

Для сопоставления приводится ограничение по надежности при $S = 1$ и $F = 1, 2$ (без специальных методов стимулирования)

$$24,3x_1 + 53,47x_2 + 89,72x_3 \geq 1.$$

Из последнего ограничения видно, что для его реализации необходимым средним уровнем допуска не ниже 30%, что нереально для достаточно точного производственного процесса. Выбор соответствующих уровней $S = 1,4$ и $F = 0,8$ позволил решить рассмотренную задачу оптимизации допусков для реле РПУ:

$$\Delta_1 = 0,1, \quad \Delta_2 = 0,1, \quad \Delta_3 = 0,055.$$

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Якушев А. И., Воронцов А. Н., Федотов Н. М. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения.— М.: Машиностроение, 1986.— 351 с.
2. Таран В. А. Эргатические системы управления.— М.: Машиностроение, 1976.— 118 с.
3. Петросян Р. Г., Даллакян С. Р. Определение оптимальной напряженности выполнения технологических и контрольных операций // Промышленность Армении.— 1984.— № 2.— С. 48—50.

ЕрПИ им. К. Маркса

28.V.1988

Изв. АН АрмССР (сер. ТН), т. XLIII, № 2, 1990, с. 77—81

ГИДРАВЛИКА

УДК 628.112

Э. А. ХАЧАТРИАН

ФИЛЬТРАЦИОННЫЙ РАСЧЕТ ВОДОЗАБОРОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В МНОГОСЛОЙНОЙ СРЕДЕ

Приводится гидродинамический расчет вертикального тrenaжа, действующего в многослойной гидравлически связанной фильтрационной среде. Дается прогноз подземных вод во времени и в пространстве. Решение несимметричной задачи получено с использованием метода конечных разностей на ЭВМ.

Ил. 3. Библиогр.: 4 назв.

Քերտույմ է ուղղագիծ զրնեամի հորիզոնական-ընթացիկ հաշվարկը, որն աշխատում է հիդրավիզարեն կապված բազմաշերտ հմանցման միջավայրում: Տրվում է ստորգետնյա ջրերի կախարկչակույմը ժամանակի և տարածության մեջ: Առանցքահամաչափ խնդրի լուծումը ստացված է էՄ-ի վրա վերջավոր աճերի մեթոդի օգտագործմամբ:

Разработка и осуществление комплексно-инженерных мероприятий в области водного и сельского хозяйства в гидротехническом строительстве при мелiorации земель связаны с использованием подземных вод. Эта проблема нередко включает в себя решение научных и инженерных задач, связанных с прогнозом и оценкой запасов подземных вод на основе гидрогеологических расчетов водозаборных сооружений.

Поверхностные и подземные водные ресурсы АрмССР очень ограничены. Подземные воды Араратской равнины являются основным источником покрытия дефицита воды в орошении, мелнорации засоленных земель, водоснабжения населения и промышленных предприятий. Однако, при использовании подземных вод водозаборными сооружениями необходимо не нарушать гидрогеологическую обстановку режима подземных вод с их естественной разгрузкой.

Цель настоящей работы заключается в прогнозировании динамики уровня грунтовых и напоров подземных вод при отборе воды из различных водоносных горизонтов подземного водоохранилища Араратской равнины с помощью эксплуатационных скважин.

Араратская равнина в гидрогеологическом отношении представлена комплексом озерно-речных отложений, с чередующимися песчано-гравелисто-галечными образованиями и глинами, имеющим общую мощность 300—500 м [1]. В результате схематизации гидрогеологической обстановки территории расчетная схема равнины представляется в виде фильтрационной системы, состоящей из трех водоносных гидравлически связанных пластов, разделенных между собой малопроницаемыми слоями покровного слоя (I), первого субнапорного водоносного слоя (II), второго сильнонапорного (артезианского) слоя (IV) (рис. 1). При этом покровный слой разделен на две толщи: верхняя, хорошо проницаемая—сугеси, разнозернистые пески и др., нижняя—слабопроницаемая (суглинки, глины и т. д.) (рис. 1—1а, 1б).

Применительно к таким условиям рассмотрим решение фильтрационной задачи в случае откачки из совершенной скважины, принимая предпосылку протекания в малопроницаемых слоях жестким режимом. Осесимметричная задача динамики подземных вод математически может быть сведена к решению следующих нелинейных дифференциальных уравнений [2—4]:

$$\frac{k}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial r} \left[r(h - \Delta z) \frac{\partial h}{\partial r} \right] = \frac{k_0}{m_0} (H_1 - h) + W = \mu_0 \frac{\partial h}{\partial t};$$

$$(km)_1 \left(\frac{\partial^2 H_1}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial H_1}{\partial r} \right) + \frac{k_1}{m_1} (H_2 - H_1) - \frac{k_0}{m_0} (H_1 - h) = \mu_1 \frac{\partial H_1}{\partial t}; \quad (1)$$

$$(km)_2 \left(\frac{\partial^2 H_2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial H_2}{\partial r} \right) - \frac{k_2}{m_2} (H_2 - H_1) = \mu_2 \frac{\partial H_2}{\partial t},$$

где $h(r, t)$, $H_1(r, t)$, $H_2(r, t)$ — отметки соответственно уровня грунтовых вод, напоры субнапорного и сильнонапорного слоя на расстоянии r в момент времени t ; μ_0 , μ_1 , μ_2 — коэффициенты водоотдачи (гравитационной и упругой) в покровном, субнапорном и сильнонапорном слоях; k , Δz — коэффициент фильтрации и отметка подошвы верхней толщи покровного слоя; $\frac{k_0}{m_0}$, $\frac{k_1}{m_1}$ — удельные проницаемости нижней толщи покровного слоя и озерных глин; km_1 , km_2 —

водопроницаемости субнапорного и артезианского слоев; W — суммарная величина интенсивности инфильтрации с учетом испарения.

Рассматриваются следующие частные практические варианты от качки подземных вод (рис. 1):

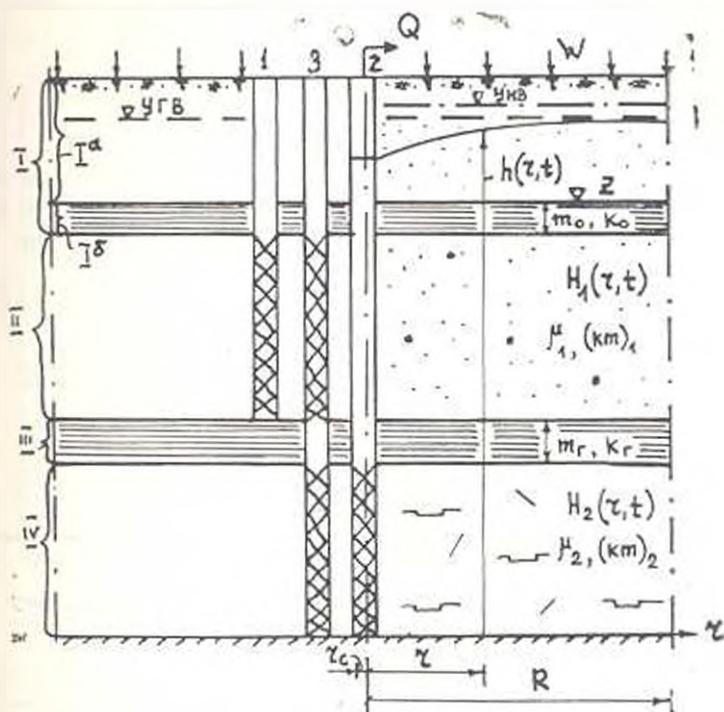


Рис. 1. Расчетная схема водоносных слоев: I — покровный слой, II — суб-артесийный слой, III — озерные глины, IV — артезианский слой

1. Забор воды осуществляется из субнапорного слоя (рис. 1, вариант 1). При этом система уравнений (1) решается при следующих крайних условиях:

$$t = 0, \quad h(r, 0) = h(r), \quad H_1(r, 0) = H_1(r), \quad H_2(r, 0) = H_2(r); \quad (2)$$

$$t > 0, \quad r \rightarrow r_c, \quad 2\pi(km)_1 \left(r \frac{\partial H_1}{\partial r} \right)_{r=r_c} = Q_1, \quad \frac{\partial H_2}{\partial r} = 0, \quad \frac{\partial h}{\partial r} = 0; \quad (3)$$

$$r \rightarrow R, \quad h(R, t) = h_n, \quad H_1(R, t) = H_{1n}, \quad (4)$$

$$H_2(R, t) = H_{2n}, \quad r_c \leq r \leq R.$$

2. Забор воды осуществляется только из артезианского слоя (рис. 1, вариант 2). В данном случае условия (2), (4) остаются, а при $r \rightarrow r_c$ и $t > 0$ —

$$\frac{\partial h}{\partial r} = 0, \quad \frac{\partial H_1}{\partial r} = 0, \quad 2\pi(km)_2 \left(r \frac{\partial H_2}{\partial r} \right)_{r=r_c} = Q_2. \quad (5)$$

3. Когда забор воды осуществляется из двух основных водоносных горизонтов (рис. 1, вариант 3) граничные условия на водозаборе принимают вид (условия (2) и (4) аналогичны)

$$t > 0, \quad r = r_0, \quad H_1(r, t) = H_2(r, t), \quad \frac{\partial h}{\partial r} = 0, \quad (6)$$

$$2 = \left| (km)_1 \left(r \frac{\partial H_1}{\partial r} \right)_{r=r_0} + (km)_2 \left(r \frac{\partial H_2}{\partial r} \right)_{r=r_0} \right| = Q_1.$$

Решение системы дифференциальных уравнений (1) при соответствующих краевых условиях аналитически не представляется возможным, т. к. первое уравнение системы нелинейно относительно h .

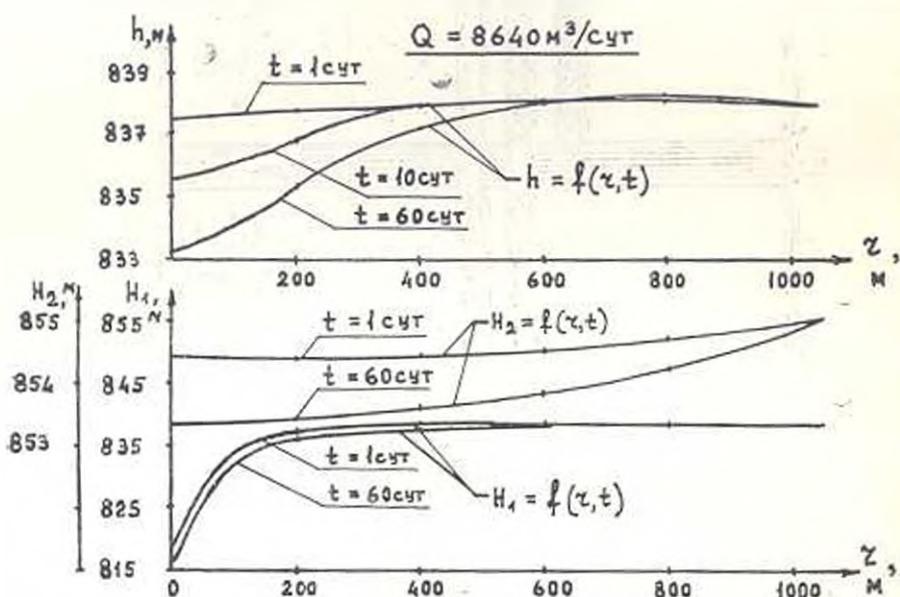


Рис. 2. Забор воды осуществляется из сплошнойнапорного слоя (вариант 1).

Поставленные практические задачи (1, 2, 3) при принятых краевых условиях реализованы методом конечных разностей по программе на языке ФОРТРАН-IV для ЭВМ СМ-4. Решение нелинейных алгебраических уравнений произведено методом итераций Зейделя. По изложенной выше методике был произведен расчет водозабора подземных вод применительно к гидрогеологическим условиям Араратской равнины при различных значениях дебитов. Исходные данные:

$$(km)_1 = 1500 \text{ м}^2/\text{сут}, \quad (km)_2 = 2000 \text{ м}^2/\text{сут}, \quad k = 4 \text{ м}/\text{сут}, \quad \mu_0 = 0,14$$

$$\mu_1 = 0,05, \quad \mu_2 = 0,02, \quad \frac{b_1}{m_1} = 0,008 \text{ сут}, \quad \frac{b_2}{m_2} = 0,008 \text{ сут}^{-1}, \quad r_0 = 0,2 \text{ м}$$

$$R = 1055 \text{ м}, \quad t = 0, \quad h = 838 \text{ м}, \quad H_1 = 838,5 \text{ м}, \quad H_2 = 855 \text{ м}, \quad \Delta z = 820 \text{ м}$$

Ограниченная в плане область аппроксимирована крупной сеткой в отдалении от скважины и более мелкой — в зоне резкого падения депрессионной воронки. Шаг по пространственной координате r и времени t принят неравномерным $\Delta r = 1, 2, 3, \dots, 10, 50$ м. Шаг по времени до 20 суток принят $\Delta t = 1$ сут. По истечении 20 сут, когда снижение уровня подземных вод замедляется, шаг принят $\Delta t = 5$ сут.

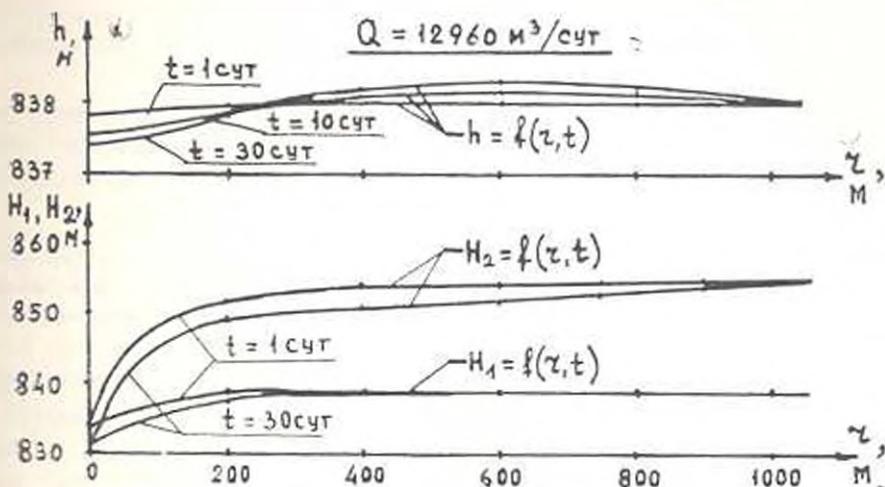


Рис. 3. Забор воды осуществляется из двух водоносных слоев (вариант 3).

По полученным результатам построены уровень грунтовых вод и пьезометрические линии основных водоносных горизонтов. Результаты расчетов при различных дебитах скважины приложены на рис. 2, 3.

Сопоставление расчетов с теоретическими решениями [2—4] дает расхождение до 5%, причем, по мере удаления от скважины оно уменьшается до 1%. Полученное решение было использовано для анализа режимных наблюдений на некоторых скважинах Октемберянского района Араратской равнины. При этом получено хорошее соответствие с натурными данными.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Асчян А. К., *Вопросы теории и практики математической модели для исследования комплекса вопросов по запасам подземных вод* // Великие ресурсы. — 1974. — № 3. — С. 165—176.
2. Шестаков В. М., *Фильтрационный расчет откачки из скважины в двух пластовой системе* // Изв. вузов Геология и разведка. — 1982. — № 1. — С. 67—85.
3. Казарян С. М., *Движение подземных вод к скважине в неоднородноэластичном пласте при откачке по участку начального водоносного горизонта* // Изв. АН АрмССР, Сер. ТН. — 1981. — Т. XXVII, № 6. — С. 17—25.
1. Казарян С. М., *Водный обмен на зоне вертикального дренажа*. — Ереван: Агестан, 1988. — 268 с.