

ГИДРАВЛИКА, ГИДРОТЕХНИКА

А. К. АНАНЯН, С. М. КАЗАРЯН

К РАСЧЕТУ ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА
 В МНОГОСЛОЙНОЙ ФИЛЬТРУЮЩЕЙ СРЕДЕ

Настоящая статья является продолжением [1], в которой получены следующие уравнения для определения понижения уровня подземных вод в двухслойной, гидравлически связанной фильтрующей среде, с учетом инфильтрации поверхностных вод и переменном режиме павода или откачки из вертикального дренажа

$$S_1(r, t) = \varphi_1(H) - \frac{Q_0}{r_0 m_2 k_2} \varphi_1(\rho); \quad (1)$$

$$S_2(r, t) = \varphi_2(H) - \frac{Q_0}{r_0 m_2 k_2} \varphi_2(\rho).$$

где

$S_1(r, t)$ и $S_2(r, t)$ — относительные понижения соответственного I и II водоносного горизонта;

$\varphi_1(H)$ и $\varphi_2(H)$ — постоянные функции (относительно r), которые зависят от гидрогеологических условий и времени;

$\varphi_1(\rho)$ и $\varphi_2(\rho)$ — функции, которые зависят от r , гидрогеологических условий и времени;

Q_0 — расход скважины в начальный момент самоизлива;

r_0 — радиус скважины;

m_2 — мощность n -го водоносного слоя;

k_2 — коэффициент фильтрации того же слоя.

Функции $\varphi_1(H)$, $\varphi_2(H)$, $\varphi_1(\rho)$ и $\varphi_2(\rho)$ табулированы при различных гидрогеологических условиях. Ниже приводятся параметры, которые характеризуют гидрогеологические условия пластов и значения указанных функций, при широком диапазоне изменения параметров

$$a_1^2 = \frac{m_1 k_1}{\mu_1}; \quad \delta_1^2 = \frac{t_0}{k_1 \mu_1}; \quad b_1^2 = \frac{t_1}{h_1 \mu_1}; \quad (2)$$

$$a_2^2 = \frac{m_2 k_2}{\mu_2}; \quad b_2^2 = \frac{t_2}{h_2 \mu_2}; \quad \delta_2^2 = \frac{t}{h_2 \mu_2}; \quad \bar{e} = \frac{z}{\mu_1}.$$

где

μ_n — коэффициент упругой водоотдачи n -го хорошо проницаемого слоя;

m_n — мощность того же слоя;

k_n — коэффициент фильтрации того же слоя;

λ_n — коэффициент n -го плохо проницаемого слоя;

h_n — мощность того же слоя;

ϵ — интенсивность инфильтрации;

H_n — пьезометрический напор n -го хорошо проницаемого слоя.

В табл. 1 приведены параметры гидрогеологических условий.

Таблица 1

Вариан- ты	П а р а м е т р ы						
	$\frac{d_1^2}{l}$ сут	$\frac{d_1^2}{m^2}$ сут	$\frac{d_2^2}{d_1^2}$	$\frac{b_0^2}{b_1^2}$	$\frac{b_1^2}{d_1^2}$	$\frac{d_2^2}{d_1^2}$	$\frac{\epsilon}{l}$ сут
I	0,001	1000	20	10	5	0	0,0157
II	0,001	1000	25	20	10	1	0,0312
III	0,001	1000	40	30	30	10	0,0612
IV	0,001	1000	20	100	5	0	0,5524
V	0,005	2000	20	10	5	0	0,0785
VI	0,005	2000	25	20	10	1	0,1560
VII	0,005	2000	40	30	30	10	0,3062
VIII	1,0	4000	20	10	5	0	15,7478
IX	1,0	4000	25	20	10	1	31,1823
X	1,0	4000	40	30	30	10	61,2755
XI	0,001	2000	120	10	3	0	0,0130

Числовые величины функций $\varphi_1(H)$ и $\varphi_2(H)$ применительно к Араратской долине (XI вариант) при $H_0 = 0$, $H_1 = -2$ м, $H_2 = -21$ м, $H_3 = 25$ м приведены в табл. 2.

Таблица 2

l сут	1	5	10	15	20	50	100
---------	---	---	----	----	----	----	-----

$$\bar{r} = 0,1$$

$\varphi_1(H)$	-27,174	-27,858	-28,587	-29,485	-30,251	-31,351	-39,645
$\varphi_2(H)$	-4,780	-7,813	-11,409	-14,801	-18,000	-33,703	-50,130

$$\bar{r} = 0,1$$

$\varphi_1(H)$	-27,054	-27,268	-27,521	-27,768	-28,001	-29,193	-30,593
$\varphi_2(H)$	-4,363	-5,773	-7,449	-9,030	-10,524	-17,890	-25,704

$$\bar{r} = 0,01$$

$\varphi_1(H)$	-27,016	-27,091	-27,171	-27,253	-27,325	-27,644	-27,877
$\varphi_2(H)$	-4,238	-5,162	-6,261	-7,299	-8,281	-13,146	-18,376

Числовые величины функции $\varphi_1(r)$ и $\varphi_2(r)$ для нечетных вариантов приведены в табл. 3.

Ниже на примере гидрогеологических изысканий ПНИИИС-а [Производственный и научно-исследовательский институт по инженерным изысканиям в строительстве при Госстрое СССР], проведенных в центральной части Араратской равнины (скважина № 1), иллюстрируется способ расчета, изложенный в [1].

На основании данных таблиц 2 и 3 построены кривые, с по-

Таблица 3

r (м)	0,25	5	50	100	600
1	2	3	4	5	6
I вариант; $t = 1$ сутки					
φ_1 (°)	-0,0295	-0,0172	-0,0078	-0,0051	-0,0011
φ_2 (°)	-0,3619	-0,2693	-0,1883	-0,1141	+0,0950
$t = 5$ сут.					
φ_1 (°)	-0,0292	-0,0172	-0,0050	-0,0051	-0,0010
φ_2 (°)	+0,2348	+0,2043	-0,1332	+0,1078	+0,0050
$t = 50$ сут.					
φ_1 (°)	-0,0237	-0,0143	-0,0071	-0,0050	-0,0005
φ_2 (°)	-0,1835	+0,1132	-0,0593	+0,0131	-0,0050
$t = 100$ сут.					
φ_1 (°)	-0,0180	-0,0109	-0,0055	-0,0039	-0,0005
φ_2 (°)	-0,1359	-0,0827	-0,0120	-0,0301	+0,0059
II вариант; $t = 1$ сутки					
φ_1 (°)	-0,0046	-0,0008	-0,0004	-0,0001	-0,0001
φ_2 (°)	-0,2652	-0,1055	+0,0679	-0,0039	-0,0028
$t = 5$ сут.					
φ_1 (°)	-0,00457	-0,0009	-0,0005	-0,0001	-0,0001
φ_2 (°)	-0,2097	+0,0613	-0,0412	-0,0023	-0,0017
$t = 50$ сут.					
φ_1 (°)	-0,0037	-0,0008	-0,0005	-0,000	-0,0
φ_2 (°)	-0,1472	-0,0328	+0,0194	+0,0007	+0,0001
$t = 100$ сут.					
φ_1 (°)	-0,0028	-0,0005	-0,0004	-0,0001	0,0001
φ_2 (°)	+0,1113	-0,0248	-0,0147	-0,0005	+0,0001
III вариант; $t = 1$ сут.					
φ_1 (°)	-0,0186	-0,0105	-0,0037	-0,0022	-0,0004
φ_2 (°)	-0,2912	+0,1937	-0,1132	-0,0811	-0,0049
$t = 5$ сут.					
φ_1 (°)	-0,0190	-0,0107	-0,0038	-0,0026	-0,0003
φ_2 (°)	+0,2428	+0,1416	+0,0697	0,0477	-0,0012
$t = 50$ сут.					
φ_1 (°)	-0,0151	-0,0085	-0,0037	-0,0023	-0,0001
φ_2 (°)	-0,1779	-0,1016	-0,0137	-0,0275	-0,0012
$t = 100$ сут.					
φ_1 (°)	-0,0114	-0,0065	-0,0023	-0,0018	-0,0001
φ_2 (°)	-0,1345	-0,0768	-0,0330	-0,0258	-0,0016
IV вариант; $t = 1$ сут.					
φ_1 (°)	-0,0011	-0,0021	-0,0006	-0,0003	-0,0001
φ_2 (°)	0,2042	+0,1160	+0,0483	-0,0264	-0,0015
$t = 5$ сут.					
φ_1 (°)	-0,0011	-0,0021	-0,0007	-0,0003	0,0000
φ_2 (°)	+0,1809	-0,0947	+0,0309	-0,0154	0,0002
$t = 50$ сут.					
φ_1 (°)	-0,0032	-0,0017	-0,0005	-0,0003	0,0000
φ_2 (°)	-0,1401	+0,0732	0,0236	+0,0118	+0,0001

Продолж. табл. 3

1	2	3	4	5	6
$t = 100$ сут.					
$\varphi_1(\rho)$	-0,0021	-0,0013	-0,0004	-0,0002	0,000
$\varphi_2(\rho)$	-0,1060	+0,0553	-0,0179	0,0088	0,000
IX вариант; $t = 1$ сут.					
$\varphi_1(\rho)$	-0,0057	-0,0018	-0,0011	-0,0001	-0,0001
$\varphi_2(\rho)$	-0,1430	-0,0451	-0,0011	-0,000	-0,0001
$t = 5$ сут.					
$\varphi_1(\rho)$	-0,0055	-0,0017	-0,0011	-0,000	-0,0001
$\varphi_2(\rho)$	-0,1399	-0,0441	-0,0011	-0,000	-0,0001
$t = 50$ сут.					
$\varphi_1(\rho)$	-0,0043	-0,0014	-0,0011	0,000	-0,0001
$\varphi_2(\rho)$	-0,1087	-0,0343	+0,0008	-0,000	-0,0001
$t = 100$ сут.					
$\varphi_1(\rho)$	-0,0033	-0,0010	-0,0000	0,000	-0,0001
$\varphi_2(\rho)$	-0,0821	+0,0259	-0,0000	+0,000	-0,0001
XI вариант; $t = 1$ сут.					
$\varphi_1(\rho)$	-0,0413	-0,0252	-0,0120	-0,0093	-0,0021
$\varphi_2(\rho)$	-0,4117	+0,3089	-0,2245	+0,1867	-0,0295
$t = 5$ сут.					
$\varphi_1(\rho)$	-0,141	-0,0251	-0,0130	-0,0095	-0,0021
$\varphi_2(\rho)$	+0,3442	+0,2427	-0,1646	+0,1388	+0,0295
$t = 50$ сут.					
$\varphi_1(\rho)$	-0,0328	-0,0206	-0,0111	-0,0084	-0,0021
$\varphi_2(\rho)$	0,2172	+0,1398	+0,0800	+0,0620	-0,0179

мощью которых можно получить значения функций $\varphi_1(H)$, $\varphi_2(H)$, $\Phi_1(\rho)$ и $\Phi_2(\rho)$ при любых значениях t и r .

Геологический разрез скважины № 1 показан на рис. 1. Характеристики гидрогеологических условий представлены в табл. 4 и 5.

Таблица 4

h_0 , м	h_1 , м	h_2 , м	\bar{m}_1 , м	\bar{m}_2 , м	λ_0 , м/сут	λ_1 , м/сут	λ_2 , м/сут	k_1 , м/сут	k_2 , м/сут
22	42	5-50	6	80	0,05	0,005	0	50	120

Таблица 5

H_0 , м	H_1 , м	H_2 , м	H_3 , м	φ_1	φ_2
0	-2	+21	-25	0,1-0,15	0,01-0,04

По формуле (2) на основании данных, приведенных в таблицах 4 и 5, вычислены гидрогеологические параметры, приведенные в табл. 6.

Данные табл. 6 соответствуют XI варианту гидрогеологических условий Араратской долины (см. табл. 1, вариант XI).

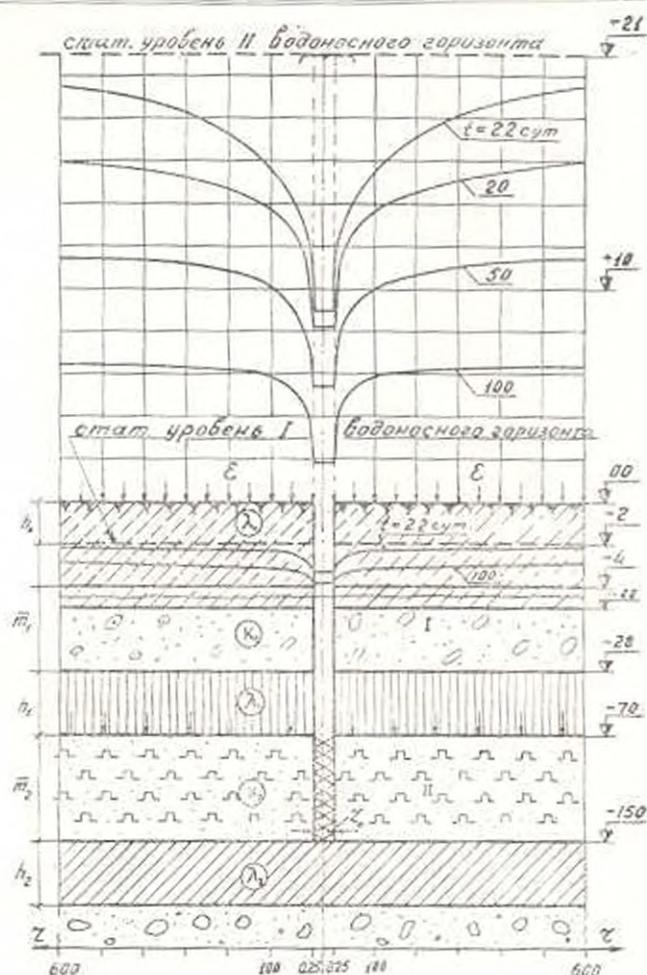


Рис. 1.

Таблица 6

a_1^2 м ² сут	a_2^2 м ² сут	$\frac{a_2^2}{a_1^2}$	μ_1^2 1 сут	b_1^2 1 сут	b_1^2 1 сут	$\frac{\mu_2^2}{\mu_1^2}$	$\frac{\mu_2^2}{\mu_1^2}$	b_1^2 b_1^2	$\frac{b_2^2}{b_1^2}$
2000	240000	120	0,01	0,001	0,003	0	30	3	0

На основании данных, приведенных в таблицах 1—5, вычислены величины понижения уровня первого и второго водоносных горизонтов при $Q_0 = 550$ л/сек и $\frac{Q_0}{r_0 \mu_1 \lambda_1} = 30$.

Эти данные приведены в табл. 7, где

$$H_1(r, t) = S_1(r, t) + H_3(r, 0); S_{1n}(r, t) = H_1(r, 0) - H_1(r, t);$$

$$H_2(r, t) = S_2(r, t) - H_1(r, 0); S_{2n}(r, t) = H_2(r, 0) - H_2(r, t);$$

$$H_1(r, 0) = -2 \text{ м}; H_2(r, 0) = -21 \text{ м}; H_3(r, 0) = 25 \text{ м};$$

$$\bar{e} = 0,01, t = 2,4 \text{ сут}, \varphi_1(H) = -27,150, \varphi_2(H) = -4,567.$$

Таблица 7

r (м)	0,25	5	50	100	600
$\varphi_1(\rho)$	-0,0410	-0,0232	-0,0129	-0,0094	-0,0021
$30 \varphi_1(\rho)$	-1,230	-0,756	-0,387	-0,282	-0,063
$S_1(r, t)$	-28,280	27,806	27,437	-27,332	-27,113
$H_1(r, t)$	-3,260	2,806	-2,437	-2,332	-2,113
$S_{1n}(r, t)$	1,280	0,806	0,437	0,332	0,113
$\varphi_2(\rho)$	0,3843	0,2824	0,2000	0,1675	0,0295
$30 \varphi_2(\rho)$	11,529	8,472	6,000	5,025	0,885
$S_2(r, t)$	-16,096	-13,030	-10,567	-9,592	-5,452
$H_2(r, t)$	8,904	11,961	14,433	15,408	19,548
$S_{2n}(r, t)$	12,096	9,039	6,567	5,592	1,452

Аналогично вычислены кривые депрессии при $t = 20, 50$ и 100 суток (см. рис. 1).

Зависимость понижения уровня подземных вод в скважине № 1 от расхода показана на рис. 2.

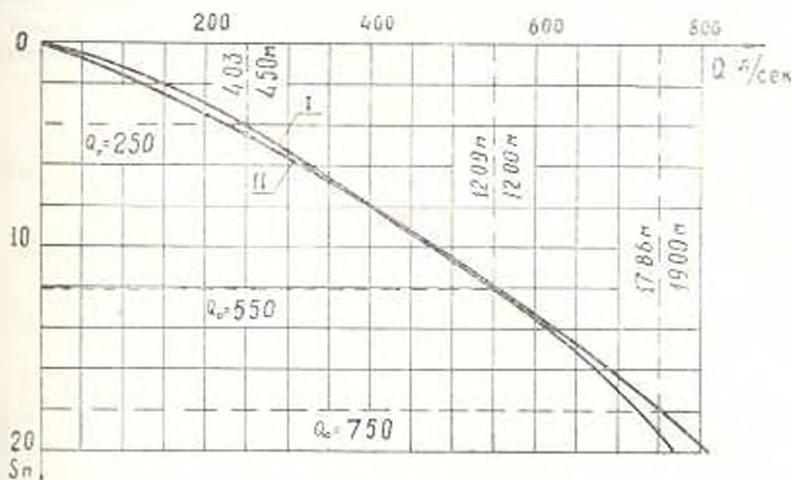


Рис. 2.

Здесь кривая I — расчетная, а кривая II — опытная. Как видно из рисунка, между ними наблюдается удовлетворительная сходимость.

ԲԱԶՄԱՆՆԵՐՍ ԳԵՏՐԱՅԻՈՆ ՄԵԶՈՎԱՅՐՈՒՄ ՈՒՂՂԱԶԻԳ
ԳՐԻՆՍՏԻ ԼԱՇՎԱՐԿԻ ՇՈՒԲՁԸ

Ա մ փ ո ւ փ ո ս օ

Տրված է հիդրավիկական կապի մեջ գտնվող բազմաշերտ ֆիլտրացիոն միջավայրում սպրտածից գրենամի հաշվարկի համար հեղինակների կողմից ստացված ֆունկցիաների աղյուսակավորումը:

Մերված են ուղղածից գրենամից ցանկացած հեռավորության վրա և ժամանակի կամայական պահին ստորերկրյա ջրերի հորիզոնի իջեցման հաշվարկի կոնկրետ օրինակներ՝ ինքնաբերական կամ ջրհանման փոփոխական սեփականների դեպքում:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *Կամրիս Ս. Մ.* К вопросу неустановившегося притока подземных вод в многослойной фильтрующей среде. Изв. АН АрмССР (серия ТН), т. XX, № 4, 1967.
2. *Կամրիս Ս. Մ.* Неустановившийся приток подземных вод в многослойной фильтрующей среде при переменном расходе излива из скважины вертикального дренажа. Сб. научных трудов АрмСХИ, т. 15, Ереван, 1967.