2. *Постников И. М.* Обобщенная теория и переходные процессы электрических машин.— М.: Высшая школа, 1975.—319 с.
3. *Иванов-Смоленский А. В.* Электрические машины.—М.: Энергия, 1980.—928 с.
4. *Вольдек А. И.* Электрические машины.—М.—Л.: Энергия, 1974.—840 с.
5. *Williamson S., Smith A. C.* Steady-state analysis of 3-phase cage motors with rotor-bar and end-ring faults//IEE Proc.—1982, May.—V. 129, pt. B, № 3.—P. 93—100.

ЕрПИ 5. VII. 1990

Изв. АН Армении (сер. ТН), т. XLIV, № 1, 1991, с. 30—34

ГИДРАВЛИКА

УДК 532.546

С. М. КАЗАРЯН, Э. К. МУРАДЯН

ДВИЖЕНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД К СКВАЖИНЕ В СЛОИСТОЙ ТОЛЩЕ БЕЗ ИНФИЛЬТРАЦИИ ПРИ ОТКАЧКЕ ИЗ ВЕРХНЕГО И НИЖНЕГО ВОДОНОСНЫХ ГОРИЗОНТОВ

Рассматриваются задачи определения напоров двухслойной неограниченной гидравлически связанной водоносной толщи, разделенной слабопроницаемым слоем, при откачке воды только из верхнего или только из нижнего напорного горизонта с постоянными расходами без инфильтрации поверхностных стоков. Предлагаемые расчетные формулы позволяют разрешить сложные гидродинамические задачи, связанные с осушением и водозабором подземных вод.

Ил. 1. Библиогр.: 3 назв.

Դիտարկված է հիդրավլիկական կապի մեջ գտնվող երկու անսահմանափակ ջրատար հորիզոնները, որոնք բաժանված են թույլ ջրաթափանցելիություն ունեցող շերտով. ճնշումների հաշվարկման խնդիրներ, երբ ջրառումը կատարվում է կամ վերին, կամ ներքին ճնշումային շերտից հաստատուն ելքերով, որտեղ անտեսվում է մակերեսային ջրերի ներծծումը։ Առաջարկված հաշվային բանաձևերը հնարավորություն են տալիս լուծել բարդ հիդրոդինամիկական խնդիրներ կապված ցամաքման և ջրառման հարցերի հետ։

Проблема использования подземных вод включает целый комплекс сложных научных и инженерных задач, связанных с задачей прогноза эксплуатационных запасов подземных вод и производством расчетов водозаборных сооружений. Методы гидродинамических расчетов эксплуатационных запасов подземных вод, производительности водозаборов и водопонижения разрабатываются на основе общей теории фильтрации, получившей отражение в трудах Н. Е. Жуковского, Н. Н. Павловского, Л. С. Лейбензона, П. Я. Полубариновой-Кочиной и др. На развитие теории фильтрации оказали влияние задачи экономической разработки нефтяных и газовых запасов, рационального и экономичного выбора схем водопонижения и проектирования осушительных и оросительных систем. Нами такое исследование выполнено применительно к условиям Араратского артезианского бассейна с двумя напорными водоносными горизонтами.

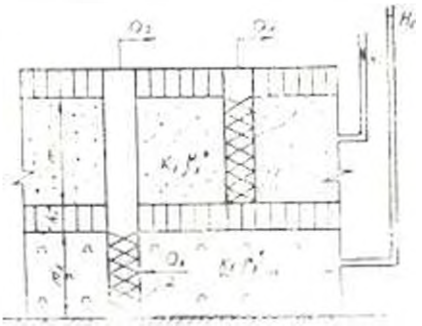
Задача откачки из скважин, заложенных в многослойной неограниченной фильтрующей среде, рассматривается как осесимметричная неустановившаяся фильтрация. Процесс неустановившейся фильтрации в трехслойной гидравлической связанной среде без учета инфильтрации поверхностных вод и с учетом перетекания при жестком режиме в раздельном слое описывается системой дифференциальных уравнений [1]

$$a_1 \nabla S_1 - b_1 (S_1 - S_2) = \frac{\partial S_1}{\partial t}, \qquad a_2 \nabla S_2 - b_2 (S_2 - S_1) = \frac{\partial S_2}{\partial t}, \tag{1}$$

где

$$a_i = T_i \varkappa_i^*, \quad b_1 = k_1 h_1 \varkappa_1^*, \quad b_2 = k_1 h_1 \varkappa_2^*, \quad S_i(r, t) = H_{ie} - H_i(r, t), \tag{2}$$

a_i — коэффициент пьезопроводности верхнего ($i = 1$) и нижнего ($i = 2$) напорных горизонтов; b_i — коэффициент перетекания; $S_i(r, t)$ — понижения уровня подземных вод на расстоянии r от скважины в 1-м и 2-м напорном водоносном слоях в момент времени t ($i = 1, 2$); $H_i(r, t)$ — пьезометрические напоры для тех же слоев в течение отбора воды; H_{ie} — их значения в естественных условиях; m_i, K_i, $\varkappa_i^*$, Q_i — соответственно мощности, коэффициенты фильтрации, упругой водоотдачи и расхода жидкости, поступающей в скважины для водоносных слоев; h_1 и k_1 — мощность и коэффициент фильтрации раздельного слоя; ∇ — обозначение лапласиана в цилиндрических координатах.



Рис

Решение системы (1) ищется при следующих краевых условиях.

Задача 1. Отбор воды осуществляется только из верхнего напорного горизонта с постоянным расходом Q_1 (рис.). Начальные условия:

$$S_i(r, t) = 0, \quad t = 0 \quad (i = 1, 2), \tag{2}$$

а граничные условия:

$$S_i(r, t) = 0, \quad t > 0, \quad r \to \infty,$$

$$\lim_{r \to 0} r\partial S_1/\partial r = -Q_1/2\pi T_1 = \text{const}, \qquad \lim_{r \to 0} r\partial S_2/\partial r = -Q_2/2\pi T_2 = 0. \tag{3}$$

Задача 2. Отбор воды осуществляется только из нижнего напорного горизонта с постоянным расходом Q_2 (рис.). Начальные условия:

$$S_i(r, t) = 0, \quad t = 0 \quad (i = 1, 2), \tag{4}$$

а граничные условия:

$$S_i(r, t) = 0, \quad t > 0, \quad r \to \infty,$$

$$\lim_{r\to 0} r\,\partial S_2/\partial r = -Q_2/2\pi T_2 = \text{const}, \qquad \lim_{r\to 0} r\,\partial S_1/\partial r = -Q_0/2\pi T_1 = 0, \tag{5}$$

где $T_i = (km)_i$ — гидропроводимость водоносных слоев.

Применяя к уравнениям (1) преобразование Лапласа по времени t, получаем линейную однородную систему обыкновенных дифференциальных уравнений [1, 3]. Решение ее после перехода от изображений к оригиналу с применением теоремы обращения представляется в виде [1, 3]. Для задачи 1

$$S_j^{I}(r, t) = \frac{1}{2\pi i}\,\frac{Q_1}{2\pi T_1}\int\limits_{\gamma-i\infty}^{\gamma+i\infty} e^{\lambda\tau}\left[\Phi^{I}_{j1}(\lambda)\,K_0(\omega_1 r) - \Phi^{I}_{j2}(\lambda)\,K_0(\omega_2 r)\right]d\lambda, \tag{6}$$

$$(j = 1,\ 2),$$

а для задачи 2:

$$S_j^{II}(r, t) = \frac{1}{2\pi i}\,\frac{Q_2}{2\pi T_2}\int\limits_{\gamma-i\infty}^{\gamma+i\infty} e^{\lambda\tau}\left[\Phi^{II}_{j1}(\lambda)\,K_0(\omega_1 r) - \Phi^{II}_{j2}(\lambda)\,K_0(\omega_2 r)\right]d\lambda, \tag{7}$$

$$(j = 1,\ 2),$$

где K_0 — функция Макдональда, а $\Phi_{jk}(\lambda)$ зависят от гидрогеологических параметров

$$\left.\begin{array}{c}
\Phi^{II}_{11}(\lambda) = LM^{+}, \quad \Phi^{I}_{12}(\lambda) = LM^{-}, \quad \Phi^{II}_{22}(\lambda) = \Phi^{II}_{21}(\lambda) = 2LM_1, \\
\Phi^{I}_{21}(\lambda) = \Phi^{I}_{22}(\lambda) = 2LM_2, \quad \Phi^{II}_{12}(\lambda) = LM^{-}, \quad \Phi^{II}_{11}(\lambda) = LM^{+}, \\
L = 0{,}5\lambda^{-1} f(\lambda)^{-1}, \quad M^{\pm} = A_1^0 + N^0\lambda \pm f(\lambda), \\
M_1 = B_1^0, \quad M_2 = A^0.
\end{array}\right| \tag{8}$$

В (8) введены следующие обозначения:

$$A^0 = a_1/a_2, \quad A_1^0 = A^0 - B^0, \quad B^0 = b_2/b_1, \quad N^0 = A^0 - 1, \quad B_1^0 = B^0 + 1,$$

$$f(\lambda) = [(A_1^0 + a^0\lambda)^2 + 4A^0(\lambda + B_1^0)]^{1/2}, \quad A_2^0 = A^0 + B^0, \quad a^0 = A^0 + 1, \tag{9}$$

$$\tau = b_1 t, \quad \omega_{1,2} = [(A_2^0 + a^0\lambda \pm f(\lambda))\, b_1/2a_2]^{1/2}.$$

Подынтегральные функции (6), (7) имеют точки типа плоских полюсов и точек разветвления [1, 3]. После громоздких выкладок искомые контурные интегралы приводятся к обычным вещественным определенным интегралам, а затем с использованием теоремы о свертке вычисляются все интегралы в (6), (7). Расчетные формулы при этом получаются в виде

$$S_i^{I}(r, t) = R_i^{I}(r, t)\, Q_1/4\pi T_1 \qquad (i = 1,\ 2), \tag{10}$$

$$S_i^{II}(r, t) = R_i^{II}(r, t)\, Q_2/4\pi T_2, \qquad (i = 1,\ 2). \tag{11}$$

Здесь $R_i(r, t)$ — безразмерные гидравлические сопротивления, выражающиеся через определенные интегралы, которые протабулированы для различных значений гидродинамических параметров пластов:

$$R_1^{\text{I}}(r,t)=\frac{1}{2}\int\limits_{B_1^0}^{\infty}\frac{e^{-\rho t}-1}{\rho A_1(\rho)}\left(A_1^0-N_1^{\prime}\rho-A_1(\rho)\right)J_0\left(\bar{r}A_3(\rho)\right)d\rho+$$

$$+\frac{2A^0}{A^0+B^0}K_0\left(\bar{r}\sqrt{2A_2^0}\right).$$

$$R_2^{\text{I}}(r,t)=-B^0\left[\int\limits_{B_1^1}^{\infty}\frac{e^{-\rho t}-1}{\rho A_1(\rho)}J_0\left(\bar{r}A_3(\rho)\right)d\rho+\frac{2}{A^0+B^0}K_0\left(\bar{r}\sqrt{2A_2^0}\right)\right],$$

(12)

$$R_1^{\text{II}}(r,t)=A^0\left[\int\limits_{B_1^1}^{\infty}\frac{e^{-\rho t}-1}{\rho A_1(\rho)}J_0\left(\bar{r}A_3(\rho)\right)d\rho+\frac{2}{A^0+B^0}K_0\left(\bar{r}\sqrt{2A_2^0}\right)\right],$$

$$R_2^{\text{II}}(r,t)=-\frac{1}{2}\int\limits_{B_1^0}^{\infty}\frac{e^{-\rho t}-1}{\rho A_1(\rho)}\left(A_1^{\prime}-N^0\rho-A_1^0(\rho)\right)J_0\left(\bar{r}A_3(\rho)\right)d\rho+$$

$$+\frac{2B_0}{A^0+B^0}K_0\left(\bar{r}\sqrt{2A_2^0}\right).$$

Для максимального понижения имеем

$$S^{\text{I}}(r_0,t)=R(r_0,t)\,Q_1/4\pi T_1,\qquad S^{\text{II}}(r_0,t)=R(r_0,t)\,Q_2/4\pi T_2,\quad (14)$$

где

$$R(r_0,t)=\int\limits_{B_1^0}^{\infty}\frac{1-e^{-\rho t}}{\rho}J_0\left(\bar{r}_0A_3(\rho)\right)d\rho.$$

В (12), (13) имеются следующие обозначения:
J_0—цилиндрическая функция первого рода вещественного аргумента,

$$A_1(\rho)=\left[(A_2^{\prime}-a^0\rho)^2+4A^0\rho\,(B_1^{\prime}-\rho)\right]^{1/2},$$

$$A_3(\rho)=\left[(a^0\rho+A_1(\rho)-A_2^0\right]^{1/2},$$

$$\bar{r}=(r^2b_1/2A^0a_1)^{1/2},\qquad \bar{r}_0=(r_0^2b_1/2A^0a_1)^{1/2}.$$

Предполагаемые расчетные формулы позволяют решать сложные гидродинамические задачи, связанные с проблемами осушения и использования подземных вод.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Казарян С. М.* Водный обмен на фоне вертикального дренажа.— Ереван: Айастан, 1988.— 268 с.

2. *Полубаринова-Кочина П. Я.* Теория движения грунтовых вод.—М.: Наука, 1977.—664 с.
3. *Андре-Анго.* Математика для электро- и радиоинженеров.—М.: Мир, 1964.—772 с.

АрмСХИ 23. X. 1990

Изв. АН Армении (сер. ТН), т. XLIV, № 1, 1991, с. 34—37

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

УДК 519.8:681.3:66.012

А. Н. АРУТЮНЯН, Г. Г. АРУНЯНЦ

К ВОПРОСУ О ВЫБОРЕ ОБОБЩЕННОГО КРИТЕРИЯ ПРИ РЕШЕНИИ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫХ ЗАДАЧ

В результате исследования деятельности лица, принимающего решения в системе человек-машина, выделены два принципа, которыми он руководствуется при решении многокритериальных задач. Формализация этих принципов позволяет оценить обобщенные критерии и сделать обоснованный выбор среди них. Показывается, что мультипликативная свертка критериев многокритериальной задачи учитывает оба принципа.

Библиогр.: 4 назв.

[illegible]

В процессе проектирования сложных технологических систем на разных этапах возникает проблема принятия решения в условиях необходимости удовлетворения множества критериев, зачастую находящихся в противоречии друг с другом. Такие задачи, в частности, возникают при формировании исходной базы знаний автоматизированной системы обучения операторов сложных объектов химической технологии, базирующихся на использовании методов экспертных оценок с целью создания формализованного описания деятельности идеализированного оператора.

В работе проводится обоснование возможности эффективности использования мультипликативной свертки в качестве обобщенного критерия при решении возникающих многокритериальных задач принятия решения. При решении многокритериальных задач применяются методы нахождения оптимальных решений по Парето или Слейтеру [1, 2]. Однако для большинства практических задач множество парето-оптимальных решений достаточно большое и проблема выбора решений среди них уже является самостоятельной задачей. Ее решают путем использования обобщенного критерия, при выборе кото-