

ЛАБОРАТОРНЫЕ И НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДВУХКОЛОННОЙ ВОДОЗАБОРНОЙ СКВАЖИНЫ

Медведева Ю.А., аспирант

Ивашечкин В.В., д-р техн. наук, профессор

Кочергин А.Ю., магистрант

(Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Беларусь)

При проектировании подземных водозаборов для обеспечения бесперебойности подачи воды предусматривается устройство двух водозаборных скважин: основной и резервной [1]. Обычно, каждая скважина имеет индивидуальное здание насосной станции, в котором располагается механическое и электрическое оборудование, собственную зону санитарной охраны строгого режима с внешним ограждением, а также отдельные водопроводные линии подключения к сборному водоводу и электросиловые кабели для. Указанная схема размещения рабочей и резервной скважин требует значительных материальных ресурсов и трудозатрат на сооружение отдельных скважин с павильонами и сетями, а также отчуждения земель под территории зон санохраны.

В этой связи в БНТУ на кафедре «Гидротехническое и энергетическое строительство» предложена конструкция двухствольной водозаборной скважины, размещенной в общем кондукторе, и выполняющей функции рабочей и резервной скважин [2]. Каждый из стволов содержит собственный оголовок, обсадную трубу для размещения насоса, фильтр, отстойник. Стволы гидравлически связаны между собой выше и ниже фильтров посредством верхнего и нижнего соединительных патрубков, сообщающих подфильтровые и надфильтровые полости скважин. Внутренние полости фильтров соединены сверху и снизу. Это позволит снизить эксплуатационные затраты на подъем воды при работе одного насоса за счет снижения напора насоса, так как фильтры будут работать параллельно. Снижение расходов воды вдвое в каждом фильтре снизит потери напора, обусловленные прохождением жидкости через боковую поверхность фильтра, внутри его перфорированной части и колоннах об-

садных труб. Потери напора в фильтрах снизятся, что приведет к уменьшению понижения уровня воды в скважинах и снижению высоты подъема воды насосом и экономии электроэнергии. При выходе из строя одного из насосов, сразу же включают другой, чем обеспечивается бесперебойность подачи воды потребителю. При выходе из строя одного фильтра или его текущем или капитальном ремонте работает другой. Это существенно улучшает эксплуатационные характеристики и надежность работы предлагаемой скважины по сравнению со скважиной двухколонной конструкции, разработанной Ткаченко В. П., в которой фильтр установлен только в одной колонне, а обе колонны соединены понизу обводной трубой [3]. При выходе из строя фильтра двухколонная скважина прекращает свою работу.

Предлагаемая двухствольная скважина имеет затрубную систему реагентной регенерации каждого фильтра, состоящую из трех закачных пьезометрических трубок, установленных в гравийной обсыпке, что повышает ремонтпригодность конструкции.

В случае значительного снижения производительности скважины конструкции Ткаченко В. П., когда текущие ремонты традиционными методами регенерации оказываются неэффективными, такую скважину тампонируют и перебуривают, что является дорогостоящим мероприятием и сужает область ее применения.

Лабораторные исследования гидравлики скважины двухствольной конструкции

Лабораторные исследования фильтрационного потока проводились с целью установления влияния работы резервной скважины на основную на экспериментальной установке, представленной на рисунке 1.

Установка состояла из радиального фильтрационного лотка 1 диаметром 1,22 м и высотой 0,5 м с кольцевым бьефом 2. Внутри лотка 1 устанавливались модель резервной (С2) 6 и основной (С1) водозаборной 7 скважин. В прифильтровой зоне скважин 6, 7 установлены четыре мелкотрубчатые скважины 8. Бак засыпан на высоту 0,3 м кварцевым песком 10. В днище бака встроены водоприемники пьезометров 3, которые соединяются с пьезометрическим щитом 4 гибкими шлангами 5. Пьезометры расположены вдоль главной линии тока.

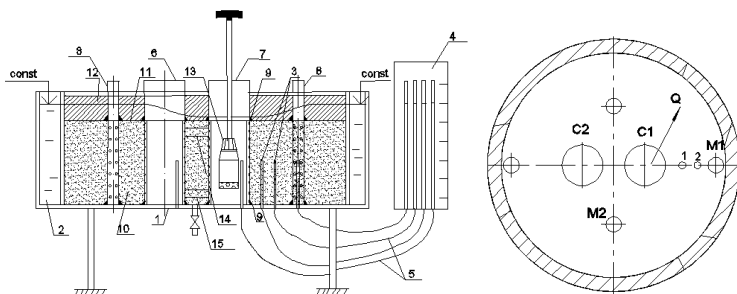


Рис. 1. Схема экспериментальной установки:

- 1 – фильтрационный лоток; 2 – кольцевой бьеф; 3 – пьезометры; 4 – щит пьезометров; 5 – шланги; 6 – резервная скважина (С2); 7 – основная водозаборная скважина (С1); 8 – мелкотрубчатые скважины (М1,М2); 9 – уплотнение; 10 – водовмещающий грунт; 11 – полиэтиленовая пленка; 12 – глиняный замок; 13 – насос; 14 – верхняя соединительная трубка; 15 – нижняя соединительная трубка

Для обеспечения условий напорной фильтрации в грунте 10 при циркуляции, на его поверхности была уложена полиэтиленовая пленка 11 толщиной 2 мм с глиняным замком 12, который был дополнительно пригружен. Таким образом, модель напорного пласта имела мощность $m=0,3$ м. Основная, резервная и мелкотрубчатые скважины имели нижние и верхние уплотнения 9 в местах их примыкания к днищу бака и на контакте с полиэтиленовой пленкой 11. В основную скважину помещали насос 13, который откачивал из нее воду.

Фильтры основной и резервной скважин представляли собой трубчатый полиэтиленовый каркас внутренним диаметром 125 мм. Диаметр отверстий в каркасе составлял 12 мм. Отверстия располагались в шахматном порядке. Снаружи каркас обматывался полиэтиленхолстом толщиной $\delta=7,5$ мм. В опытах использовался кварцевый песок. В качестве водоподъемного оборудования использовался насос «Ручеек-1» (БВ-0.12-40-У5, ГОСТ 26287-84).

Установка работала следующим образом. Вода насосом забиралась из основного ствола С1 модели скважины с расходом Q_c . Давление в пласте при фильтрации регистрировали с помощью пьезометров. Расход воды замерялся объемным способом

Параметры напорного фильтрационного потока в прифильтровой зоне модели скважины, оборудованной мелкотрубчатыми скважинами, исследовались путем определения напора h_n в водоносном

пласте. При известном напоре h_n определялось понижение и повышение уровня воды в пьезометрах при откачке. Величина S определялась по формуле $S = h_n - h_c$, где h_c – статический напор в пласте.

Расходы фиксировали объемным методом и рассчитывали по формуле

$$Q = \frac{V}{t},$$

где V – объем воды, скопившейся в мерном сосуде за время t .

Для установления влияния работы двух скважин опыт проводился для 4 схем:

- 1) Вода откачивается из скважины С1 (основная), верхняя и нижняя соединительные трубки закрыты (рисунок 2, а);
- 2) Вода откачивается из скважины С1, верхняя соединительная трубка открыта, нижняя – закрыта (рисунок 2, б);
- 3) Вода откачивается из скважины С1, верхняя соединительная трубка закрыта, нижняя – открыта (рисунок 2, в);
- 4) Вода откачивается из скважины С1, верхняя и нижняя соединительные трубки открыты (рисунок 2, г).

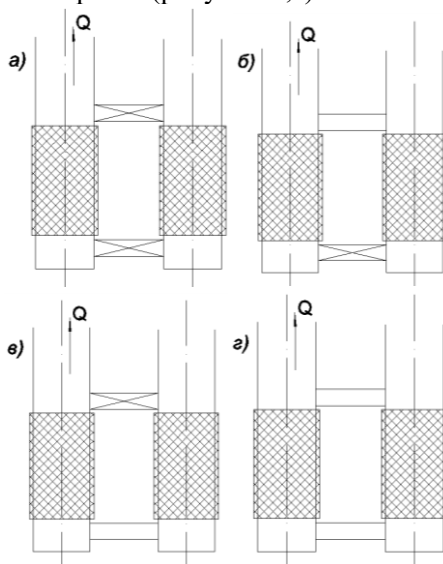


Рис. 2. Опытные схемы

Результаты опытов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты измерений в двухколонной скважине

	Расход Q , $\text{м}^3/\text{ч}$	Статич. уровень h_c , см	Пониже- ние s , м	Уд. дебит, q , $\text{м}^2/\text{ч}$
Схема 1	1,44	89	0,027	53
Схема 2			0,015	96
Схема 3			0,022	65,5
Схема 4			0,013	111

В результате установлено, что при одновременной работе фильтров двух стволов водозаборной скважины (схема 4) удельный расход максимальный, а понижение уровня в основном стволе минимальное.

Натурные исследования двухствольной скважины

Натурные исследование двухствольной водозаборной скважины проводились в д. Войская Брестской области, пробуренной для населения и фермы КРС в 1988 году (рисунок 3,4). Паспортные данные о скважине приведены в таблице 2.

Таблица 2

Паспортные данные скважины

1	Дебит скважины, $\text{м}^3/\text{ч}$	100
2	Удельный дебит, $\text{м}^2/\text{ч}$	5,1
3	Статический уровень, м	6
4	Динамический уровень, м	25
5	Фильтр проволочный, мм	Ø219
6	Интервалы установки рабочей части фильтра, м:	
	– первый ствол	71 – 83
	– второй ствол	68 – 80



Рис. 3. Двухколонная скважина

Исследования заключались в установлении состояния двухколонной водозаборной скважины после 30 лет работы. На сегодняшний день скважина работает с одним насосом ЭЦВ 6-10-80 в первой колонне. Понижения в обеих колоннах при работе одного насоса было зафиксировано одинаковым и составило 0,86 м. Также измерялся расход скважины объёмным способом. Дебит скважины составил 5,67 м³/ч, удельный дебит – 6,6 м²/ч, что свидетельствует о том, что по истечению 30 лет работы двухколонная скважина находится в хорошем состоянии, работает без перебоев и обеспечивает водой близ лежащие ферму и населенные пункты.

Литологическое описание пород	Геологический разрез и конструкция скважины	Мощность пласта, м
Глина коричневая, валунная		9
Гравийно-галечные отложения		21
Глина коричневая, валунная		31
Песок серый, водоносный		34
Глина с гравием и галькой		50
Гравийно-галечная смесь		53
Глина серая с гравием		65
Песок серый с прослойками глин		68
		71
		80
		83
		85

Рис. 4. Геологический разрез и конструкция скважины

Выводы:

Применение конструкции двуствольной скважины позволяет:

- увеличить срок службы рабочей и резервной скважин;
- осуществлять подачу воды бесперебойно потребителю, имея в каждом стволе отдельный электронасосный агрегат;
- уменьшить площади отчуждаемых под строительство земель, так как рабочая и резервная скважины сооружаются в одной санитарной зоне;
- обеспечить снижение капвложений по сравнению с сооружением двух отдельно расположенных скважин (один павильон вместо двух, одна буровая площадка вместо двух, меньшая длина коммуникаций и т. д.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Водозаборные сооружения. Строительные нормы проектирования=Водазаборныя збудаванні. Будаўнічыя нормы праектавання : ТКП 45-4.01-30-2009. – Введ. 06.07.2009. – Минск : Минстройархитектуры, 2009. – 13 с.

2. Ивашечкин, В.В. Двуствольная фильтровая водозаборная скважина для эксплуатации одного водоносного горизонта / В. В. Ивашечкин, Ю. А. Медведева, А.Н. Курч // Мелиорация. – 2017. – № 3(81). – С. 36–41.

3. Водозаборная скважина: а.с. 1448002SU, МКИ Е ОЗВ 3/18 / В.П. Ткаченко; Гидрологическая экспедиция Министерства мелиорации и водного хозяйства УССР. – № 4235664/29-33; заявл. 24.02.87; опубл. 30.12.88 (не публик).