

## Производительность горизонтальной скважины со сложным профилем в анизотропном пласте

*Ф.Н. Доманюк  
(РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина)*

В последние годы в практике добычи нефти и газа все большее распространение получают скважины со сложным пространственным профилем горизонтального участка в продуктивном пласте. К настоящему времени не разработано достаточно точных и надежных аналитических методов определения дебитов скважин со сложным профилем, что существенно затрудняет процесс их проектирования.

В работе рассматривается разработанная автором модель притока жидкости к скважине сложного профиля. Основная идея метода заключается в том, что скважина моделируется цепочкой сфер равного радиуса, ориентированных вдоль заданной траектории. При этом поверхности соседних сфер соприкасаются друг с другом. Условие непротекания на кровле и подошве обеспечивается вводом в систему фиктивных источников-сфер, а задача по определению профиля притока сводится к рассмотрению совместной работы всех сфер в пространстве. Решение соответствующих систем уравнений реализовано в программном комплексе Matlab для следующих типов траекторий скважин:

- скважины с прямолинейным профилем ствола (вертикальные, наклонно направленные, горизонтальные), произвольно ориентированные относительно кровли и подошвы;
- скважины, профиль которых в продуктивной части пласта искривляется в вертикальной плоскости;
- скважины, профиль которых в продуктивной части пласта искривляется в горизонтальной плоскости.

Полученное решение уравнения Лапласа в трехмерном пространстве включает быстросходящиеся бесконечные суммы. Анализ рядов, выполненный в пакете Mathematica, позволил существенно упростить исходное решение и получить простые и достаточно точные аналитические выражения для определения дебитов скважин перечисленных выше типов в анизотропной среде. Точность расчетных формул оценивалась путем их сопоставления с численным решением задачи.

На основании полученных аналитических моделей притока проведена количественная оценка влияния различных факторов на добычные возможности сложнопрофильных скважин. В частности, показано, что основное влияние на дебит скважины оказывают следующие параметры: толщина пласта, анизотропия и геометрические параметры скважины (длина вдоль оси ствола, высота «ребра» и их число, степень искривления траектории). Установлено, что в пластах с невысоким соотношением горизонтальной и вертикальной проницаемостей проводка волнообразных скважин неэффективна вследствие больших затрат при бурении и меньшего дебита таких скважин по сравнению с горизонтальными скважинами.