

Вариационная постановка и конечно-элементный подход к решению задачи о притоке жидкости к скважинам сложной геометрии

Д.А. Самоловов
(ЗАО «Тюменский институт нефти и газа»)

Целью работы являются разработка наиболее общего подхода к проектированию скважин сложной геометрии и создание программного комплекса, реализующего данный подход для расчета характеристик притока: поля давлений, продуктивности скважин. Рассматриваемая в работе задача о притоке жидкости к скважине (системе скважин) сложной геометрии сформулирована вариационно. Конечно-элементная аппроксимация решения гладкими нелинейными функциями привела задачу к задаче о нахождении минимизатора квадратичного функционала. Создан программный комплекс, реализующий решения поставленной задачи. Применяется метод конечных элементов для аппроксимации членов уравнений. Предлагаемый подход к решению задачи является альтернативой стандартному подходу – моделированию скважин сложной геометрии в коммерческих гидродинамических симуляторах. Он позволяет грамотно учитывать направление ствола скважины относительно координатных осей, при одних и тех же затратах машинного времени получать более качественные решения или при одних и тех же заранее заданных требованиях к качеству решения затратить меньше машинного времени по сравнению с стандартным подходом.

Практическое значение заключается в следующем.

1. Вариационная постановка уменьшает порядок уравнений, описывающих процесс. Это снижает требования к дискретизации выражений, входящих в уравнения. При обычной постановке порядок уравнений 2-й, при вариационной – 1-й.

2. Решение строится на основе непрерывных функций, значение которых известно в любой заранее заданной точке. При обычной конечно-разностной аппроксимации значения определяются только в заранее заданном ограниченном числе точек. Непрерывность используемых функций позволяет при одних и тех же затратах машинного времени получать более качественные решения, или при одних и тех же заранее заданных требованиях к качеству решения затратить меньше машинного времени.

3. Конечно-элементное разбиение области фильтрации позволяет автоматизировать процесс проводки скважин. Конечно-элементная сетка – гибкий объект и может легко подстраиваться под траекторию скважин. Это позволяет также отказаться от использования радиуса Писмена для представления притока к горизонтальным скважинам как к вертикальным, работающим в цилиндрическом пласте.

Возможность применения: расчет характеристик скважин сложной геометрии при проектировании; расчет систем сложных скважин; проектирование гидродинамических исследований скважин сложной геометрии.