

Установившееся движение подземных вод в однородных пластах

Движение грунтовых вод при горизонтальном залегании водоупорного ложа

Для количественной оценки движения в условиях рассматриваемой природной схемы возьмем фрагмент потока в разрезе, ограниченный двумя вертикальными сечениями *1* и *2*, расположенными на расстоянии L_{1-2} друг от друга. Оси координат выбираем так, чтобы ось абсцисс (Ox) совпадала с направлением движения потока, а ось ординат (Oh) — с мощностью потока (рис. 1). За плоскость сравнения принимаем водоупор, поскольку он горизонтален.

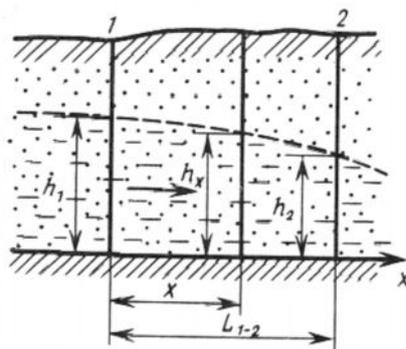


Рис. 1. Схема депрессионной кривой грунтового потока

Определение расхода потока. Величина единичного расхода грунтового потока q определяется выражением:

$$q = kh.$$

В дифференциальной форме с учетом величины напорного градиента при горизонтальном водоупоре $I = -dh/dx$ формула единичного расхода будет иметь вид

$$q = -kh(dh/dx). \quad (1)$$

В уравнении (1) сделаем разделение переменных:

$$q/kdx = -h dh, \quad (2)$$

Выражение (2) интегрируем от сечения *1* до сечения *2*, где x изменяется от 0 до L_{1-2} , а значение напора h — соответственно от h_1 до h_2 :

$$\left| \begin{array}{l} q/k \int_0^{L_{1-2}} dx = - \int_{h_1}^{h_2} h dh. \end{array} \right. \quad (3)$$

После интегрирования (3) получим

$$q/k L_{1-2} = -(h_2^2 - h_1^2)/2,$$

откуда получим величину единичного расхода

$$q = k \frac{h_1^2 - h_2^2}{2L_{1-2}}. \quad (4)$$

Полученная формула была выведена французским гидравликом Ж. Дюпюи в 1857 г. и называется формулой Дюпюи.

Общий расход потока определится следующим образом:

$$Q = Bq = Bk \frac{h_1^2 - h_2^2}{2L_{1-2}} = Bk \frac{h_1 + h_2}{2} \cdot \frac{h_1 - h_2}{L_{1-2}},$$

Построение кривой депрессии. Кривую депрессии можно построить, если известны мощности водоносного горизонта в двух поперечных сечениях *1* и *2*. Для построения кривой депрессии нужно определить мощность водоносного горизонта в любом третьем сечении h_x , отстоящем от первого на расстоянии x (рис. 1).

Согласно уравнению Дюпюи (4) единичный расход для участка потока *1 - 2* равен

$$q_{1-2} = k \frac{h_1^2 - h_2^2}{2L_{1-2}}.$$

Аналогично для участка *1 - x*

$$q_{1-x} = k \frac{h_1^2 - h_x^2}{2x}.$$

Приравняем правые части двух последних уравнений (при $q = const$):

$$k \frac{h_1^2 - h_2^2}{2L_{1-2}} = k \frac{h_1^2 - h_x^2}{2x},$$

откуда получим значение h_x :

$$h_x = \sqrt{h_1^2 - \frac{h_1^2 - h_2^2}{L_{1-2}} x}. \quad (5)$$

Задаваясь значениями x , по формуле (5) определим соответствующие значения h_x . Откладывая значения x по оси абсцисс, а соответствующие ей значения h_x по оси ординат, можно построить депрессионную кривую грунтового потока, которая является параболической.

Движение напорных вод в пластах постоянной мощности

Напорный поток в пласте постоянной мощности характеризуется равномерным движением подземных вод, для которого скорость фильтрации по всем сечениям потока остается постоянной величиной.

Определение расхода потока. Дифференциальное уравнение Дюпюи для данного случая берется в следующем виде:

$$q = -km \frac{dH}{dx}. \quad (6)$$

Разделив переменные (H и x) и проинтегрировав уравнение (6) в пределах от сечения 1 до сечения 2 (рис. 2), где H изменяется от H_1 при $x = 0$ до H_2 при $x = L_{1-2}$ получим расчетную формулу:

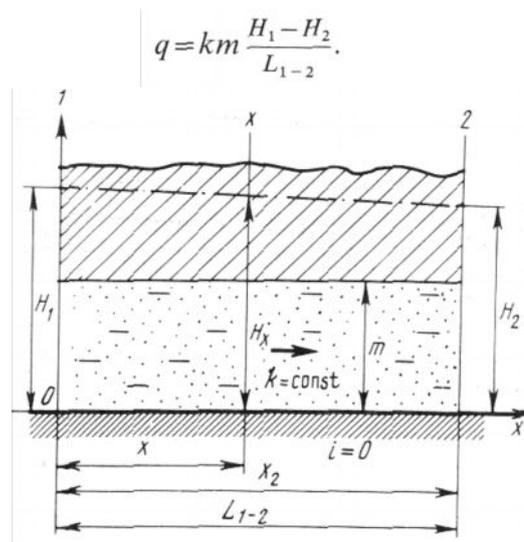


Рис. 2. Схема напорного потока в водоносном пласте постоянной мощности

Построение пьезометрической кривой. Для построения пьезометрической кривой запишем единичные расходы между сечениями 1 - 2 и 1 - x (рис. 2):

$$\begin{cases} q_{1-2} = km \frac{H_1 - H_2}{L_{1-2}} \\ q_{1-x} = km \frac{H_1 - H_x}{x} \end{cases} \quad (7)$$

В силу неизменности расхода по пути движения потока приравняем в уравнениях (7) правые части, сократив их на km :

$$\frac{H_1 - H_2}{L_{1-2}} = \frac{H_1 - H_x}{x}.$$

Решая уравнение относительно H_x , найдем расчетную формулу для построения пьезометрической кривой:

$$H_x = H_1 - \frac{H_1 - H_2}{L_{1-2}} x.$$

Как видно из полученного уравнения, пьезометрический уровень напорного потока представляет собой прямую линию.