

УСКОРЕННЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА ДЕБИТА НЕСОВЕРШЕННЫХ СКВАЖИН В УСЛОВИЯХ НАПОРНЫХ ВОД

С. П. Албул

Для определения дебита несовершенных скважин в условиях напорных вод в гидрогеологической практике применяется ряд формул, предложенных П. П. Аргуновым [1], Г. Н. Каменским [2], И. Козени [4], М. Маскетом [3] и др. Как известно, расчеты по этим формулам требуют сравнительно много времени и часто трудны для среднего технического персонала.

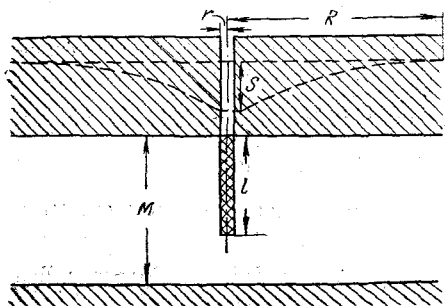


Рис. 1. Схема несовершенной скважины по степени вскрытия напорного водоносного горизонта

Предлагаемый ускоренный метод значительно облегчает расчет дебита несовершенных скважин в условиях напорных вод (рис. 1) и вполне доступен широкому кругу специалистов, занимающихся изучением напорных вод в целях водоснабжения.

В основу ускоренного метода положена формула проф. П. П. Аргунова [1]

$$Q_n = \frac{2\pi KMS}{\frac{M-l}{l} \left(\operatorname{arsh} \frac{l}{r} - \operatorname{arsh} \frac{l}{R} \right) + \ln \frac{R}{r}}, \quad (1)$$

где Q_n — дебит несовершенной скважины, $\text{м}^3/\text{сутки}$;

K — коэффициент фильтрации, $\text{м}/\text{сутки}$;

M — мощность напорного водоносного горизонта, м ;

S — понижение уровня воды, м ;

l — длина рабочей части фильтра, м ;

arsh — обратная гиперболическая функция, определяемая по таблицам;

R — радиус депрессии, м ;

r — радиус фильтра, м .

Выражение $\operatorname{arsh} \frac{l}{R}$ в формуле (1) при $\frac{l}{R} > 1$ — незначительная величина, которой можно пренебречь. Выражение $\operatorname{arsh} \frac{l}{r}$ заменим логарифмом, тогда получим

$$\operatorname{arsh} \frac{l}{r} = \ln \left(\frac{l}{r} + \sqrt{\left(\frac{l}{r} \right)^2 + 1} \right). \quad (2)$$

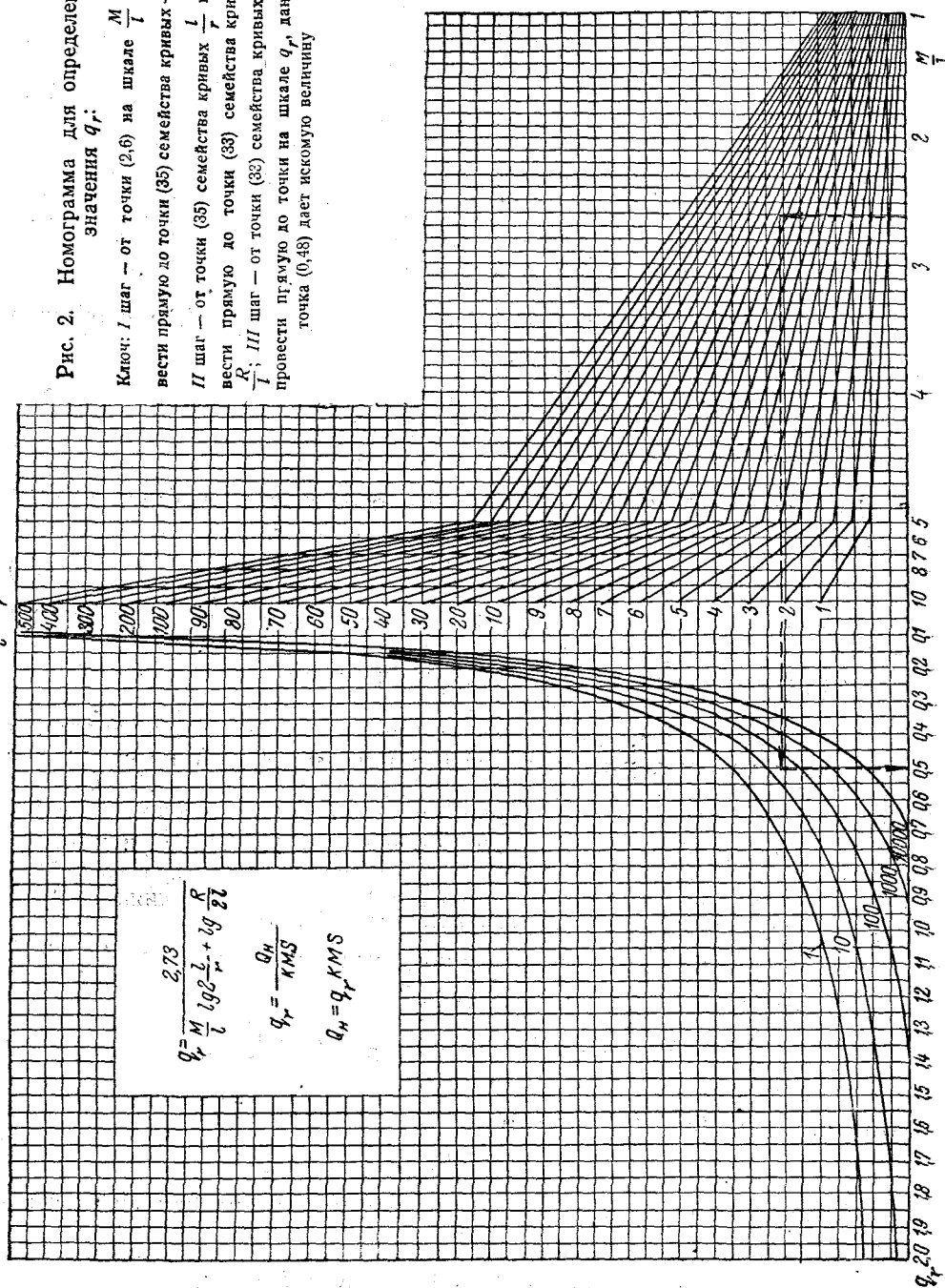
$\frac{M}{I}$


Рис. 2. Номограмма для определения значения q_r :

Ключ: I шаг — от точки (2,6) на шкале $\frac{M}{I}$ про-
 вести прямую до точки (35) семейства кривых $\frac{I}{r}$;
 II шаг — от точки (35) семейства кривых $\frac{I}{r}$ про-
 вести прямую до точки (33) семейства кривых $\frac{R}{I}$;
 III шаг — от точки (33) семейства кривых $\frac{R}{I}$
 провести прямую до точки на шкале q_r , данная
 точка (0,48) дает искомую величину

В формуле (2) при l , значительно большем r (что обычно имеет место в практике), единицу под знаком корня можно отбросить, тогда

$$\operatorname{arsh} \frac{l}{r} \approx \ln \frac{2l}{r} \quad (3)$$

и соответственно формула (1) примет вид

$$Q_n = \frac{2\pi KMS}{\left(\frac{M}{l} - 1\right) \ln \frac{2l}{r} + \ln \frac{R}{r}} \quad (4)$$

Преобразуя формулу (4), получим

$$Q_n = \frac{2\pi KMS}{\frac{M}{l} \ln \frac{2l}{r} + \ln \frac{R}{2l}} \quad (5)$$

Разделив правую и левую части уравнения (5) на KMS и обозначив отношение $\frac{Q_n}{KMS}$ через q , получим

$$q_r = \frac{2\pi}{\frac{M}{l} \ln \frac{2l}{r} + \ln \frac{R}{2l}} \quad (6)$$

Из выражений (5) и (6) выводим окончательную формулу для определения дебита несовершенных скважин:

$$Q_n = q_r KMS \quad (7)$$

Для ускорения расчета по формуле (7) предлагаем номограмму (рис. 2), позволяющую легко определить значение q_r . Кривые номограммы соответствуют целым величинам (кратным 10), остальные значения находятся путем интерполяции.

Расчеты показывают, что дебит скважин, полученный предлагаемым ускоренным методом, увеличивается в среднем на 4—5% по сравнению с дебитом, полученным по формуле проф. П. П. Аргунова [1]. Эта погрешность вполне допустима при приближенных гидрогеологических расчетах.

Пример.¹ Напорный горизонт мощностью $M = 11,6$ м, приуроченный к среднезернистым пескам, пройден буровой скважиной с фильтром длиной $l = 4,5$ м. Радиус скважины $r = 0,127$ м. Радиус влияния принят $R = 150$ м. Коэффициент фильтрации $K = 8,4$ м/сутки.

Определить дебит скважины при понижении уровня воды на $S = 5$ м.

Решение. Определим отношения

$$\frac{l}{r} = \frac{4,5}{0,127} = 35; \quad \frac{M}{l} = \frac{11,6}{4,5} = 2,6; \quad \frac{R}{l} = \frac{150}{4,5} = 33,$$

по номограмме (рис. 2) находим

$$q_r = 0,50.$$

Подставляя цифровые значения в формулу (7), найдем дебит несовершенной скважины

$$Q_n = 0,50 \cdot 8,4 \cdot 11,6 \cdot 5 = 243,6 \text{ м}^3/\text{сутки}.$$

¹ Пример заимствован из работы Климентова П. П. Сборник задач по динамике подземных вод. Госгеолиздат, 1951, стр. 63—64.

Для сравнения подставим цифровые значения в формулу (1):

$$Q_n = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 8,4 \cdot 11,6 \cdot 5}{\frac{11,6 - 4,5}{4,5} \left(\operatorname{arsh} \frac{4,5}{0,127} - \operatorname{arsh} \frac{4,5}{150} \right) + \ln \frac{150}{0,127}} = 233,3 \text{ м}^3/\text{сутки}.$$

Дебит скважины, полученный по формуле (7), на 9% больше дебита, рассчитанного по формуле (1).

П. П. Климентов ведет расчет по формуле М. Маскета, при этом дебит несовершенной скважины определился в 270,7 м³/сутки. Таким образом, дебит несовершенной скважины, рассчитанный по предлагаемому ускоренному методу, занимает среднее положение между дебитом, полученным по формуле П. П. Аргунова, и дебитом, определенным по формуле М. Маскета.¹

ЛИТЕРАТУРА

1. Аргунов П. П. Расчет водопонизительных установок. Сборник трудов Научно-исследовательского института по основаниям и фундаментам. Машстройиздат, 1950, № 15.
2. Каменский Г. Н., Климентов П. П., Овчинников А. М. Гидрогеология месторождений полезных ископаемых. Госгеолиздат, 1953.
3. Маскет М. Течение однородной жидкости в пористой среде. Гостоптехиздат, 1939.
4. Kozeny J. Theorie und Berechnung der Brunnen Wasserkraft und Wasserwirtschaft, 1933, Н. 8—10.

¹ См. статью Албул С. П. «Сравнительная оценка существующих формул при расчете дебита несовершенных скважин в условиях напорных вод» в настоящем сборнике.