

Данный файл представлен исключительно в ознакомительных целях.

Уважаемый читатель!

Если вы скопируете данный файл,
Вы должны незамедлительно удалить его сразу после ознакомления с содержанием.
Копируя и сохраняя его Вы принимаете на себя всю ответственность, согласно действующему международному законодательству .
Все авторские права на данный файл сохраняются за правообладателем.
Любое коммерческое и иное использование кроме предварительного ознакомления запрещено.

Публикация данного документа не преследует никакой коммерческой выгоды. Но такие документы способствуют быстрейшему профессиональному и духовному росту читателей и являются рекламой бумажных изданий таких документов.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ СЕКТОРНОГО УСТРОЙСТВА ЦИРКУЛЯЦИОННО-РЕАГЕНТНОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ

Аспирант Шейко А. М., к. т. н., доцент Ивашечкин В. В., к.ф.-м.н., доцент Веремеиук В. В.
Белорусский национальный технический университет

Введение. Разработанная математическая модель движения жидкости в закольматированной прифилтровой зоне скважины, фильтр которой разделен на нагнетательные и всасывающие сектора [1] позволяет определить давление h_1 и основной параметр кинетики растворения кольматирующих образований при циркуляционно-реагентной регенерации – скорость реагента $v(\theta, r)$ в любой точке закольматированной зоне радиусом r_0 .

Задача определения оптимальных конструктивных параметров состоит в том, чтобы при прочих равных условиях достигнуть максимума основного параметра конвективного диффузионного переноса вещества – скорости $v(\theta, r)$ в прифилтровой закольматированной зоне.

Цель работы – определение оптимальных конструктивных параметров секторного устройства для равномерного и качественного увеличения проницаемости фильтра и прифилтровой зоны при циркуляционно-реагентной регенерации скважин.

При определении оптимальных конструктивных параметров секторного устройства приняты следующие допущения:

- Скважина предполагается совершенной по степени и характеру вскрытия водоносного горизонта мощностью M ;
- Прифилтровая закольматированная зона скважины принимается с постоянной и однородной проницаемостью K_1 , как по глубине скважины, так и в зоне от r_c до r_0 ;
- При количестве секторов $m \geq 2$ скважинного устройства предполагается, что расход равномерно распределен между смежными секторами одного типа;
- При длине секторного устройства L_y меньше, чем мощность водоносного горизонта M принимается, что линии тока лежат в горизонтальной плоскости при циркуляции жидкости в прифилтровой зоне. Тогда $M = L_y$.

Согласно принятым допущениям расчетная схема скважины с секторным устройством поинтервальной циркуляционно-реагентной регенерации будет иметь вид, как показано на рис. 1.

При исследовании циркуляции жидкости показано [2, с. 54; 3, 4], что в результате несоблюдения баланса расхода закачки и откачки происходит нарушение симметрии гидродинамики циркуляционного потока. При превышении расхода закачки над расходом откачки часть жидкости уходит в пласт, а при превышении расхода откачки происходит отбор жидкости из пласта. Следовательно, для обеспечения максимальных размеров зоны обработки прифилтровой зоны необходимо использовать симметричную схему.

Для симметричной схемы циркуляции, при использовании секторного устройства для обработки скважины, необходимо: 1) обеспечить равенство расходов и углов нагнетательного и всасывающего секторов, т.е. $Q_{сн} = Q_{св}$ и $\alpha = \beta$; 2) обеспечить определенное соотношение между $Q_{сн}$ и $Q_{св}$ при $\alpha \neq \beta$, или соотношение между α и β при $Q_{сн} \neq Q_{св}$. Второе условие более сложно с точки зрения изготовления секторного устройства и технологии циркуляционной регенерации.

В этой связи, подходящим является использование в секторном циркуляционном устройстве погружного насоса, который обеспечивает равенство расходов закачки и откачки, т. е. $Q_{сн} = Q_{св} = Q_{ц}$. Где $Q_{ц}$ – расход, циркулирующий в прифилтровой зоне скважины.

Теоретические и экспериментальные данные показали, что в случае $Q_{сн} = Q_{св} = Q_{ц}$ и $\alpha = \beta$ распределение давления в прифилтровой зоне, а, следовательно, и скоростей носит симметричный характер относительно нагнетательного и всасывающего секторов [1]. Поэтому для дальнейшего анализа рассматривается только нагнетательный сектор с углом α .

Анализ радиальной составляющей скорости. Область изменения переменных: $r_c \leq r \leq r_0$ и $0 \leq \theta \leq \alpha$. Исследование проведем для случая

$$\begin{cases} \kappa_2 \geq \kappa_1 > 0 \\ Q_{сн} = Q_{св} = Q_{ц} \\ \alpha = \beta = \frac{\pi}{m} \end{cases} \quad (1)$$

Используя операции почленного дифференцирования и интегрирования [5, с. 602], нетрудно получить следующие разложения. Во-первых:

$$\Phi_r(\theta, r) = 2 \cdot \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin(2n-1)m \cdot \theta}{2n-1} r^{2n-1} = \arctg\left(\frac{2r}{1-r^2} \cdot \sin m\theta\right), \quad (2)$$

где $0 < r < 1$, $\theta \in \left[\frac{\pi}{m}\right]$.

Во-вторых:

$$\Phi_\theta(\theta, r) = 2 \cdot \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\cos(2n-1)m \cdot \theta}{2n-1} r^{2n-1} = \frac{1}{2} \ln\left(\frac{1+2r \cos m\theta + r^2}{1-2r \cos m\theta + r^2}\right), \quad (3)$$

где $0 < r < 1$, $\theta \in \square$.

Свойства функций $\Phi_r(\theta, r)$ и $\Phi_\theta(\theta, r)$ хорошо иллюстрируют графики (рис. 2, 3).

В нагнетательном секторе радиальную составляющую скорости с учетом (3) можно находить по формуле:

$$v_r(\theta, r) = \frac{2mQ_{\Pi}}{\pi^2 L_y r} \bar{\bar{W}}_r(\theta, r), \quad (4)$$

$$\bar{\bar{W}}_r(\theta, r) = \Phi_r(\theta, \Delta_r^m) - \kappa_0 \Phi_r(\theta, \varepsilon_{1r}^m) + \kappa_0 \Phi_r(\theta, \varepsilon_{2r}^m) - \kappa_0^2 \Phi_r(\theta, \varepsilon_{3r}^m) \quad (5)$$

$$\text{Где } \Delta_r = \frac{r_c}{r}, \varepsilon_{1r} = \frac{r \cdot r_c}{r_0^2}, \varepsilon_{2r} = \frac{r_c^3}{r \cdot r_0^2}, \varepsilon_{3r} = \frac{r \cdot r_c^3}{r_0^4}.$$

Анализ равенств (4) – (5) позволяет сделать следующие выводы:

1. При каждом $r \in (r_c; r_0]$ график $v_r(\theta, r)$ имеет вид, указанный на рис. 2 (в частности, при $\theta = 0$ и $\theta = \alpha$ скорость равна 0, а при $\theta = \frac{\alpha}{2}$ достигает своего максимального значения).

2. При каждом $\theta \in (0; \alpha)$ скорость $v_r(\theta, r)$ убывает при увеличении r от r_c до r_0 (т. к. убывают величины $\Delta_r, \varepsilon_{1r}, \varepsilon_{2r}, \varepsilon_{3r}$); максимальное значение, равное $\frac{mQ_{\Pi}}{\pi L_y r_c}$, она принимает на границе $r = r_c$.

3. При фиксированных значениях $\theta \in (0; \alpha)$ и $r \in (r_c; r_0]$ значения $v_r(\theta, r)$ убывают с ростом m (т. к. убывают величины Δ_r^m и ε_{ir}^m).

Анализ угловой составляющей скорости. Угловая составляющая с учетом (1) и (3) будет определяться по формуле:

$$v_{\theta}(\theta, r) = \frac{2mQ_{\Pi}}{\pi^2 L_y r} \bar{\bar{W}}_{\theta}(\theta, r), \quad (6)$$

$$\bar{\bar{W}}_{\theta}(\theta, r) = -(\Phi_{\theta}(\theta, \Delta_r^m) + \kappa_0 \Phi_{\theta}(\theta, \varepsilon_{1r}^m) + \kappa_0 \Phi_{\theta}(\theta, \varepsilon_{2r}^m) + \kappa_0^3 \Phi_{\theta}(\theta, \varepsilon_{3r}^m)). \quad (7)$$

Анализ (6) с использованием (7) и свойств функции $\Phi_{\theta}(\theta, r)$ позволяет сделать следующие выводы:

1. При каждом $r \in (r_c; r_0]$ график $v_{\theta}(\theta, r)$ имеет вид, указанный на рис. 3 (в частности, при $\theta = \frac{\alpha}{2}$ эта скорость равна 0, а при $\theta = 0$ и $\theta = \alpha$ величина $|v_{\theta}(\theta, r)|$ достигает своего максимального значения).

2. При каждом $\theta \in (0; \alpha)$ величина $|v_{\theta}(\theta, r)|$ убывает с ростом r от r_c до r_0 (т. к. убывают величины $\Delta_r, \varepsilon_{1r}, \varepsilon_{2r}, \varepsilon_{3r}$).

3. При фиксированных значениях $\theta \in (0; \alpha)$ и $r \in (r_c; r_0)$ величина $|v_{\theta}(\theta, r)|$ убывает с ростом m (т. к. убывают величины Δ_r^m и ε_{ir}^m).

С учетом (4) и (6) скорость в прифилтровой закольматированной зоне можно находить по формуле:

$$v(\theta, r) = \sqrt{v_r^2(\theta, r) + v_{\theta}^2(\theta, r)} = \frac{2mQ_{\Pi}}{\pi^2 L_y r} \sqrt{\bar{\bar{W}}_r^2(\theta, r) + \bar{\bar{W}}_{\theta}^2(\theta, r)}, \quad (8)$$

Где $\bar{\bar{W}}_r(\theta, r)$ и $\bar{\bar{W}}_{\theta}(\theta, r)$ задаются формулами (5) и (7) соответственно. Для избежание больших погрешностей при $m > 1$ должно быть $\frac{r_c}{r_0} < 0,4$, а при $m = 1 - \frac{r_c}{r_0} < 0,3$.

Окончательно можно сделать следующие выводы:

1. График скоростей $v(\theta, r)$ при фиксированном $r \in (r_c; r_0]$ симметричен относительно $\theta = \frac{\alpha}{2}$.

2. При каждом $\theta \in (0; \alpha)$ величина $v(\theta, r)$ убывает с ростом r от r_c до r_0 .

3. При каждом $\theta \in (0; \alpha)$ и $r \in (r_c; r_0]$ величина $v(\theta, r)$ убывает с увеличением m .

4. При фиксированном $r \in (r_c; r_0]$ максимальное значение $v(\theta, r)$ принимает либо при $\theta = 0$ (если r близко к r_c), либо при $\theta = \frac{\alpha}{2}$ (если r близко к r_0).

5. На внутренней границе $r = r_c$ нагнетательного сектора $v(\theta, r) > \frac{mQ_{\text{ц}}}{\pi L_y r_c}$.

Также представляет интерес исследование $v(\theta, r)$ при увеличении проницаемости прифильтровой зоны κ_1 (при $\kappa_1 \square \kappa_2$) в процессе циркуляционно-реагентной обработки. С этой целью при постоянных значениях $Q_{\text{ц}}$, r_c , r_0 , R и L_y ($Q_{\text{ц}} = 10^{-3}$, $r_c = 0.163$, $r_0 = 0.463$, $R = 500$, $L_y = 1$) с помощью математического пакета Maple [6] была проанализирована скорость $v(\theta, r)$ при $\kappa_1 \rightarrow \kappa_2$. В результате установлено, что при $\theta = 0$ (если r близко к r_c и r_0) скорость $v(\theta, r)$ возрастает и при $\theta = \frac{\alpha}{2}$ (если r близко к r_c) скорость $v(\theta, r)$ остается неизменной, (если r близко к r_0) скорость $v(\theta, r)$ уменьшается. Таким образом, вначале регенерации условия промывки на контуре прифильтровой закольматированной зоны лучше в середине сектора, а при $\kappa_1 \rightarrow \kappa_2$ – на границе секторов. Поэтому на протяжении всего процесса регенерации обеспечивается равномерная очистка фильтра и прифильтровой зоны.

Основным конструктивным параметром секторного устройства также является его длина L_y . Определение L_y ведется из условия обеспечения фильтрационной скорости на контуре закольматированной зоны, достаточной для растворения кольматирующих отложений. При $r < r_0$ скорость $v(\theta, r)$ будет выше, чем на контуре закольматированной зоны, так как величина $v(\theta, r)$ монотонно убывает с ростом r от r_c до r_0 .

Перспективным является использовать погружной насос при циркуляционно-реагентной регенерации, который обеспечивает равенство расходов закачки и откачки. При увеличении проницаемости прифильтровой зоны напор насоса уменьшается, а расход увеличивается, что повышает фильтрационные скорости на контуре закольматированной зоны.

В качестве погружных насосов можно использовать агрегаты ЭЦВ, выпускаемые ОАО «Завод Промбурвод» г. Минска. Выпускаемые агрегаты ЭЦВ и станции управления имеют широкую гамму типоразмеров, отличаются по применению в диаметрах обсадных колонн от 100 до 300 мм, по подаче от 1 до 160 м³/ч, по напору от 15 до 300 м. Рабочие ступени погружных насосов изготовлены из полимерных материалов широко используемых в насосостроении, имеющих стабильность водопоглощению и высокую износостойкость. Имеется возможность устанавливать двигатели к насосам различных фирм, таких как Franklin Electric (Германия) либо ПЭДВ или ДАПВ (Республика Беларусь). Вышепе-

речисленные характеристики двигателя и насоса полностью соответствуют условиям при проведении реагентной регенерации фильтров скважин.

Ограничением при использовании погружных насосов является условие недопущения кавитации во всасывающем секторе: $h_1^{ec} \leq h_{cm} + h_v$.

Где h_1^{ec} – давление во всасывающем секторе; h_v – вакуумметрическая высота всасывания, определяемая в зависимости от давления насыщенных паров жидкости, скорости движения, гидравлических сопротивлений, учитывающих конструктивные особенности секторного устройства и. т. д.

Методика определения длины секторного циркуляционного устройства L_y на основе погружного насоса. Определение длины секторного циркуляционного устройства L_y на основе погружного насоса проводится в предположении, что потерями расхода в насосе можно пренебречь и распределение общего расхода насоса происходит равномерно по нагнетательным и всасывающим смежным секторам, т. е.:

$$Q_{сн} = Q_{св} = Q_{ц} = \frac{Q_{ном}}{m \cdot \varphi} \quad (9)$$

где $Q_{ном}$ – номинальный расход насоса, соответствующий максимальному к. п. д. агрегата; φ – коэффициент запаса, учитывающий утечки расхода через уплотнительные перегородки. В общем случае коэффициент φ будет зависеть от типа уплотнения (пакера), закольматированного фильтра скважины и его состояния, количества секторов, расхода и др.

Расчет проводится следующей последовательности:

1) Для диаметра фильтра скважины подбирается погружной насос с определенной напорной характеристикой.

2) Обращаясь к [1] при заданном угле сектора $\theta = \frac{\alpha}{2}$, которому соответствует максимальная скорость движения реагента $v(\frac{\alpha}{2}, r_0)$ на контуре закольматированной зоны радиусом r_0 , определяется в первом приближении L_y' . Чтобы не уменьшать длину секторного устройства достаточно задать скорость в середине сектора. Нет необходимости задавать скорость на границе секторов на контуре закольматированной зоны, так как в процессе регенерации ($\kappa_1 \rightarrow \kappa_2$) скорость $v(\theta, r)$ при $\theta = 0$ возрастает. Увеличение скорости на всей границе r_0 также связано с изменением напорной характеристики насоса.

3) Также в соответствии с [1] при угле $\theta = \frac{\alpha}{2}$, и $r = r_c$, которому соответствует максимальное повышение напора в скважине, строится характеристика сектора скважины $S = f(Q)$. Где S – это повышение уровня при закачке ($S > 0$), т. е. $S = h_1 - h_{cm}$.

Далее при помощи напорной характеристики насоса (графической либо аппроксимированной зависимостью $H = f(Q)$), при L_y' , определяется расход системы насос-скважина Q_p' и соответствующий $Q_{ц}' = \frac{Q_p'}{\varphi}$.

4) Определяется уточненное значение L_y'' согласно $Q_{ц}'$.

5) После 2, 3-х приближений согласно пунктам 1) и 2) определяется окончательное значение L_y , соответствующее $Q_{ц}$.

6) Далее определяется циркуляционный расход $Q_{цк}$, скорость реагента после процесса регенерации продолжительностью t . Результатом очистки фильтра после реагентной декольматации является повышение проницаемости прифилтровой зоны κ_1 и соответственно изменяется напорная характеристика насоса в сторону увеличения Q_p и уменьшения напора насоса H_p , что улучшает условия промывки фильтра и прифилтровой зоны скважины.

Выводы.

1. На основании принятых допущений и анализа уравнения (8) показано, что график скоростей $v(\theta, r)$ при фиксированном $r \in (r_c; r_0]$ симметричен относительно $\theta = \frac{\alpha}{2}$; При каждом $\theta \in (0; \alpha)$ величина $v(\theta, r)$ убывает с ростом r от r_c до r_0 ; При каждом $\theta \in (0; \alpha)$ и $r \in (r_c; r_0]$ величина $v(\theta, r)$ убывает с увеличением m ; При фиксированном $r \in (r_c; r_0]$ максимальное значение $v(\theta, r)$ принимает либо при $\theta = 0$ (если r близко к r_c), либо при $\theta = \frac{\alpha}{2}$ (если r близко к r_0); На внутренней границе $r = r_c$ нагнетательного сектора $v(\theta, r) > \frac{mQ_{ц}}{\pi L_y r_c}$.

2. Оптимальное количество секторов ($\kappa_1 \square \kappa_2$), при проведении циркуляционно-реагентной регенерации ($\kappa_1 \rightarrow \kappa_2$) в случае симметричной схемы циркуляции ($Q_{сн} = Q_{св} = Q_{ц}$ и $\alpha = \beta$), $m = 1$.

3. На базе агрегата ЭЦВ приведена методика определения длины секторного устройства циркуляционно-реагентной регенерации L_y , обеспечивающая растворение кольматирующих образований в закольматированной прифилтровой зоне скважины.

Список цитированных источников

1. Шейко, А.М. Моделирование установившегося циркуляционного движения жидкости в прифилтровой зоне скважины / А.М. Шейко, В.В. Ивашечкин, Ю.В. Пулко // Энергетика – Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2007. - № 4. – С.
2. Тесля, В.Г. Циркуляционная регенерация скважин и пласта. дис. ... кан-та техн. наук: 04.00.06. / В. Г. Тесля. – Минск, 1986. – 144 с.
3. Алексеев, В. С. Опыт циркуляционной регенерации водозаборных скважин / В. С. Алексеев, Г. М. Коммунар, В. Г. Тесля // Водоснабжение и санитарная техника . – 1985. - № 9. – С. 9-10.
4. Тесля, В. Г. Технология циркуляционной регенерации скважин / В. Г. Тесля // Сб. науч. тр. / МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского. – Москва, 1985. – Вып. 74: Повышение эффективности работы водозаборов из поверхностных и подземных источников. – С. 114– 121.
5. Фихтенгольц, Г.М. Курс дифференциальных и интегральных исчислений: в 3 т. / Г.М. Фихтенгольц. – 4-е изд. – Москва: Наука, 1966. – 3 т.
6. Гандер, В. Решение задач в научных вычислениях с применением Maple и MatLab / В. Гандер, И. Гржебичек. - Минск: Вассамедиа, 2005. - 520 с.

УДК 628.112

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ СЕКТОРНОГО УСТРОЙСТВА ЦИРКУЛЯЦИОННО-РЕАГЕНТНОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ

Аспирант Шейко А. М., к. т. н., доцент Ивашечкин В. В., к.ф.-м.н. Веремениук В. В.

Белорусский национальный технический университет

Аннотация

На основании анализа уравнения распределения скорости в прифилтровой закольматированной зоне определены оптимальные конструктивные параметры секторного устройства циркуляционно-реагентной регенерации фильтров скважин: соотношение углов нагнетательного и всасывающего секторов и их количество. Предложена методика определения длины секторного устройства для подобранного насоса, обеспечивающая растворение кольматирующих образований в фильтре и прифилтровой зоне. Полученные данные будут способствовать совершенствованию технологии циркуляционно-реагентной регенерации скважин на воду. Это позволит проводить качественное и равномерное восстановление проницаемости порового пространства по всей длине фильтра скважины.

UDC 628.112

DEFINITION OF OPTIMUM CONSTRUCTIONAL PARAMETERS FOR CIRCULATING- REAGENT REGENERATION SECTOR APPARATUS

Sheiko A. M., Ivashechkin V. V., Veremenuk V. V.

The abstract

On the basis of analysis of equation of velocity distribution in near filter mudded zone optimal constructional parameters of sector apparatus for circulating-reagent well filter regeneration were evaluated, via angles ratio of forcing and section sectors and number of sectors. The method of finding sector apparatus length of selected pump providing dissolving of mud formation in filter and near filter zone was suggested. Received data would promote upgrading of circulating-reagent water well regeneration technology. It would allow carrying out high-quality and even rehabilitation of pore space penetration along the full well filter length.

Рис. 1

Рис. 2

Рис. 3

Подстрочные надписи к статье Шейко А.М., Ивашечкина В.В., Веремея В.В.

1 – фильтр скважины; 2 – секторное устройство; 3 – прифилтровая зона

Рис. 1 – **Расчетная схема скважины**

Рис. 2 – **График функции $\Phi_r(\theta, r)$**

Рис. 3 – **График функции $\Phi_\theta(\theta, r)$**