Основная цель – повышение нефтеотдачи при разработке месторождения. Достигается путем выбора оптимальной системы разработки и корректным управлением системой ППД. Для последнего необходимо учитывать возникновение негативных эффектов. К таким относится автоГРП – возникновение и распространение техногенных трещин вследствие большого объема закачки жидкости в скважину. Отличие автоГРП от ГРП в том, что ГРП – это управляемый, целенаправленный процесс, а автоГРП таковым не является. Следовательно, для корректного управления закачкой нужно учитывать их наличие на скважинах и понимать их геометрию (здесь под геометрией подразумевается, грубо говоря, то, как растут трещины – в длину на большие расстояния, или в высоту, прорывая вышележащие пласты). Для моделирования автоГРП необходимо решать связанную трехмерную пороупругую задачу, что, к сожалению, очень затруднительно из-за большого количества вычислительных затрат. Поэтому было необходимо создать упрощенную модель трещины, способную дать оценку возможности роста трещины в высоту.

В основе разрабатываемой модели лежит классическая PKN модель трещины. Трещина в этой модели представляется (тут перечисляю предположения модели). Для растущей PKN трещины получены 4 асимптотических решения (Донцов, 2021) – storage viscosity, storage toughness, leak-off viscosity, leak-off toughness. Каждое решение получено в предположении доминирования того или иного параметра (storage – жидкость накапливается в объеме трещины, leak-off – преобладают утечки в пласт через стенки трещины, viscosity – на рост трещины большее влияние оказывает вязкость закачиваемой жидкости, toughness – на рост большее влияние оказывает трещиностойкость породы. Так как в случае автоГРП жидкость разрыва низковязкая и, в основном, доминируют утечки жидкости в пласт, мы можем воспользоваться решением leak-off toughness, для которого давление и раскрытие в каждом вертикальном сечении в растущей PKN трещине постоянно по всей ее длине. Следовательно, мы можем провести декомпозицию исходной трехмерной связанной пороупругой задачи на три меньшие задачи, однако придется избавится также и от изначальной связанности задачи. И здесь необходимо учесть влияние изменения порового давления вокруг трещины на НДС пласта. В пороупругости существуют понятия эффективных и полных напряжений. Эффективные напряжения отражают ту нагрузку, которую берет на себя скелет породы. Полные напряжения учитывают, как скелет породы, так и жидкую составляющую в порах. При этом, при увеличении порового давления происходит расширение пор, в результате чего изменяется НДС пласта. Напряжения, вызванные изменением порового давления, носят название обратных напряжений или бэкстресса. В данной работке для оценки бэкстресса использовался подход, приведенный в статье Е. Донцова, в котором предполагалось, что поле перемещений точек породы является потенциальным.

Ключевые моменты:

В классической модели утечки по закону Картера. В моей по закону Дарси.

Можно произвести декомпозицию задачи на 3 составляющие: Решение задачи фильтрации жидкости в пласт с гран условием течения жидкости по трещине, решение задачи о раскрытии трещины в вертикальном сечении, где раскрытие инициируется приложением на стенки трещины давления, найденного при решении задачи фильтрации. Однако здесь необходимо учесть такой пороупругий эффект как обратные напряжения или бэкстресс. Вызваны они тем, что при закачке жидкости в пласт давление в порах увеличивается, сами поры расширяются, а скелет породы деформируется, что и приводит к изменению поля напряжений. Оценка бэкстресса была произведена с применением подхода, описанного в статье Е. Донцова. Необходимо также отметить, что декомпозиция задачи возможна только в случае ухода от связанности задачи. Уравнение фильтрации решается в упрощенном виде, пренебрегая влиянием объемных деформаций на поровое давление.

Модель пятислойная, с контрастом напряжений в песчаниках и глинах. Фильтрация в глины отсутствует.

В случае когда выполняется критерий роста трещины, ее длина увеличивается на 1 м.