

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПРОНИЦАЕМОСТИ ПРИ ФИЛЬТРАЦИИ НЕСЖИМАЕМЫХ ЖИДКОСТЕЙ

Сорокин Александр Геннадьевич

Старший преподаватель кафедры геофизики МГРИ – РГГРУ

Российский Государственный Геологоразведочный Университет
им. С. Орджоникидзе (МГРИ – РГГРУ)

В теории фильтрации ньютоновских жидкостей принято рассматривать средние скорости фильтрации, истинные распределения не рассматриваются. Средние фильтрационные скорости отличаются от истинных средних скоростей течения жидкости в капиллярах с точностью до константы, при условии недеформируемости пористой среды. В фильтрационных расчётах установившихся движений используются уравнения Жуковского, решая которые с привлечением теории конформных отображений можно определить средние фильтрационные скорости в каждой точке самых разнообразных моделей. Использование конформных отображений не даёт настоящих фильтрационных скоростей в каждой точке, так как уравнения Жуковского задают средние скорости, поле которых преобразуется впоследствии.

Существует точка зрения, что из-за сложной структуры поровых каналов стандартное применение уравнений Навье-Стокса для решения фильтрационных задач не представляется возможным. Однако, существует и подход, основанный на аппроксимации порового пространства эквивалентной системой извилистых трубок (капилляров), в которых присутствует ламинарный поток Гагена-Пуазейля.

Для аппроксимации порового пространства традиционно используется модель Козени-Кармана. В настоящем докладе модель Козени-Кармана была уточнена. Далее перечислим рассмотренные в докладе позиции.

Предложена формула проницаемости породы, аппроксимированной извилистыми трубками.

Обнаружен параметр экстенсивной проницаемости Φ , однозначно связывающий теоретические проницаемости, получаемые по данным исследований керна, с теоретическими проницаемостями, получаемыми по данным гидродинамических исследований скважин. Значение параметра экстенсивной проницаемости Φ является постоянной величиной для некоторого данного типа горных пород. При высоком Φ - приток жидкости должен быть наиболее вероятен.

Приведена классификация типов скоростей ламинарного установившегося движения ньютоновских жидкостей в пористой среде. А именно, скорости течения ньютоновской жидкости в пористой среде с переходом от микроразмера к макроразмеру можно подразделять на следующие виды:

1. истинную скорость v в минимальном элементе внутри порового канала;
2. среднюю истинную скорость v_{cp} в сечении единичного порового канала;
3. фильтрационную скорость w в элементе сечения пористой среды, представляющем собой суммарное сечение окрестностей единичного эквивалентного порового канала и сечение его самого;
4. среднюю фильтрационную скорость w_{cp} в макросечении пористой среды.

Показано сходство фильтрационного течения с течением Гагена-Пуазейля. Предложена модель распределения фильтрационных скоростей ламинарного плоскорадиального притока к совершенной по вскрытию скважине.

Получены следующие выводы:

1. Распределения фильтрационных скоростей w для простейших пористых сред – параболы;
2. Данные решения сводятся к единому уравнению. При отсутствии межпорового пространства $w = v$, $\zeta = 1$, это уравнение непосредственно приходит к уравнению Навье-Стокса;
3. Фильтрационное течение в рассмотренных случаях аналогично течению Гагена-Пуазейля;
4. Из полученных решений следует, что подвижность нефти вблизи непроницаемых границ минимальна. Это может являться одной из причин малых значений коэффициента извлечения нефти (КИН). Следует отметить, что малая подвижность флюида вблизи границ может обуславливать уменьшение реальной фильтрационной мощности пласта, что снижает достоверность определения проницаемости на вязких флюидах. Кроме того, из решений следует, что вблизи скважины число Рейнольдса резко возрастает, что приводит к уменьшению проницаемости скин-зоны а также занижает КИН. Таким образом, в интервале скин-зоны ламинарная модель может не выполняться, тогда расчёты в этом интервале необходимо проводить по турбулентной модели;

5. Из формул следует, что проницаемость кернa зависит от квадрата его радиуса, а проницаемость напорного пласта зависит от квадрата его мощности, что может являться одной из причин занижения коэффициента проницаемости по керну и большого разброса данных при корреляции проницаемости по керну и ГДИС. При одинаковом удельном количестве капилляров связь проницаемости с квадратом радиуса кернa пропадает, однако, притом же, удельном количестве капилляров связь проницаемости с квадратом мощности пласта продолжает иметь место.