

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ КАНАЛОВ
ПРИ РАДИАЛЬНОМ ВСКРЫТИИ ПРОДУКТИВНОГО ПЛАСТА**

Букша С.А.

Научный руководитель старший преподаватель Ю.А. Максимова
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Технология радиального вскрытия пласта разработана компанией Rad Tech International Inc, которая в конце 70-х гг. провела первые мероприятия на добывающих скважинах. В России старт применения данной технологии датируется началом «нулевых», при этом результаты применения зачастую характеризуются как крайне положительные, однако, широкого распространения эта операция не получила. Ограниченная применимость радиального вскрытия пласта связана с несколькими проблемами реализации проектов с применением данной технологии, одной из которых является ограниченная применимость существующих программных продуктов при моделировании радиального вскрытия пласта.

Радиальное вскрытие пласта, или кислотоструйное туннелирование – разновидность геолого-технических мероприятий, направленных на гидроэрозионное разрушение горных пород при помощи вскрытия пласта большим количеством каналов протяжённостью до 100 м и диаметром до 50 мм. Операция производится в остановленной скважине, из которой извлечено подземное оборудование. На колонне насосно-компрессорных труб в скважину спускается и фиксируется на необходимой глубине отклонитель, после чего спускается фреза, создающая технологическое отверстие в обсадной колонне. Далее в скважину спускается гибкая насосно-компрессорная труба с гидромониторной насадкой. По ней под большим давлением (до 1020 атм.) подаётся рабочая жидкость, разрушающая породу гидроэрозионным воздействием.

Ввиду описанных выше характеристик каналов, создаваемых в результате радиального вскрытия пласта – протяжённость до 100 м и диаметр до 50 мм, к моделированию эффекта от данного мероприятия существует несколько подходов, которые можно условно разделить на две категории: классический дизайн радиального вскрытия пласта и его альтернативные представления в гидродинамической модели, предполагающие увеличение эффективности дренирования скважиной зоны призабойной зоны пласта на базе задания отрицательного скин-фактора, временного увеличения проницаемости зоны дренирования (K_{mod}). Столь обширный список вариантов моделирования радиального вскрытия пласта объясняется тем, что ввиду малой (в сравнении с межскважинным пространством) протяжённости каналов, их длина занимает лишь одну-две ячейки модели в лучшем случае, то есть для каналов длиной 100 м. В случае, когда длина канала не достигает и 20 метров, весь канал располагается в рамках одной ячейки. Таким образом, в условиях стандартной сетки, точность такого подхода к моделированию вызывает вопросы. Решением данной проблемы моделирования радиального вскрытия пласта может стать переход к более мелкой сетке в зоне радиального вскрытия пласта и моделирование каналов классическим методом. По результатам исследований, такой подход частично решает данную проблему, однако, для каналов малой протяжённости, требуется существенное уменьшение ячеек сетки, что приводит к значительному увеличению времени расчёта даже single-well модели. Ожидаемо, при большом количестве каналов радиального вскрытия пласта, для нескольких десятков скважин в масштабах модели целого пласта, время расчёта возрастает до неприемлемых значений. Наиболее выгодным, с точки зрения времени расчёта, является моделирование радиального вскрытия пласта изменением проницаемости призабойной зоны пласта. Недостатком метода является пренебрежение информацией о расположении каналов, их траектории и длине. Допустим, что для горизонтальной скважины при помощи радиального вскрытия пласта создаются боковые каналы, отходящие от главного ствола строго перпендикулярно и горизонтально, то есть по схеме, близкой к рыбьей кости. Для такого расположения каналов, моделирование системы каналов изменением проницаемости призабойной зоны пласта будет создавать избыточную вертикальную фильтрацию, в результате которой модель может ошибочно предсказать «подтягивание» воды или газа в скважину. Решением данной проблемы может стать изменение проницаемости в различной степени по каждой из осей x , y , z в зависимости от расположения каналов и иных параметров.

Суть предлагаемого подхода заключается в поиске для каждой из конфигураций каналов эквивалентную ей изменённую призабойную зону пласта, параметры которой (проницаемость по компонентам x , y , z , радиус модифицированной зоны) могут быть найдены, исходя из информации о расположении каналов, их геометрической форме и распределении проницаемости по длине каналов. Функции отображения исходной модели в модель-аналог может быть найдена численными методами. Поиск функции будет производиться посредством генетического алгоритма в рамках гидродинамической модели, написанной на языке программирования `matlab`. Для обобщения найденного решения, входные параметры функции, то есть параметры пласта, скважины и системы каналов, необходимо представить в безразмерном виде. Далее для каждого из безразмерных входных параметров будут созданы несколько атрибутов – функций от одиночных параметров или от сочетания нескольких безразмерных параметров. Для каждого атрибута будет подобран весовой коэффициент. Выходные переменные, которые также будут представлены в безразмерном виде, будут получаться из сумм атрибутов с весовыми коэффициентами.

Алгоритм поиска целевой функции может быть следующим: в гидродинамической модели создаётся скважина с системой каналов радиального вскрытия пласта, параметры для которых будут случайными в заданных интервалах (необходимо во избежание переобучения модели). Далее для полученной скважины будет рассчитываться поле распределения давления в пласте после месяца работы скважины (параметры работы скважины также будут заданы случайно в заданных интервалах). Из размерных параметров скважины и системы каналов будут рассчитываться безразмерные параметры (входные параметры функции), из которых будут рассчитываться атрибуты, которые, с учётом весовых коэффициентов, будут давать выходные безразмерные параметры функции, из которых в итоге будут получены размерные параметры модели скважины без системы каналов, но с изменённой призабойной зоной пласта.

СЕКЦИЯ 6. ТЕХНОЛОГИИ ОЦЕНКИ, УПРАВЛЕНИЯ И РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА, МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Для полученной модели в условиях работы, аналогичных исходной скважине, также будет рассчитываться поле распределения давления. Величина среднеквадратичной ошибки между исходным и полученным распределениями является целевым параметром, который в ходе обучения модели посредством генетического алгоритма будет снижаться от итерации к итерации. Изменяемыми параметрами при этом будут являться весовые коэффициенты при атрибутах безразмерных входных параметров. Условная блок-схема алгоритма поиска целевой функции представлена на рисунке.



Рис. Алгоритм поиска целевой функции

Полученные весовые коэффициенты, в совокупности со значимыми атрибутами, будут являться функцией отображения, которая позволит переходить от классического моделирования системы каналов радиального вскрытия пласта с измельчением сетки к изменению проницаемости призабойной зоны пласта без существенной потери точности, но со значительным увеличением скорости расчёта модели.

Литература

1. Кызыма К. Ю. и др. Потенциал технологии кислотоструйного туннелирования на месторождениях «Газпромнефть-Оренбурга» // ПРОНЕФТЬ. Профессионально о нефти. – 2021. – Т. 6. – № 1. – С. 47-53.
2. Суходанова С. С. и др. Технологии радиального вскрытия в условиях карбонатных пластов как способ увеличения добычи нефти. От теории к масштабным ОПР // ПРОНЕФТЬ. Профессионально о нефти. – 2022. – Т. 7. – № 3. – С. 52 - 62.
3. Лягов И. А., Лягов А. В., Шайдаков В. В., Грогуленко В. В., Зинатуллина Э. Я. Техническая система «Перфобур» для вторичного вскрытия продуктивного пласта // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2022. – № 2(350). – С. 47–52.