl. Mech.*, 197 (2008), pp. 2858-2885
2. Zia, H., Lecampion, B. 2020, "PyFrac: A Planar 3D Hydraulic Fracture Simulator," *Comput. Phys. Commun.*, 255, p. 107368. 10.1016/j.cpc.2020.107368 URL: <https://pyfrac.epfl.ch/index.html>
3. Shevtsova, A., Stanchits, S., Filev, E. et al. Assessment of Saturation Effect on Hydraulic Fracturing in Sandstone and Thermally Treated Granite. *Minerals* 2023, 13, 777. URL: <https://doi.org/10.3390/min13060777>