

ЗАВИСИМОСТЬ ДИАМЕТРА ВОДОПНИЗИТЕЛЬНЫХ СКВАЖИН ОТ ТИПА ПРИНЯТОГО НАСОСА

Н. Д. СМЕРНОВ

(Представлено научным семинаром факультета гидротехнического
строительства)

Современное гидротехническое строительство, как правило, связано с необходимостью искусственного понижения уровня грунтовых вод на величину до 50 метров. Это достигается устройством глубинных колодцев-скважин, оборудованных глубинными насосами артезианского типа (ВАН, АТН, НА и другие), с помощью которых производится непрерывная откачка воды, со сбросом ее по специальным трубам-коллекторам за перемычку, ограждающую котлован в период производства работ.

Число глубинных колодцев-скважин на крупных гидротехнических объектах достигает нескольких сот; диаметры скважин колеблются в пределах от 100 мм (4") до 500 мм (20"), в зависимости от водоносности грунтов.

Водопонижительные работы связаны со значительными материальными и финансовыми затратами, которые слагаются из затрат на бурение скважин-колодцев и оборудование их водоприемными фильтрами и затрат по эксплуатации глубинных насосов.

Стоимость бурения скважины возрастает с увеличением ее диаметра; стоимость эксплуатации глубинных насосов также возрастает с увеличением мощности (производительности) глубинного насоса.

Наблюдения над работой скважин в период их эксплуатации и замер воды, откаченной из скважин, показали, что в отдельных случаях насосы работают только на 10% их проектной мощности.

Анализ этих причин мы ставим себе задачей в данной работе.

Выбор типа насоса

Водопрopusкная способность скважины может быть подсчитана по формуле С. К. Абрамова

$$f = 120 \pi r_c^4 \sqrt{k} l_{\phi}, \quad (1)$$

где f — водопрopusкная способность скважины м³/сутки;

r_c — радиус скважины в метрах;

k — коэффициент фильтрации, м/сутки;

l_{ϕ} — длина водоприемной части (фильтра) скважины в м.

Водопрopusкная способность скважины, определенная по формуле Абрамова, должна превышать или в крайнем случае быть равной дебиту скважины Q

$$f \geq Q, \quad (2)$$

Пользуясь формулой (1), мы определяем водопрпускную способность скважин диаметром 150; 200; 250; 300; 350 и 400 мм при коэффициенте фильтрации водоносного пласта 5; 10; 15; 20; 25; 30; 35; 40; 45 и 50 метров в сутки и при длине фильтра скважины 1,0; 2,0; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0; 12,0 м.

Рассмотренные случаи охватывают возможный предел применения глубинных колодцев-скважин для водопонизительных работ, так как в грунтах с коэффициентом фильтрации более 50 метров в сутки искусственное понижение уровня грунтовых вод не применяется, длина же фильтра скважины более 10—12 метров также никогда не встречается в водопонизительной практике гидротехнического строительства.

Таблица 1.

Скважина диаметром 150 мм

Производительность скважины м³ в сутки

Коэффициент фильтрации м/сутки	Длина фильтра скважины в м							
	1,0	2,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0	12,0
5,00	42	84	168	210	252	336	420	504
10,00	50	100	200	250	300	400	500	600
15,00	56	112	224	280	336	448	560	672
20,00	60	120	240	300	360	480	600	720
25,00	63	126	252	315	378	504	630	756
30,00	66	132	264	330	396	528	660	792
35,00	69	138	276	345	414	552	690	828
40,00	71	142	284	355	426	568	710	852
45,00	73	146	292	365	438	584	730	876
50,00	75	150	300	375	450	600	750	900

Примечание: Жирной линией ограничены пределы применения насоса ВАН-7

Таблица 2

Скважина диаметром 200 мм

Производительность скважины м³ в сутки

Коэффициент фильтрации м/сутки	Длина фильтра скважины в м							
	1,0	2,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0	12,0
5,00	56	112	224	280	336	480	560	672
10,00	67	134	268	335	402	536	670	804
15,00	74	148	296	370	444	592	740	888
20,00	79	158	316	395	474	632	790	948
25,00	84	168	336	420	504	672	840	1008
30,00	88	176	352	440	528	704	880	1056
35,00	92	184	368	460	552	736	920	1104
40,00	95	190	380	475	570	760	950	1140
45,00	98	196	392	490	588	784	980	1176
50,00	100	200	400	500	600	800	1000	1200

Примечание: Жирной линией ограничены пределы применения насосов типа АТН-8.

Таблица 3

Скважина диаметром 250 мм

Производительность скважины в м³ в сутки

Коэффициент фильтрации м/сутки	Длина фильтра скважины в м							
	1,0	2,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0	12,0
5,00	70	140	280	350	420	560	700	840
10,00	84	168	336	420	504	672	840	1008
15,00	92	184	368	460	552	736	920	1104
20,00	99	198	396	495	594	792	990	1188
25,00	105	210	420	525	630	840	1050	1260
30,00	110	220	440	550	660	880	1100	1320
35,00	115	230	460	575	690	920	1150	1380
40,00	118	236	472	590	708	944	1180	1416
45,00	122	244	488	610	732	976	1220	1464
50,00	125	250	500	625	750	1000	1250	1500

Примечание: Жирной линией ограничены пределы применения насосов типа АТН-10.

Таблица 4

Скважина диаметром 300 мм

Производительность скважины м³ в сутки

Коэффициент фильтрации м/сутки	Длина фильтра скважины в м							
	1,0	2,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0	12,0
5,00	84	168	336	420	504	672	840	1008
10,00	100	200	400	500	600	800	1000	1200
15,00	111	222	444	555	666	888	1110	1332
20,00	119	238	476	595	714	952	1190	1428
25,00	126	252	504	630	756	1008	1260	1512
30,00	132	264	528	660	792	1056	1320	1584
35,00	138	276	552	690	828	1104	1380	1656
40,00	142	284	568	710	852	1136	1420	1704
45,00	146	292	584	730	876	1168	1460	1752
50,00	150	300	600	750	900	1200	1500	1800

Таблица 5

Скважина диаметром 350 мм

Производительность скважины м³ в сутки

Коэффициент фильтрации м/сутки	Длина фильтра скважины в м							
	1,0	2,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0	12,0
5,00	99	198	396	495	594	792	990	1184
10,00	117	234	468	585	704	936	1170	1408
15,00	130	260	520	650	780	1040	1300	1560
20,00	139	276	556	695	834	1112	1390	1668
25,00	143	286	572	715	858	1144	1430	1716
30,00	154	308	616	770	924	1232	1540	1848
35,00	161	322	644	805	966	1288	1610	1932
40,00	166	332	664	830	996	1328	1660	1992
45,00	171	342	684	855	1028	1368	1710	2048
50,00	175	350	700	875	1050	1400	1750	2100

Скважина диаметром 400 мм
Производительность скважины м³ в сутки

Коэффициент фильтрации м/сутки	Длина фильтра скважины в м							
	1,0	2,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0	12,0
5,00	113	226	452	565	678	904	1030	1356
10,00	134	268	536	670	804	1072	1340	1608
15,00	148	296	592	740	888	1184	1480	1776
20,00	159	318	636	795	954	1272	1590	1908
25,00	168	336	672	840	1008	1344	1680	2016
30,00	176	352	704	880	1056	1408	1760	2112
35,00	184	368	736	920	1104	1472	1840	2208
40,00	189	378	756	945	1134	1512	1890	2268
45,00	195	390	780	975	1170	1560	1950	2340
50,00	200	400	800	1000	1200	1600	2000	2400

Наша отечественная промышленность выпускает глубинные насосы артезианского типа для скважин диаметром от 4" и более.

Для водопонизительных работ получили наибольшее распространение для скважин диаметром 150 мм насосы ВАН-7, производительностью 15 м³/час; для скважин диаметром 200 мм—насосы АТН-8 производительностью 18—50 м³/час; для скважин 250 мм—насосы АТН-10 производительностью 50—100 м³/час; для скважин 300 мм—насосы 12 НА производительностью 150 м³/час; для скважин 350 мм—насосы АТН-14 производительностью 150—250 м³/час; для скважин 400 мм—насосы АТН-16 производительностью 300—500 м³/час.

Рассмотрим пределы применения этих насосов для водопонижения.

По условию непрерывной откачки воды из скважин глубинного водоотлива средний коэффициент использования времени насоса принимаем 0,8, т. е. считаем, что насос в среднем работает 16 часов в сутки. Это подтверждается практикой многих строителей (Цимлянский гидроузел, Куйбышевская ГЭС, Сталинградская ГЭС и др.).

В этом случае средняя суточная производительность насосов будет составлять:

- для насоса ВАН-7 — 200 — 300 м³/сутки;
- для насоса АТН-8 — 300 — 800 м³/сутки;
- для насоса АТН-10 — 800 — 1600 м³/сутки;
- для насоса 12 НА — 2000 — 2500 м³/сутки;
- для насоса АТН-14 — 2400 — 4000 м³/сутки и
- для насоса АТН-16 — 4500 — 8000 м³/сутки.

Сопоставляя суточную производительность насосов и скважин, находим пределы применения насосов перечисленных марок на скважинах соответствующих диаметров.

Пределы возможного применения насосов наносим в таблицы 1—6 в виде жирной контурной линии.

В результате проделанной операции убеждаемся, что применение насосов типа ВАН-7 на скважинах диаметром 150 мм, насосов АТН-8 на скважинах 200 мм и насосов АТН-10 на скважинах 250 мм возможно в известных пределах, которые зависят от коэффициента фильтрации и длины фильтра скважины.

Что же касается насосов 12 НА, АТН 14 и АТН-16, то их применение для целей водопонижения вызывает сомнения, так как производительность этих насосов значительно превышает водозахватывающую способность скважин, на которых эти насосы могут быть установлены.

Выбор диаметра скважины

Дебит одиночного колодца по А. А. Краснопольскому равен

$$Q = 2 \pi M K \sqrt{\frac{S}{\frac{1}{r} - \frac{1}{R}}}, \quad (3)$$

где Q — дебит скважины, $м^3/сутки$;
 M — мощность водоносного пласта, $м$;
 K — коэффициент фильтрации, $м/сутки$;
 S — величина понижения уровня, $м$;
 r — радиус скважины, $м$;
 R — радиус влияния скважины, $м$.

Пренебрегая членом $\frac{1}{R}$, вследствие небольшой величины его по сравнению с $\frac{1}{r}$, имеем

$$Q = 2 \pi M K \sqrt{r \cdot S}. \quad (4)$$

Рассмотрим, пользуясь формулой (4) изменение дебита колодца в зависимости от изменения r , т. е. радиуса колодца при условии $S = const$, т. е. одинаковой величине понижения уровня грунтовых вод скважинами различного диаметра. Результаты представим в виде таблицы 7.

Таблица 7

Диаметр скважины, мм	150	200	250	300	350	400	450
Относительная величина радиуса скважины	1,00	1,33	1,67	2,00	2,33	2,67	3,0
Относительный дебит по Краснопольскому берем за 1 Q при $d = 150$ мм	1,00	1,15	1,29	1,41	1,53	1,63	1,73

Таким образом, увеличение диаметра скважины оказывает незначительное влияние на ее дебит.

При определении дебита скважины в зависимости от ее диаметра по формулам других авторов (например, С. К. Абрамова) дебит скважины возрастает еще в меньшей степени, так как дебит является функцией логарифма радиуса скважины.

Для выбора оптимального радиуса скважины воспользуемся единичными расценками на бурение скважин станками ударно-колонкового бурения (табл. 8).

Пользуясь данными таблиц 7 и 8, находим относительную стоимость откачки $1 м^3$ воды из скважины различного диаметра.

Из таблицы 9 следует, что относительная стоимость откачки воды в скважинах разных диаметров будет при диаметрах скважин 250 мм и 200 мм минимальной.

Стоимость бурения 1 пог. м скважины в руб.

Таблица 8

Диаметр скважины, мм	К а т е г о р и я г р у н т а						Относительная стоимость 1 пог. м.
	I	II	III	IV	V	VI	
150	117—00	141—83	207—06	269—30	336—62	708—85	1, 00
200	123—58	149—61	218—73	284—26	355—47	748—05	1, 055
250	130—16	157—39	230—10	299—22	374—03	787—55	1, 11
300	156—19	189—11	276—18	359—06	448—83	944—94	1, 33
350	175—64	212—75	310—59	403—95	505—08	1063—13	1, 50
400	201—67	244—16	345—30	463—79	579—89	1220—52	1, 72
450	234—29	283—36	414—42	538—60	673—25	1417—41	2, 00

Таблица 9

Диаметр скважины, мм	150	200	250	300	350	400	450
Относительный дебит скважины	1,00	1,15	1,29	1,41	1,53	1,63	1,73
Относительная стоимость бурения	1,00	1,05	1,11	1,33	1,50	1,72	2,00
Относительная стоимость откачки воды	1,00	0,913	0,860	0,945	0,98	1,05	1,15

Выводы

Для водопонижения в гидротехническом строительстве следует применять скважины диаметром 200 и 250 мм с насосами АТН-8 и АТН-10, так как это дает наибольший экономический эффект.

Применение скважин диаметром 300 и более мм не может быть рекомендовано, вследствие их малой водопроизводительности, что не обеспечивает работу насосов АТН-14, АТН-16 и 12НА на полную производительность и тем самым удорожает стоимость откачки воды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов С. К. Гидрогеологические расчеты притока воды в котлованы и искусственного понижения уровня грунтовых вод. Углетехиздат, 1952.
2. Скабалланович И. А. Гидрогеологические расчеты. Углетехиздат, 1954.
3. Хохловкин Д. М. Глубинные насосы для водопонижения и водоснабжения. Углетехиздат, 1954.
4. Строительные нормы и правила, часть IV, том 1 и 2, 1954.
5. Сборник единичных расценок для строительства Куйбышевской ГЭС, 1954.
6. Кирилейс В. Искусственное понижение уровня грунтовых вод. Госстройиздат, 1933.