

## Расчет конструктивных размеров, текущий и капитальный ремонт ремонтпригодной водозаборной скважины с последовательным соединением фильтров

Ивашечкин В. В., Чиникайло А. В.

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

*Приведен расчет конструктивных размеров фильтра скважины с последовательным соединением фильтров, описаны текущий и капитальный ремонт.*

Как показывает практика водозаборные скважины типовых конструкций недостаточно ремонтпригодны при проведении капитальных ремонтов по извлечению фильтров и их замене. Необходимость в замене фильтра возникает не только при его разрушении, но и при сильном кольматаже, когда он не поддается регенерации. Эксплуатация такой скважины является экономически невыгодной, так как здесь происходит значительное снижение динамического уровня, рост геометрического напора насоса и повышение энергозатрат на подъем воды. В БНТУ предложена конструкция ремонтпригодной скважины с составным фильтром, устанавливаемым вместе с надфильтровой трубой в скважине «впотай» на гравийном сальнике. Составной фильтр состоит двух последовательно соединенных фильтров, нижний из которых имеет наружный диаметр меньше внутреннего диаметра верхнего фильтра, что позволяет извлекать при капитальном ремонте сначала нижний фильтр через верхний, затем надфильтровую трубу и потом верхний фильтр, что повышает успешность ремонтных работ [1].

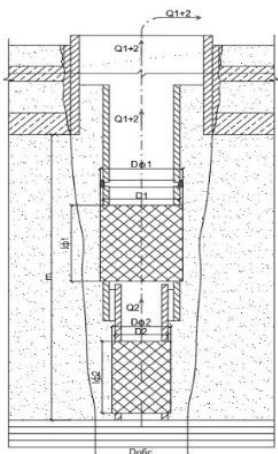


Рис. Расчетная схема ремонтпригодной скважины

**Расчет конструктивных размеров фильтра водозаборной скважины.** Фильтры принимаем с дополнительной водопримной поверхностью на трубчатых дырчатых каркасах с общей гравийной обсыпкой (рис.).

Пусть верхний фильтр имеет наружный диаметр  $D_{\phi 1}$  и длину рабочей части  $l_{\phi 1}$ , соответственно нижний фильтр –  $D_{\phi 2}$  и  $l_{\phi 2}$ . Обозначим наружный диаметр обсыпки  $D_{\text{обс}}$ . Так как составной фильтр имеет общую гравийную обсыпку, он относится к гравийным фильтрам, его длина  $l_{\phi} = l_{\phi 1} + l_{\phi 2}$ .

Длину фильтров ремонтпригодной водозаборной скважины определим из формулы

$$Q_c = F_{\text{обс}} \vartheta_{\phi}, \quad (1)$$

где  $Q_c$  – проектная производительность скважины, м<sup>3</sup>/сут;  $F_{\text{обс}}$  – площадь поверхности гравийного фильтра по наружному диаметру гравийной обсыпки  $F_{\text{обс}} = \pi D_{\text{обс}} l_{\text{обс}}$ , м;  $\vartheta_{\phi}$  – допустимая скорость фильтрации, ограниченная явлением суффозии, м/сут.

Так как в скважине фильтры имеют рыхлую обсыпку для расчета допустимой скорости  $\vartheta_{\phi}$  используем формулу С. В. Избаша и Л. И. Козловой

$$\vartheta_{\phi} = 1000k \left( \frac{d_{50}}{D_{50}} \right)^2, \quad (2)$$

где  $k$  – коэффициент фильтрации пород пласта, м/сут;  $d_{50}$  и  $D_{50}$  – средние диаметры соответственно частиц пород пласта и гравийной обсыпки, вес которых обсыпке составляет 50 %.

Подбор материала для песчано-гравийной обсыпки производят из значения коэффициента межслойности [6]

$$D_{50}/d_{50} = 4-6. \quad (3)$$

Это соотношение рекомендуется для однородных пород с коэффициентом неоднородности пород  $K_H = d_{60}/d_{10} < 6$ , и обеспечивает задержание частиц породы пласта на контуре гравийной обсыпки. Для весьма неоднородных пород ( $K_H > 10$ ) в работе [6] в выражении (3) верхний предел предложено увеличить до 8.

После подстановки (2) в (1), учитывая возможность интенсивного химического зарастания фильтров в процессе эксплуатации [6], получим формулу для расчета рабочей длины  $l_{\phi}$  составного фильтра

$$l_{\phi} = \frac{\alpha Q_c}{1000\pi k \left( \frac{d_{50}}{D_{50}} \right)^2}, \quad (4)$$

где  $\alpha$  – коэффициент, учитывающий кольтатацию фильтров в процессе эксплуатации.

При отсутствии данных о составе водовмещающих пород допустимую скорость фильтрации  $\vartheta_{\phi}$  (м/сут) можно определить по формуле С. К. Абрамова

$$\vartheta_{\phi} = 65\sqrt[3]{k}.$$

В этом случае формула (4) для расчета длины составного фильтра примет вид

$$l_{\phi} = \frac{\alpha Q_c}{65\pi D_{\text{обс}} \sqrt[3]{k}}.$$

Величину коэффициента фильтрации пород пласта при отсутствии фактических данных можно принимать ориентировочно по справочнику [2].

После определения общей длины составного фильтра необходимо привести к стандартным размерам длины верхнего и нижнего участков.

После этого следует предварительно принять диаметры верхнего и нижнего фильтров, которые должны отвечать определенным требованиям:

- при установке фильтра впопай для обеспечения достаточного кольцевого зазора при засыпке гравия внутренний диаметр эксплуатационной колонны должен быть примерно на 100 мм больше наружного диаметра надфильтровой трубы;

- минимальный диаметр каркаса фильтра должен быть не менее 100 мм исходя из удобства проведения ремонтных работ [3];

- оптимальная толщина гравийной обсыпки должна составлять 150–200 мм, минимальная толщина – 60 мм при размере зерен обсыпки до 4 мм [3].

Исходные данные: дебит скважины  $Q = 40$  м<sup>3</sup>/ч, водоносный горизонт представлен мелкозернистыми песками в интервале 100–115 м, в кровле пласта находятся суглинки в интервале 95–100 м, в подошве пласта залегают глины в интервале 115–120 м. Требуется рассчитать размеры водозаборной скважины с составным фильтром.

*Расчет.* Принимаем эксплуатационную колонну  $D273 \times 8$  мм длиной 98 м и внутренним  $D257$  мм. Колонну цементируем, вскрываем водоносный горизонт трехшарошечным долотом  $D245$  мм и затем расширяем ствол долотом  $D394$  мм. Фильтровую колонну предварительно принимаем состоящей из надфильтровой трубы  $D159 \times 7$  мм, верхнего фильтра, представляющего собой трубчатый каркас  $D159 \times 7$  мм с проволочной обмоткой из нержавеющей стали ( $D_{\phi 1} = 174$  мм), нижнего фильтра с трубчатым каркасом

$D_{102} \times 6$  мм и проволоочной обмоткой из нержавеющей стали ( $D_{\phi 2} = 117$  мм), отстойника  $D_{102} \times 6$  мм длиной 1 м.

Для создания в прифилтровой зоне скважин области минимальных гидравлических сопротивлений, производится песчано-гравийная обсыпка  $D_{\text{обс}} = 394$  мм в интервале установки составного фильтра.

В проектируемых скважинах водоносный горизонт представлен песками мелкозернистыми. Преобладающий диаметр зерна  $0,25\text{--}0,5$  мм, коэффициент фильтрации  $k = 2\text{--}5$  м/сут [5].

Пусть средний диаметр частиц мелкозернистых песков в водоносном горизонте  $d_{50} = 0,3$  мм, тогда из соотношения (3) получим

$$D_{50} = 4 \cdot 0,3 = 1,2 \text{ мм}; \quad D_{50} = 6 \cdot 0,3 = 1,8 \text{ мм}.$$

Следовательно, обсыпка должна быть представлена фракцией размером  $1,2\text{--}1,8$  мм.

Тогда ширина щелей в проволоочной обмотке фильтра из условия задержания обсыпки должна быть равна  $1,2$  мм.

При заданных параметрах минимальная толщина песчано-гравийной обсыпки должна составлять не менее  $60$  мм. Для проектируемой скважины минимальная толщина обсыпки составляет  $110$  мм на сторону  $((394 \text{ мм} - 174 \text{ мм}) / 2)$ , что обеспечит надежную работу скважины.

Для обсыпки применяются специальные песчано-гравийные смеси, которые должны быть однородными (отсортированными), отмытыми и перед засыпкой продезинфицированными.

Гранулометрический состав обсыпки должен подбираться в зависимости от фактического гранулометрического состава водовмещающих пород. Гранулометрический состав водовмещающих пород определяется с помощью отбора шлама при бурении разведочной скважины методом прямой промывки. Образец засыпаемой обсыпки в количестве  $2$  кг должен храниться до передачи скважин в эксплуатацию.

Обсыпка фильтровых колонн песчано-гравийной смесью производится через устье скважины в зазор, образованный между стенками эксплуатационных и фильтровых колонн. Для предотвращения расслоения песчано-гравийной обсыпки и образования пробок, загрузка гравия в скважины производится равномерно с двух сторон, интенсивность  $10\text{--}20$  кг/сек.

Во всех случаях количество частиц максимального и минимального диаметра в составе обсыпки не должно превышать  $10\%$ .

Предварительно длину фильтров получим из выражения (4) при заданном дебите скважины  $Q = 40,0 \text{ м}^3/\text{ч} = 960 \text{ м}^3/\text{сут}$ , принимая  $d_{50} = 0,3$  мм,  $D_{50} = 1,5$  мм,  $\alpha = 1,5$ :

$$l_{\phi} = \frac{1,5 \cdot 960,0}{1000 \cdot 3,14 \cdot 0,394 \cdot 4 \cdot \left(\frac{0,3}{1,5}\right)^2} = 7,27 \text{ м,}$$

где  $k$  – коэффициент фильтрации пород пласта, принимаем для мелкозернистого песка – 4 м/сут [5].

С учетом типовых размеров секций фильтров, которые обычно составляют 4,5 м, принимаем две секции. Тогда полная длина составного фильтра будет равна 9,0 м, а длины верхнего и нижнего фильтров назначаем одинаковыми

$$l_{\phi 1} = l_{\phi 2} = l_{\phi} / 2 = 9 / 2 = 4,5 \text{ м.}$$

*Технология текущего ремонта.* Технология текущего ремонта двухфильтровых водозаборных скважин путем декольматации фильтров реагентным способом предусматривает обработку прифильтровой зоны кислотным реагентом с однократным его вытеснением из ствола в пласт.

Технология включает в себя следующие операции:

1. Спуск в скважину водоподъемных труб эрлифта диаметром 50 мм; установка водоподъемных труб в основании нижнего фильтра; монтаж герметичного оголовка на устье скважины; перекрытие задвижки на межтрубном пространстве.

2. Закачка реагентным насосом требуемого количества реагента с расходом 2–3 л/с в скважину через водоподъемную трубу; закачка в водоподъемную трубу порции воды для вытеснения из нее остаточного реагента; контроль за ходом процесса декольматации прифильтровой зоны путем замера электрического сопротивления жидкости на забое скважины датчиком сопротивлений до стабилизации величины сопротивления.

3. Спуск воздушной трубы эрлифта диаметром 20 мм, предназначенной для подачи сжатого воздуха, внутрь водоподъемной трубы; откачка продуктов реакции эрлифтом.

*Технология капитального ремонта.* Технология капитального ремонта скважины предусматривает следующие операции:

- удаление песка из отстойника из обеих фильтров эрлифтом;
- спуск многоярусной «груши» для извлечения фильтра;
- обсыпка ловильного инструмента крупным песком;
- захват нижнего фильтра и извлечение его домкратами на дневную поверхность;
- спуск ловильного инструмента на буровых штангах в надфильтровую трубу;

- захват надфильтровой трубы с верхним фильтром и извлечение домкратами их на поверхность;
- выбуривание закольматированной гравийной обсыпки долотом с расширителем;
- спуск в ствол на забой новой фильтровой колонны;
- обсыпка колонны гравием; прокачка скважины эрлифтом.

### **Литература**

1. Ивашечкин, В. В. Ремонтпригодные водозаборные скважины / В. В. Ивашечкин, П. А. Автушко. – Минск: БНТУ, 2016. – 228 с.
2. Башкатов, Д. Н. Справочник по бурению скважин на воду / Д. Н. Башкатов, С. С. Сулакшин, С. Л. Драхлис, Г. П. Квашнин. – М.: Недра, 1979. – 560 с.
3. Пособие по проектированию сооружений для забора подземных вод (к СНиП 2.04.02-84) / ВНИИВОДГЕО Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1989. – 272 с.
4. Тесля, В. Г. Обоснование длины и диаметра фильтра при проектировании скважин на воду / В. Г. Тесля // Водоснабжение и санитарная техника. – 2009. – № 10. – С. 32–36.
5. Малоян, А. В. Практические расчеты по бурению скважин на воду / А. В. Малоян, Э. А. Малоян. – М.: Недра, 1969.
6. Алексеев, В. С. Критерии проектирования фильтров водозаборных скважин / В. С. Алексеев, В. Г. Тесля // Водоснабжение и санитарная техника. – 2009. – № 11. – С. 21–28.
7. Гаврилко, В. М. Фильтры буровых скважин / В. М. Гаврилко, В. С. Алексеев. – М.: Недра, 1998. – 387 с.
8. Грикевич, Э. А. Гидравлика водозаборных скважин / Э. А. Грикевич. – М. Недра, 1986. – 231 с.

УДК 627.83

### **Результаты гидравлических исследований водобросного сооружения Малой ГЭС № 2 на канале Бозсу**

Хусанходжаев У. И., Тошходжаев А. У., Галиева Д. Н.,  
Холиков М. Б.

Ташкентский архитектурно-строительный университет  
Ташкент, Республика Узбекистан

*В данной статье рассмотрены проблемы местного размыва в нижнем бьефе гидротехнических сооружений, излагаются результаты экспериментальных исследований по определению глубины местного размывов за*