ЛИТЕРАТУРА

1. Бабушкин В. Д. К вопросу определения водопроницаемости пород в зоне кольматации их. Тр. Совещания по вопросам водопонижения в гидротехническом строительстве, Госстройиздат, 1959.
2. Ли Ци-цюань. Приток жидкости к скважинам в неоднородных пластах. Изв. АН СССР, Механика и машиностроение, 1960, № 5.
3. Нумеров С. Н., Баргесян Р. М. О дополнительных фильтрационных сопротивлениях несовершенного дренажа (горизонтального и вертикального) в случае фильтрации жидкости в гидравлически связанных пластах. Тр. Координационных совещаний по гидротехнике, Изд. «Энергия», 1966, вып. 25.
4. Стклянин Ю. И. Потенциал несовершенной скважины в двухслойном однородно-анизотропном радиальном пласте. Инж. ж., 1962, т. 2, № 1.
5. Полубаринова-Кочина П. Я. Теория движения грунтовых вод, Гостехиздат, 1952.
6. Маскет М. Движение однородной жидкости в пористой среде. Гостоптехиздат, 1949.
7. Веригин Н. Н. Метод расчета осушения строительных котлованов с помощью несовершенных скважин. Тр. Совещания по вопросам понижения в гидротехническом строительстве, Госстройиздат, 1959.
8. Веригин Н. Н. Методы определения фильтрационных свойств горных пород. Госстройиздат, 1962.
9. Шестаков В. М. Теоретические основы оценки подпора, водопонижения и дренажа. Изд. МГУ, 1965.

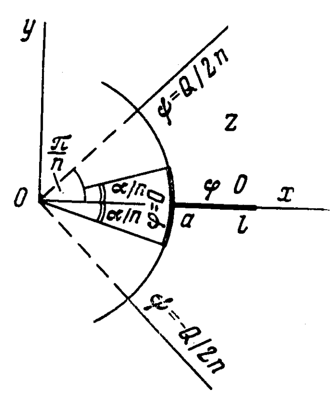
О ПРИТОКЕ К СКВАЖИНАМ С ЩЕЛЕВЫМ ФИЛЬТРОМ

М. Г. АЛИШАЕВ *(Махачкала)*

Обзор работ, посвященных притоку к несовершенным скважинам, можно найти в книге [1].

Ниже приводится решение задачи о притоке к скважине, частично раскрытой по всей мощности пласта некоторым числом щелей и вертикальными трещинами вдоль этих щелей. Указана геометрическая интерпретация приведенного радиуса скважины в простейших случаях.

Пусть скважина радиуса a симметрично раскрыта одинаковыми щелями с центральным углом раствора $2\alpha / n$, где n — число щелей, так что общая раскрытая часть скважины составляет центральный угол 2α. Пусть, далее, каждая щель посредине прорезана вдоль вертикали по направлению радиуса трещиной глубины l, считая от центра скважины ($l \geqslant a$). На поверхности щелей и в трещинах значение потенциала примем постоянным и равным нулю, а на нераскрытой части скважины нормальную составляющую скорости — равной нулю. Это допущение означает, что перепад давления вдоль трещины не учитывается, и, очевидно, приемлемо для неглубоких трещин. Пласт будем считать бесконечным (фигура).



Комплексный потенциал течения $w(z)$ легко найти методом конформных отображений: вырежем на плоскости течения вдоль линий тока сектор $-\pi / n < \arg z < \pi / n$, отобразим его степенной функцией на целую плоскость, преобразованием Жуковского скважину превратим в «лепешку», обратным преобразованием часть «лепешки», где потенциал равнялся нулю, преобразуем в круг

$$w = -\frac{Q}{2\pi n} \ln \frac{\zeta + \sqrt{\zeta^2 - r_c^{2n}}}{r_c^n} \qquad (1)$$

$$\zeta = \frac{1}{2}\left(z^n + \frac{a^{2n}}{z^n}\right) - a^n \cos\alpha - r_c^n, \quad r_c^n = a^n \sin^2\frac{\alpha}{2} + \frac{(l^n - a^n)^2}{4l^n}$$

На большом удалении от скважины при $|z| \gg l$ эквипотенциалями будут окружности и течение совпадает с притоком к скважине другого (приведенного) радиуса r_c. Считая заданным давление p_k на круговом контуре питания радиуса R для расхода Q и дополнительного сопротивления C имеем

$$Q = \frac{2\pi k}{\mu} \frac{p_k - p_c}{\ln(R/r_c)} = \frac{2\pi k}{\mu} \frac{p_k - p_c}{\ln(R/a) + C}, \qquad C = -\frac{1}{n} \ln\left\{ \sin^2 \frac{\alpha}{2} + \frac{(l^n - a^n)^2}{4a^n l^n} \right\} \tag{2}$$

Отсюда вытекает, что дополнительное сопротивление довольно быстро убывает с ростом числа щелей n и становится отрицательным при

$$l > a(2 + \cos\alpha + \sqrt{(2 + \cos\alpha)^2 - 1})^{1/n}$$

Если скважина имеет лишь одну щель ($n = 1$) и не имеет трещины ($l = a$), то приведенный радиус представляет собой радиус круга, вписанного в ограниченный открытой частью скважины сегмент.

Если скважина имеет две щели и не имеет трещин, то приведенный радиус равен половине хорды, стягивающей открытую часть скважины.

Если приток происходит только через одну трещину ($n = 1$, $\alpha = 0$), то приведенный радиус скважины удовлетворяет соотношению $2r_c / (l - a) = (l - a) / 2l$.

Формулы (1) перестают быть справедливыми, если задано постоянное давление на круговом контуре радиуса R, сравнимом с глубиной трещины l, так как при $|z| \sim l$ эквипотенциалями решения (1) не являются окружности. Точное решение задачи и для этого случая нетрудно выписать через эллиптические интегралы, пользуясь методом конформных отображений, как делается для подобных задач в книге [2]. Но при этом для определения дебита приходится решать систему трансцендентных уравнений. Если же предположить радиус скважины a равным нулю, что оправдано при $l \gg a$, выкладки значительно упрощаются, и для определения дебита получим формулу

$$Q = \frac{2nk}{\mu}(p_k - p_c)\frac{K(\cos\gamma)}{K(\sin\gamma)}, \qquad \sin\gamma = \frac{R^n - l^n}{R^n + l^n}$$

Из (2.1) следует, что $Q \to \infty$ при $l \to R$. Последнее указывает на необходимость учета перепада давления вдоль трещины при их значительной глубине.

Поступило 17 I 1967

ЛИТЕРАТУРА

1. Чарный И. А. Подземная гидрогазодинамика. Гостоптехиздат, 1963.
2. Полубаринова-Кочина П. Я. Теория движения грунтовых вод. Гостехиздат, 1952.

О ДВИЖЕНИИ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА ДВУХ ЖИДКОСТЕЙ В ПОРИСТОЙ СРЕДЕ

Р. М. КАЦ *(Москва)*

В работе получено интегро-дифференциальное уравнение движения границы раздела двух несжимаемых жидкостей в различных системах площадной расстановки скважин. Приводится решение уравнения для пятиточечной системы в форме степенного ряда по времени. Предлагаются формулы, описывающие движение частиц, принадлежащих границе раздела, по неизменяющимся линиям тока для пятиточечной, семиточечной и девятиточечной систем расстановки скважин. Рассчитаны коэффициенты охвата пласта вытесняющей пластовую нефть жидкостью (в условиях пятиточечной системы) к моменту прорыва последней в эксплуатационные скважины. Результаты вычислений сравниваются с данными экспериментов [1].

1. Неограниченный горизонтальный нефтяной пласт (проницаемость k, мощность h и пористость m постоянны) разрабатывается бесконечной системой чередующихся равнодебитных эксплуатационных и нагнетательных скважин, которые в рассматриваемом случае имитируются линейными стоками и источниками постоянной обильности, вскрывающими пласт на всю мощность. Пористая среда и жидкости считаются несжимаемыми, фильтрация подчиняется закону Дарси.

Предполагается, что вытеснение поршневое (случай Лейбензона — Маскета). В этих условиях граница раздела — цилиндрическая поверхность, и в любом сечении ее горизонтальной плоскостью картина течения идентична, что дает возможность считать задачу плоской.