

УДК 628,11:53.072

**Каястха К. П. (Крис), к.т.н.** (Киевский национальный университет строительства и архитектуры)

## **СКВАЖИНЫ С ГРАВИЙНО-ЗОНТИЧНЫМ ФИЛЬТРОМ УШИРЕННОГО КОНТУРА**

**На основании экспериментальных исследований с использованием электрических и физических моделей разработана и обоснована новая конструкция водозаборных скважин с гравийно-зонтичным фильтром.**

**Ключевые слова:** электрические и физические модели, конструкция водозаборных скважин, подземная вода, гравийно-зонтичный фильтр, водоснабжение, орошение.

В условиях повсеместного роста населения, промышленного и сельскохозяйственного производства постоянно возрастают потребности в воде для хозяйственно–питьевых целей, орошения и др. Большая роль в удовлетворении этих потребностей принадлежит подземным водам, для добычи которых основными сооружениями служат водозаборные скважины. На практике получило научное основание и практическое применение сооружение бесфильтровых водозаборных скважин в рыхлых породах. Эти скважины отличаются максимальными удельными дебитами, малой металлоемкостью и более низкими эксплуатационными затратами. В качестве водоприемника в них служит полость в самой верхней части пласта, разработанная под твердыми перекрывающими породами, которые образуют горизонтальную поверхность над водоприемной воронкой. Однако такая конструкция может использоваться только при наличии не обрुшаемой кровли, что ограничивает ее применение в других геологических разрезах [1].

Поиски новых конструкций скважин с уменьшенными гидравлическими сопротивлениями и металлоемкостью, сочетающих ряд достоинств бесфильтровых и фильтровых скважин с гравийной обсыпкой, привели к созданию водозаборной скважины нового типа для безнапорного и слабо напорного пласта – скважины с гравийно–зонтичным фильтром уширенного контура (рис. 1).

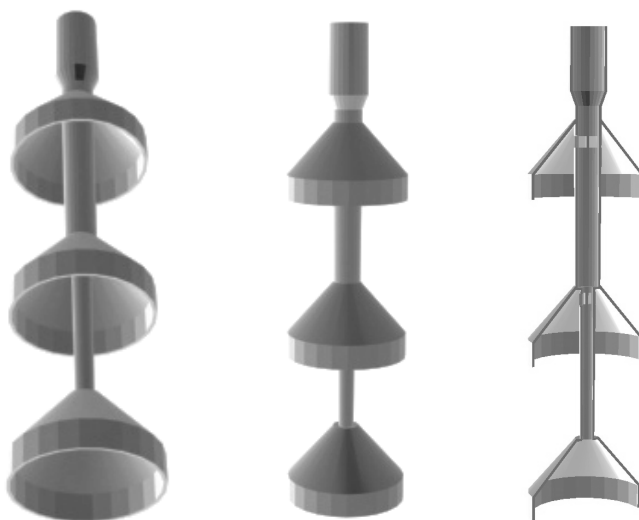


Рис. 1. Трехмерные модели конструкции скважин с ФУГЗ

Водоприемником в этой скважине служит широкий раструб-зонтик, опускаемый в скважину и заменяющий устойчивую кровлю, а для увеличения водопротока устраивается ствол большого диаметра, который засыпается гравием. Были проведены комплексные исследования по электромоделированию, физическому моделированию, бурению и опробованию скважин в полевых условиях. Эти исследования включали также оценку параметров скважин с одним, двумя и тремя ярусами раструбов-зонтиков, исследование гидравлики притока и суффозионных процессов, разработку методики расчета скважин предлагаемой конструкции. Преимущество новых конструкций скважин с гравийно-зонтичным фильтром уширенного контура (ФУГЗ) в безнапорных и слабо напорных водоносных горизонтах по сравнению с традиционными фильтровыми конструкциями состоит в том, что при сооружении этих водозаборных скважин можно получить средний дебит (200–300 м<sup>3</sup>/сут) и можно использовать местные недефицитные материалы, гравий, а также детали не только из стальных, но и из бетонных и полиэтиленовых труб (в то время как на изготовление традиционных фильтров расходуется много нержавеющей стали и цветных металлов). Это открывает принципиально новые перспективы при проектировании систем сельскохозяйственного водоснабжения на базе подземных

вод.

**Одноярусная конструкция скважины с гравийно-зонтичным фильтром уширенного контура с ФУГЗ.** Конструкция скважины с таким водоприемником предназначена для добывания подземных вод из безнапорного или слабо напорного водоносного горизонта, сложенного рыхлыми песчаными отложениями. Конструкция отличается отсутствием традиционного фильтра, устойчивым во времени дебитом, меньшей металлоемкостью, меньшей энергоемкостью при эксплуатации за счет понижения гидравлических сопротивлений и высоты подъема воды при откачке. Металлический или пластмассовый раструб присоединен к нижнему концу обсадной колонны, причем нижний расширяющийся край раструба имеет цилиндрическую форму и заполнен гравием. Скважина с ФУГЗ (рис. 2) состоит из ствола 1 большого диаметра (600–1200 мм), гравийной засыпкой, обсадной колонны 4, раструба 5 с цилиндрическим краем 6, опущенных ниже уровня грунтовых вод 2, гидроизолирующей набивки 3 в затрубном пространстве поверх гравийной засыпки. Благодаря сводообразной форме раструб находится под минимальным горным давлением и поэтому предохранен от деформаций, а его расширенная нижняя часть образует увеличенную площадь фильтрации. Гравийная засыпка в цилиндрической части раструба предохраняет ствол от бокового шпора пластовой породы. Одновременно гравийная засыпка в нижней части ствола, в затрубном пространстве, обладая достаточной массой частиц высокой фильтрующей способностью, обеспечивает увеличенный дебит и препятствует поступлению песчаных частиц водоносного пласта в ствол к насосу. Скважина работает следующим образом. Откачку ведут скважинным насосом, который опускают под уровень грунтовых вод 6. Вода поступает через гравийную засыпку 2 в нижней части раструба 5 и плоское дно.

**Многоярусная конструкция скважины с ФУГЗ.** Эта конструкция имеет увеличенный диаметр, несколько поэтажно расположенных водоприемных раструбов-зонтиков, соединяющих их труб, гравийную засыпку. Многоярусную конструкцию скважины с ФУГЗ можно применять в напорном 11 и безнапорном 9, однослойном и многослойном водоносных песчаных пластах (рис. 3). Скважина состоит из ствола 2 большого диаметра (600–1200 мм), гравийной засыпки 6, обсадной колонны 2 и раструбов 3 с цилиндрическими краями, опущенных ниже уровня воды 1, соединительных труб 5 с отверстиями 7. В разрезе показаны слабо фильтрующая гидроизолирующая набивка 8 в затрубном пространстве поверх гравийной засыпки и водоупорный слой 10. Гра-

вийная засыпка 6 в цилиндрической части нижнего раструба 4, за наружными стенками каждого раструба в нижней части ствола скважины и в затрубном пространстве, благодаря остаточной массе и высокой фильтрующей способности частиц, препятствует поступлению песка водоносного пласта в ствол к насосу и способствует равномерному забору воды из всех интервалов глубины, а при многослойном водоносном пласте из каждого слоя.

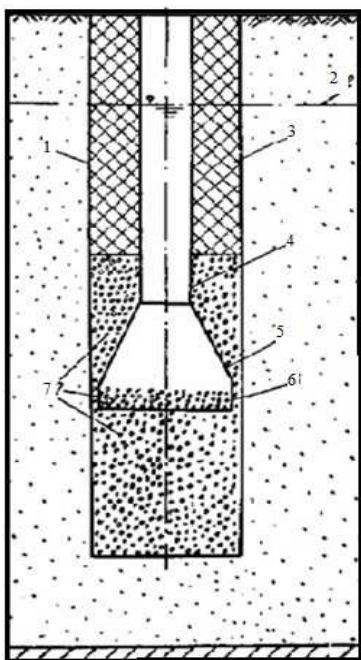


Рис. 2. Скважина с ФУГЗ  
Одноярусная конструкция

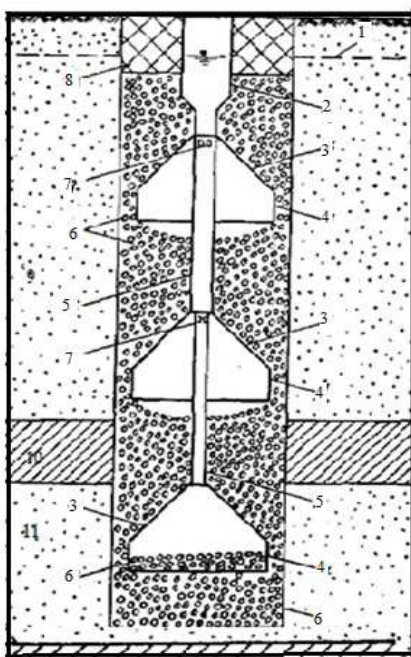


Рис. 3. Скважина с ФУГЗ  
Многоярусная конструкция

**Пути повышения эффективности ФУГЗ.** Совершенствование конструкции ФУГЗ может идти по пути улучшения ее гидравлических параметров. На рис. 4а приведена конструкция, которая отличается от предыдущих тем, что вместо соединяющих раструбы глухих труб в ней применены перфорированные (дырчатые, щелевые) трубы 1 или фильтры 2 из разных материалов. Могут быть применены также разные блочные фильтры. В этом случае вод захватная способность гораздо больше, чем в предыдущих конструкциях, и соответственно меньше гидравлическое сопротивление. В конструкции, показанной на рис.

4 б, используются перфорированные раструбы с дырчатой 3 или щелевой 4 перфорацией. На рис. 4 в приведен еще один тип многоярусного гравийно-зонтичного фильтра уширенного контура, в котором объединены две рассмотренные перфорированные конструкции. Раструбы здесь имеют дырчатую 3 или щелевую 4 перфорацию, а соединительные трубы – ту же перфорацию 1 или представляют собой цилиндрические фильтры 2. Скважины данной конструкции обладают максимальной водозахватной поверхностью и дебитом. При этом увеличивается роль гравийной обсыпки как фильтрующей среды и препятствия для удержания песчаных частиц от проникновения из пласта через отверстия в трубах, фильтрах и раструбах внутрь скважины.

А также эффективность ФУГЗ может быть повышена за счет применения в конструкции правильно подобранного слоеного водопроницаемого пористого бетона.

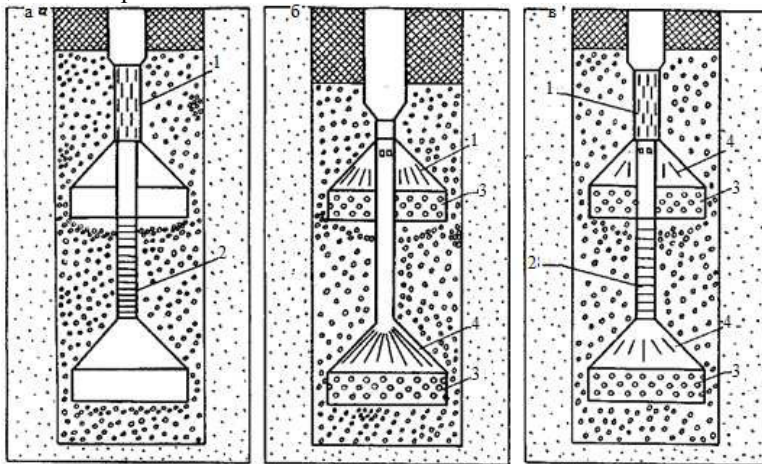


Рис. 4. Гравийно-зонтичный фильтр уширенного контура:

- а) – с перфорированными трубами; б) – с перфорированными раструбами;  
в) – с перфорированными раструбами и трубами

**Применение конструкции ФУГЗ для обезжелезивания подземных вод.** В настоящее время в связи с повышенным содержанием железа в подземных водах многих регионов существует проблема обезжелезивания воды, подаваемой потребителю, в том числе и в малых объемах – от 10 до 100 м<sup>3</sup>/сут [2]. Многоярусная конструкция скважин с гравийно-зонтичным фильтром уширенного контура может быть использована для обезжелезивания подземных вод непосредственно в водоносном пласте как элемент установки циркуляционного типа.

Сущность данного метода обезжелезивания воды сводится к безреагентному способу перевода растворенного железа в нерастворимые формы путем закачки в скважину азрированной воды, насыщения кислородом круговой зоны в водоносном пласте, осаждения железа и удержания осадка в пористых породах при откачке воды. Основная идея обезжелезивания подземных вод с применением многоярусных гравийно-зонтичных фильтров заключается в том, что благодаря наличию двух и более водоприемных частей, одну можно использовать для нагнетания окислителя, а другие – для откачки очищенной воды (рис. 5).

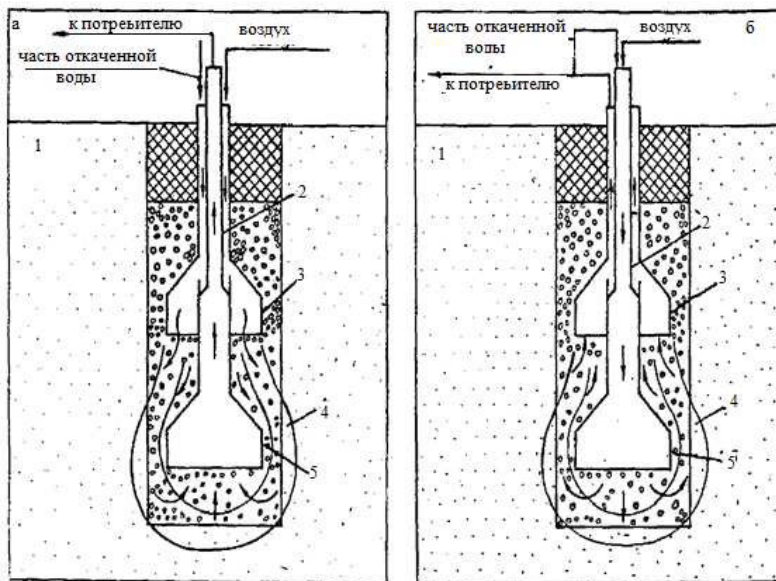


Рис. 5. Обезжелезивание подземных вод в пласте с использованием гравийно-зонтичного фильтра уширенного контура: а) – с нагнетанием через нижний зонтик; б) – с нагнетанием через верхний зонтик

**Исследование скважин с ФУГЗ методом электрогидродинамических аналогий (ЭГДА).** Метод ЭГДА основан на аналогии дифференциальных уравнений распределения потенциала на электропроводной бумаге и движения жидкости в пористой среде. Исследования работы скважин с ФУГЗ в напорных и слабо напорных условиях методом ЭГДА проводили по известной методике моделирования осесимметричной фильтрации на электропроводной бумаге, предложенной П. Ф. Фильчаковым [3, 4]. Моделирование осесимметричной

фильтрации на электропроводной бумаге заключается в том, что уравнение Лапласа, описывающее стационарное распределение напора в области фильтрации и потенциала на электропроводной бумаге, представляется в виде:

$$\frac{\partial}{\partial r} \left( K r \frac{\partial H}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( K r \frac{\partial H}{\partial z} \right) = 0, \quad (1)$$

где  $H=H(r, z)$  – фильтрационный напор;  $r, z$  – цилиндрические координаты;  $K$  – коэффициент фильтрации пласта.

Тогда уравнение (1) описывает плоскую фильтрацию, и его можно моделировать на электропроводной бумаге, если принять, что произведение  $K \cdot r$  является переменным коэффициентом фильтрации. При этом необходимо, чтобы электропроводность модели подчинялась законам:

$$\sigma_z = const, \quad \sigma_r = Kr, \quad (2)$$

где  $\sigma_z$ , и  $\sigma_r$  – удельная электропроводность в вертикальном и горизонтальном направлениях соответственно.

Чтобы задать электропроводность по закону (2), необходимо модель склеить из нескольких листов бумаги "ступенькой". Длина нижнего листа бумаги равна длине всей модели. Следующий лист наклеивается на него и должен быть короче на величину:

$$\Delta r_2 = M \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{2} \frac{1}{R_2} \right). \quad (3)$$

Каждый следующий лист, наклеиваемый сверху на предыдущий, должен быть короче него на величину:

$$\Delta r_i = \left( \frac{1}{R_{i-1}} + \frac{1}{R_i} \right) \frac{M}{2}, \quad (4)$$

где  $M$  – коэффициент пропорциональности, выбранный для удобства моделирования и принято  $M=4000$ ;  $R_i$  – сопротивление  $i$ -го листа бумаги на квадрат,  $i = 3, 4, \dots, n$ ;  $n$  – число листов. Основные модели для исследований одноярусной и многоярусной конструкций ФУГЗ приведены на рисунках 6, а и 6, б. Снижение погрешности вследствие несоизмеримости величины водоприемной части и мощности пласта осуществлялось путем выделения прискважной зоны в увеличенном масштабе, не искажавшем осесимметричную картину фильтрации.

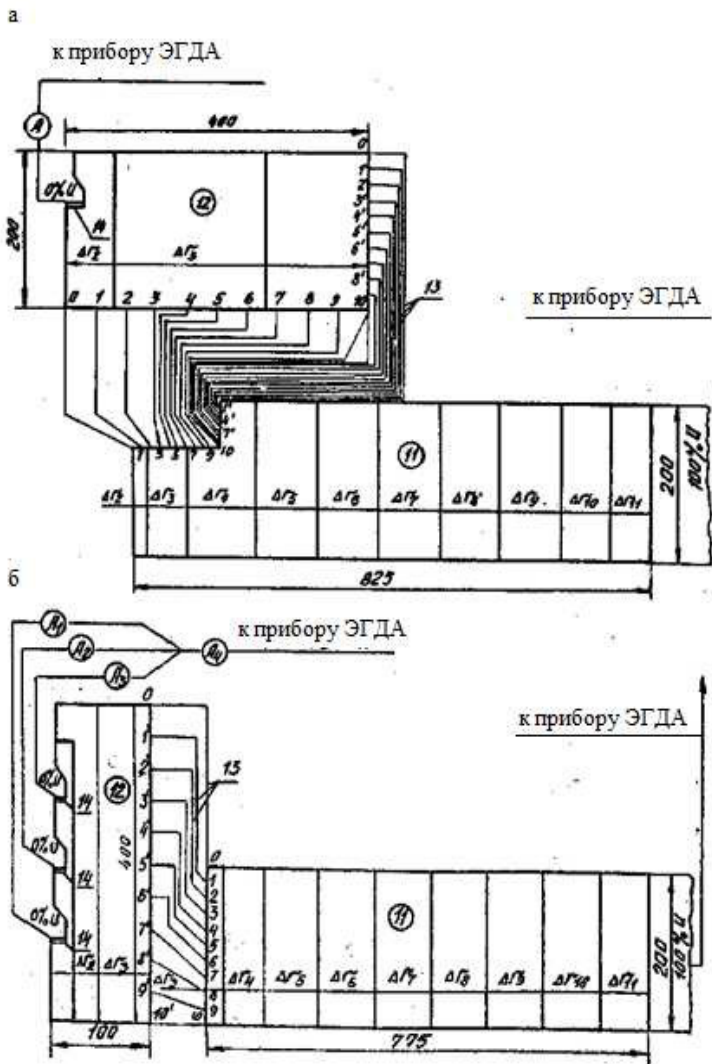


Рис. 6. Модели ЭГДА для исследования скважины с ФУГЗ:  
 0...10 – контактные соединения; 11 – пласт; 12 – прискважная зона;  
 13 – провода; 14 – шина Панчишина; А – миллиамперметры

**Конструктивные параметры и варианты моделирования скважины.** Для оценки условий работы скважины в водоносном пласте



при различных вариантах конструкции ее водоприемной части путем моделирования на электропроводной бумаге методом ЭГДА были исследованы разные конструкции (рис. 7) при различных радиусах водоприемной части и гравийной засыпки  $r$ , глубинах погружения верхней водоприемной части  $c$ , глубинах гравийной засыпки  $h$ , расстояния между ярусами  $b$ , и сопротивления гравийной засыпки  $R_{zp}$ . Мощность пласта  $m$  сохранялась постоянной и была равна 200 мм (рис. 6).

Все вертикальные и горизонтальные размеры переводили в относительные (в мощности пласта) величины:

$$r^- = r/m; c^- = c/m; h^- = h/m; b^- = b/m.$$

Относительное сопротивление гравийной засыпки  $R^-$  определяли по соотношению с сопротивлением водоносного пласта  $R_{nl}$ :

$$R^- = R_{nl} / R_{zp}.$$

В опытах безразмерные параметры изменялись в следующих пределах:  $r^- = 0,015 \dots 0,05$ ,  $h^- = 0 \dots 1$ ,  $c^- = 0 \dots 0,3$ ,  $R^- = 10 \dots 50$ .

**Влияние положения водоприемной части и гравийной засыпки на ее дебит.** Экспериментальным путем определены оптимальные глубины погружения  $c_{on}^-$  для различных  $r^-$ , и в результате их математической обработки получена зависимость оптимальной глубины погружения водоприемной части от ее радиусов:

$$c_{on}^- = 0,418 + 0,146 \lg r^-. \quad (5)$$

Для моделирования гравийной засыпки на модели использовали электропроводную бумагу, сопротивление которой в 10, 20, 30, 40 и 50 раз меньше по сравнению с бумагой, моделирующей водоносный пласт. Построенные на модели опытные кривые зависимости притока от радиусов водоприемной части  $r^-$  при различных ее сопротивлениях и глубине  $h^-$  показывают значительный эффект гравийной засыпки (рис. 8). В зависимости от водоприемной части  $r^-$  определены оптимальные глубины гравийной засыпки  $h_{on}^-$  (6):

$$h_{on}^- = Ar^{2^-} + Br^- + C, \quad (6)$$

Коэффициенты  $A, B, C$  для разных величин относительных сопротивлений  $R^-$ , даны в таблице.

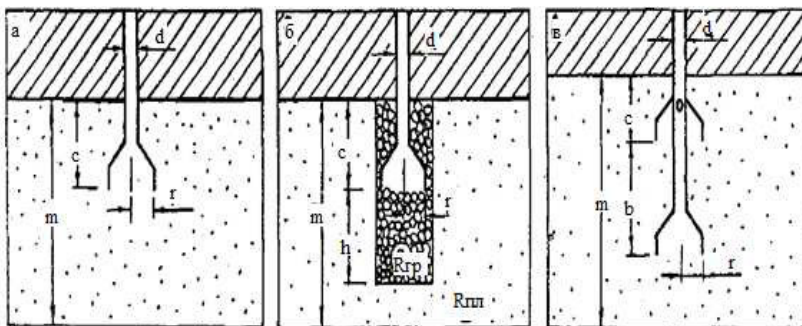


Рис. 7. Гравийно-зонтичный фильтр уширенного контура:  
 а) – одноярусный без гравийной засыпки; б) – то же, с засыпкой;  
 в) – двухъярусный без гравийной засыпки

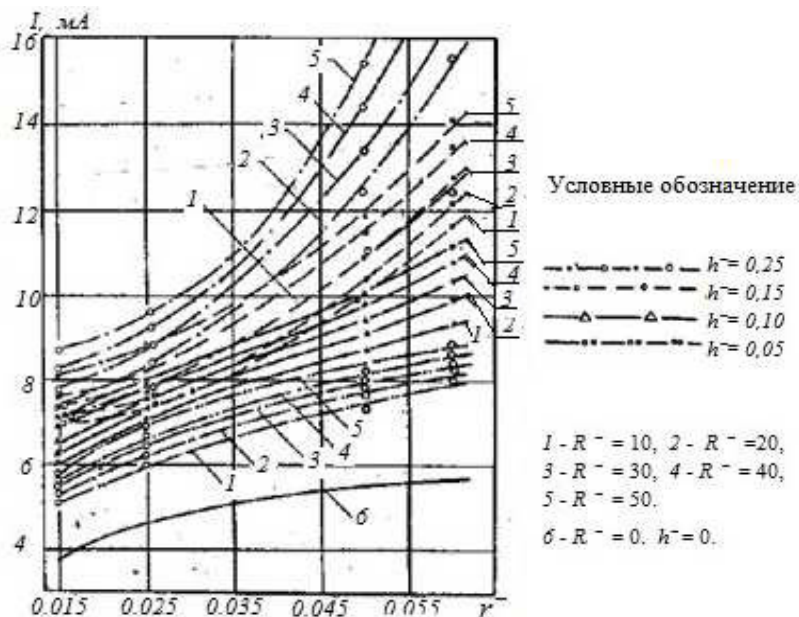


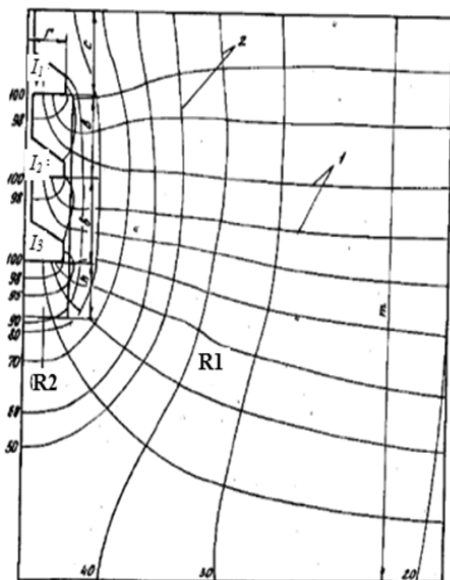
Рис. 8. Зависимость тока от разных радиусов зонтика при разных сопротивлениях гравийной засыпки

Таблица

Коэффициенты  $A$ ,  $B$ ,  $C$ , для различных величин относительных  $R^-$  при определении оптимальной глубины гравийной засыпки  $h_{on}$ .

$R^-$	$A$	$B$	$C$
10	97,14	-2,88	0,101
20	91,43	-2,66	0,124
30	62,86	-0,514	0,109
40	109,14	-2,87	0,148
50	120,57	-3,12	0,165

**Гидродинамические сетки движения и их анализ.** Анализ влияния характера движения фильтрационного потока к исследуемой скважине нетрадиционной конструкции на ее дебит показал, что оно весьма существенно. Наглядное представление о происходящих в пласте процессах дают гидродинамические сетки, полученные при электро моделировании (рис. 9). Общая картина движения потока к водоприемнику представляет полусферический-радиальный поток с резким понижением напоров (экипотенциалей) непосредственно у скважины и плавным их выполаживанием к периферии.



1 - линия тока;  
2 - экипотенциальные линии;

Параметры модели:

$r = 15$  мм;  
 $c = 30$  мм;  
 $b = 30$  мм;  
 $m = 200$  мм;  
 $h = 20$  мм;  
 $R^- = 10$ ;  
 $R_1$  = Сопротивление пласта  
 $R_2$  = Сопротивление обсыпки  
 $U = 20$  В;

Результаты;

$I_1 = 7,0$  мА;  
 $I_2 = 4,1$  мА;  
 $I_3 = 5,8$  мА;  
 $I_{свж} = 16,9$  мА;

Рис. 9. Гидродинамическая сетка при фильтрации

При этом следует отметить поступление основного потока в скважину через кольцевой участок, примыкающий к стенкам зонтика. Центральная часть водоприемной поверхности по оси скважины имеет небольшой расход и оказывается в "мертвой" зоне. Отсюда следует, что и скорости потока будут максимальными у стенки зонтика и минимальными в его центре.

**Исследование конструкции в фильтрационном цилиндрическом лотке.** Для оценки зависимости понижения уровня воды и дебита в безнапорных условиях, определения фильтрационной устойчивости грунтов и гидравлического сопротивления конструкций ФУГЗ были проведены опыты на специальной установке (рис. 10), представляющей собой цилиндрический фильтрационный лоток 1 диаметром 900 мм, высотой 1200 мм. Установка моделировала водоносный пласт, в котором размещалась конструкция ФУГЗ. В центральную часть вокруг скважины засыпали гравийную обсыпку 3. Воду в лоток подавали из резервуара 12 насосом 11. В лотке был установлен гаситель 8. Постоянный уровень в лотке поддерживался при помощи переливной трубы 15. Воду, протекающую через гравийно-зонтичный фильтр, забирали с помощью сифона 13 и подавали в мерный бак 14 с установленным водосливом. Для зарядки сифона использовали вакуумный насос 7. Расход воды в трубопроводе 10 и сифоне 13 регулировали вентилем 9, а измеряли объемным методом, проверяя уровень по отметкам треугольного водослива мерного бака 14. Уровни воды в лотке, прифильтровой зоне и самом фильтре регистрировались при помощи пьезометров, выведенных на общий щит 6. Как показали результаты исследований, максимальное гидравлическое сопротивление конструкции скважин находится в пределах 5-8% от общего понижения уровня воды.

**Исследование работы скважин в полевых условиях.** С целью исследования были пробурены две скважины у северной окраины г. Черкассы, в прибрежной зоне Кременчугского водохранилища. Глубина скважины двухъярусной конструкции 15,85 м, диаметр бурения 720 мм. В качестве водоприемника было установлено два раструба с диаметром цилиндрической части 620 мм, соединённых между собой трубой диаметром 219 мм и длиной 1,15 м. Длина каждого раструба 650 мм. К верхнему из них приварена обсадная труба диаметром 273 мм. В ствол скважины под нижний раструб был засыпан слой гравия толщиной 1,4 м, Тем же гравием засыпаны снаружи оба раструба и соединительная труба. Общая длина интервала гравийной засыпки 5,5 м. В скважину был установлен пьезометр. Дебит скважины составил 6 м<sup>3</sup>/ч при понижении уровня воды на 1,5 м, удельный дебит –

4 м<sup>3</sup>/ч. Глубина скважины одноярусной конструкции 6 м, диаметр бурения 760 мм. Длина раструба-зонтика 1160 мм, диаметр цилиндрической части 620 мм. Поскольку нижний, край раструба вогнут внутрь, диаметр по краю составляет 520 мм.

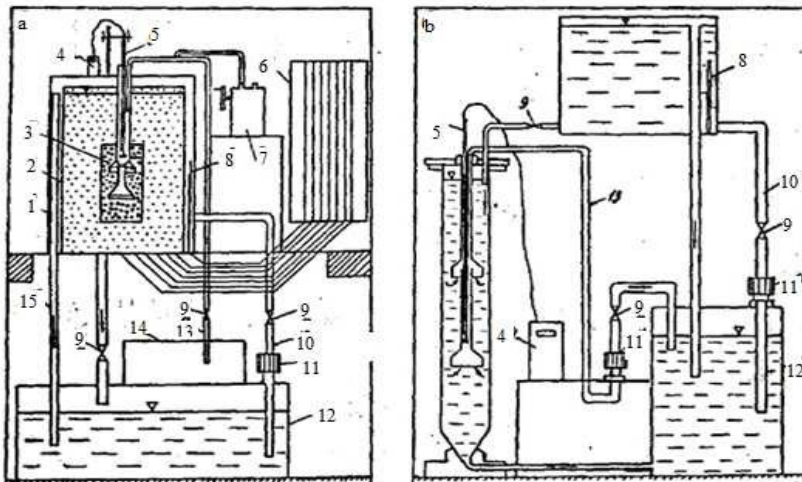


Рис. 10. а) – фильтрационный лоток, б) – гидравлический стенд

Для предотвращения просадки общей конструкции в гравий к нижнему обрезу раструба приварены арматурные прутья диаметром 10 мм, образующие решетку. К верхнему концу раструба приварена обсадная труба диаметром; 219 мм. Раструб установлен на глубине 12,67 м на засыпанный в ствол слой гравия толщиной 3,33 м. Гравием также засыпаны раструб и часть ствола над ним. Общая длина интервала гравийной засыпки 9,5 м. В гравийной засыпке установлен пьезометр диаметром 50 мм. При понижении на 2,22 м получен дебит 10,1 м<sup>3</sup>/ч, удельный дебит составил 4,6 м<sup>3</sup>/ч, при понижении 1,68 м – соответственно 6,7 м<sup>3</sup>/ч, и 4 м<sup>3</sup>/ч. В обоих случаях откачка проводилась в течение 5 ч в устойчивом режиме при стабилизации уровней через 20 мин. При этом в скважине на расстоянии 10,7 м наблюдалась срезка уровня при первом понижении на 0,08 м, при втором – на 0,07 м, в пьезометре, соответственно на 0,22 и 0,16 м.

**Методы расчета дебита скважин.** Определение дебита с учетом сложных природных условий для различных конструкций ФУГЗ проводилось на основе анализа результатов электро моделирования на соответствующих моделях в напорных условиях. Чтобы свести эти по-

грешности к минимуму, расчеты проводили в относительных величинах. Для отношения брали измерения на той же модели в первоначальных условиях. Относительный дебит скважин в соответствии с теорией электрогидродинамических аналогий рассчитывали по следующей зависимости:

$$Q = \frac{Q_H}{Q_C} = \frac{I_H}{I_C} \xi, \quad (7)$$

где  $Q_H$  и  $Q_C$  – расходы соответственно несовершенной и совершенной скважин;  $I_H$  и  $I_C$  – силы тока соответственно на модели к несовершенной и совершенной скважин;  $\xi$  – поправка, учитывающая колебания напряжения на шинах модели:

$$\xi = \frac{U_C}{U_H}, \quad (8)$$

где  $U_C$  и  $U_H$  – напряжения на шинах медали совершенной и несовершенной скважин. На модели напряжения задавалось постоянное напряжение, равное 20 В, поэтому,  $U_C=U_H$  и, следовательно,  $\xi=1$ . Тогда зависимость (7) приобрела следующий вид:

$$Q_H = \frac{I_H}{I_C} Q_C, \quad (9)$$

поскольку дебит совершенной скважины можно определить по формуле Дюпюи:

$$Q = \frac{2\pi k m S}{\ln(R/r)}. \quad (10)$$

Для получения относительных величин в знаменателе принимались значения для совершенной скважины, работающей в тех же природных условиях, а в числителе – для скважин с ФУГЗ (в качестве несовершенной скважины). Такое отношение меньше единицы, и его можно интерпретировать, как обобщенный коэффициент уменьшения дебита совершен. Для расчета дебита скважин с ФУГЗ необходимо знать коэффициент уменьшения дебита  $Q_H/Q_C$ , определяемый с помощью моделирования как коэффициент уменьшения тока  $I_H/I_C$ .

Величина тока конструкции ФУГЗ:

$$I_H = f(r/m, c/m, b/m, h/m). \quad (11)$$

Для определения  $I_H$  и  $I_C$  проведены опыты методом ЭГДА. Остальные величины можно рассчитать по рис. 8.

$$I = I_H .$$

Зависимость тока на модели от относительных радиусов совершенной скважины по экспериментальным данным можно описать следующим уравнением:

$$I_c = 61,5r^{-} + 17,2 . \quad (12)$$

При совместном решении зависимостей (9) и (10) и подстановке в них зависимости (12) получим уравнение для определения дебита скважин с ФУГЗ в напорных условиях:

$$Q = \frac{2,73KmSI}{\lg(R / r)(61,5r^{-} + 17,2)}, \quad (13)$$

где  $I$  – ток на модели, мА; 61,5 и 17,2 – переходные коэффициенты от модели к натуре, мА.

**Выводы:**

1. Скважины с одним зонтиком могут применяться как с гравийной засыпкой, так и без нее. Скважины с двумя-тремя зонтиками обязательно требуют гравийной засыпки для обеспечения работы верхних зонтиков.

2. Приток в скважину зависит не столько от количества зонтиков, сколько от объема гравийной засыпки в отводе скважины и ее параметров. Поэтому при освоении этой конструкции целесообразно начинать работу с одним зонтиком при заложении под ним 3–5 метрового ствола с гравийной засыпкой.

3. Приток в скважину с одним зонтиком увеличивается с ростом радиуса зонтика, проницаемости и радиуса гравийной засыпки, ее глубины (до расчетного предела) и погружения зонтика в пласт до одной трети мощности сверху. Скорости движения воды от оси в краях зонтика увеличиваются почти от нуля до максимума.

4. Приток в скважину с двумя-тремя зонтиками увеличивается с ростом расстояния между зонтиками только до определенной величины, которая рассчитывается в зависимости от радиуса зонтика. Водосбор в этих конструкциях следует производить из точки между верхним и нижним расположенным зонтиками, что обеспечит равномерность притока к каждому зонтику.

5. Гидравлическое сопротивление Скважины с уширенной водоприемной частью невелико и могут применяться для отбора подземных вод из безнапорных или слабо напорных водоносных горизонтов, при водо-потребностей (до 200–300 м<sup>3</sup>/сут). Применение данной скважин наряду со скважинами традиционной конструкции позволит уско-

ритель решение одной из важных задач – обеспечить сельское население водоснабжением из подземных источников.

**1.** Богомолов Г. В., Станкевич Р. А. Бесфильтровые водозаборные скважины в рыхлых породах, (Теория и практика устройства). – Минск : Наука и техника, 1978. – 152 с. **2.** Гуринович А. Д., Барымов Е. Б. Обезжелезивание воды в водоносных пластах // Жилищно-коммунальное хозяйство. – 1982. – № 6. – С. 4. **3.** Фильчаков Л. Ф. О моделировании осесимметричных потенциальных полей на электропроводной бумаге // ДАН СССР. – 1959. – С. 5. **4.** Фильчаков Л. Ф., Панчишин В. И. Интеграторы ЭГДА, Моделирование потенциальных полей на электропроводной бумаге. – Киев : Изд-во АН УССР, 1961. – 172 с.

Рецензент: д.т.н., професор Ткачук О. А. (НУВГП, м. Рівне)

---

**Каястха К. П. (Крис), к.т.н.** (Київський національний університет будівництва і архітектури)

### **СВЕРДЛОВИНИ З ГРАВІЙНО-ПАРАСОЛЬКОВИМ ФІЛЬТРОМ РОЗШИРЕНОГО КОНТУРУ**

**На підставі експериментальних досліджень з використанням електричних і фізичних моделей розроблена і обґрунтована нова конструкція водозабірних свердловин з гравійно-парасольковим фільтром.**

**Ключові слова:** електричні та фізичні моделі, конструкція водозабірних свердловин, підземна вода, водопостачання.

---

**Kayastha K. P. (Kris), Candidate of Engineering** (Kyiv National University of Construction and Architecture)

### **BELL TYPE WATER WELL WITH WIDE GRAVEL FILTER**

**A new water well construction of bell type with wide gravel filter has been developed and research using physical and electrical modelling has been conducted.**

**Keywords:** electrical and physical modelling, water well construction, ground water, bell type water well, water supply, irrigation.

---