

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

В работе было проведено сравнение результатов моделирования одномерной и плоской трехмерной моделей гидроразрыва пласта, а также сравнение с экспериментальными данными. Целью явилось изучение вопроса возможности корректного описания развития трещины при использовании параметров, полученных из эксперимента.

Одномерная модель даёт близкий к экспериментальному объём при подаче в неё зависимости давления от времени в качестве одного из входных параметров. В плоскую же трехмерную модель гидроразрыва пласта [1], доступную в виде программного продукта с открытым кодом [2], подаётся зависимость скорости закачки жидкости от времени, а выходным параметром является давление. Экспериментальные данные взяты из работы [3], в которой описано вызванное закачкой вязкой жидкости распространение трещины в гранитном образце цилиндрической формы.

Проведено сравнение результатов расчёта модели с аналитическими решениями при постоянном расходе для параметров, предложенных в документации модели, и для параметров эксперимента. Для сравнения с аналитическим решением задавались различные значения радиуса скважины. Наибольшую чувствительность к изменению сетки имеет зависимость давления от времени. Найдено соотношение, которое при известных размерах сетки, значениях давления, вычисленных с помощью PyFrac, и заданном значении радиуса скважины переводит вычисленное давление в давление, полученное в аналитическом решении при постоянной скорости закачки жидкости.

В эксперименте же скорость закачки не является постоянной и зависимость объёма, является более зашумленной, нежели зависимость давления от времени. Было предложено перенести соотношение, которое переводит давление из полученного численным способом в аналитическое, на случай, когда расход жидкости не постоянен, поскольку радиус скважины известен в эксперименте. Таким образом стремимся убрать влияние перестроения сетки при моделировании и учесть влияние радиуса скважины.

Проблема отсутствия гладкости зависимости объёма от времени, производная от которой является одним входных параметров модели, решается с помощью аппроксимации. Также предложен способ аппроксимации радиуса трещины, который определяется в эксперименте по положению акустических событий и наряду с давлением используется для оценки погрешности численной модели. Несовпадение результатов моделирования и зависимостей, полученных из эксперимента, указывает на необходи-

мость усовершенствования модели, а уменьшение отличия путём варьирования входных параметров покажет, что именно необходимо изменить.

В дальнейшем с помощью модели, хорошо описывающей лабораторные эксперименты, можно будет обобщить результаты последних, на реальные трещины в пластах. Использование экспериментальных параметров в качестве входных для модели приводит к завышению скорости распространения трещины и занижению давления. Повышение при моделировании коэффициента вязкости жидкости, влияющего на радиус и давление, изменение зависимости скорости закачки от времени, которая взята для сравнения из одномерной модели, а также учёт радиуса скважины позволяют получить зависимости, более близкие к экспериментальным.

Таким образом, изменение входных параметров перед подачей в модель, уменьшает разницу между численными и экспериментальными результатами. Это указывает на неточность модели в описании процессов, происходящих при развитии трещины. Например, это может свидетельствовать о наличии дополнительного гидравлического сопротивления, которое не учитывается при использовании решения задачи о течении Пуазейля для описания движения жидкости в трещине.

Научный руководитель — д.ф.-м.н. Лапин В. Н.

Список литературы

- . Peirce, E. Detournay An implicit level set method for modeling hydraulically driven fractures *Comput. Methods Appl. Mech.*, 197 (2008), pp. 2858-2885
URL: <http://dx.doi.org/10.17632/gv7yy9mmwj.1>
Zia, H., Lecampion, B. 2020, "PyFrac: A Planar 3D Hydraulic Fracture Simulator," *Comput. Phys. Commun.*, 255, p. 107368
URL: <https://pyfrac.epfl.ch/index.html> 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>