

Макаров А.Л.

**ПАРАМЕТРЫ УСТРОЙСТВА ДЛЯ МАНЖЕТНОГО ТАМПОНИРОВАНИЯ ФИЛЬТРОВОЙ КОЛОННЫ ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СКВАЖИНЫ НА ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОЙ СТАДИИ ТАМПОНИРОВАНИЯ**

A.L. Makarov

**DEVICE SETTINGS FOR COLLAR PLUGGING THE FILTER COLUMN GEOTECHNOLOGICAL WELL AT THE FINAL STAGE OF PLUGGING**

УДК: 622.245.42/93

*В статье рассмотрены особенности заключительной стадии тампонирования, а также параметры устройства для манжетного тампонирования фильтровой колонны геотехнологической скважины.*

*The article considers the peculiarities of the final stage of plugging, and device settings for collar plugging the filter column geotechnological well.*

Успешная проводка геотехнологических скважин невозможна без всестороннего совершенствования техники и технологии бурения, а также работ по креплению скважин и разобщению продуктивных пластов [1].

Для улучшения работы по сооружению геотехнологических скважин необходимо решить комплекс задач, которые можно представить тремя основными блоками: техническим, технологическим, организационным.

К организационным задачам относятся: разработка мероприятий и внедрение системы постоянного снижения затрат и повышения качества работ, создание централизованной технологической группы, улучшение социально бытовых условий, подготовка кадров.

Решения технических задач обусловлено необходимостью приобретения основных средств, в связи с расширением производства и заменой изношенного оборудования.

Тампонирование и гидроизоляция геотехнологических скважин являются важнейшим факторами повышения эффективности и качества работ, связанных с добычей твердых полезных ископаемых. Они осуществляются с целью решения следующих основных задач [2]:

- предотвращение растекаемости рабочих и продуктивных растворов из обрабатываемых продуктивных пластов через затрубное пространство скважин в выше- и нижележащие водоносные горизонты;
- разобщение пространства между эксплуатационной и обсадной колоннами;
- защита эксплуатационной колонны от сминающих усилий, вызванных горным давлением слабоустойчивых пород, вскрытых в процессе бурения скважин; такая защита особенно необходима, когда скважиной вскрываются мощные пласты нецементированных, неустойчивых пород, и в качестве обсадных колонн применяются неметаллические трубы;
- предотвращение утечек рабочих растворов через соединения (чаще всего резьбовые) эксплуа-

ционных колонн, особенно при высоконапорном режиме нагнетания;

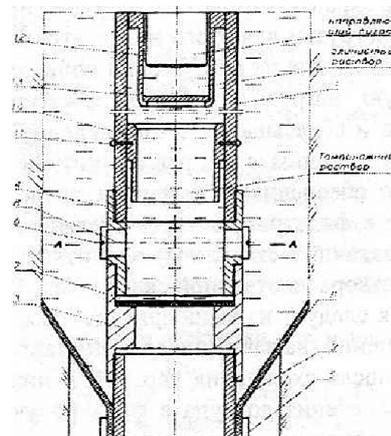
- удержание и изоляция обсадных и эксплуатационных колонн в скважине, когда ствол скважины в призабойной зоне представлен камерой (каверной) значительных размеров; такое необходимо для создания фильтров с гравийной обсыпкой, что значительно повышает производительность технологических скважин подземного выщелачивания

Предлагаемые схемы цементирования для закачных и откачных геотехнологических скважин будут несколько отличаться друг от друга. Основное их отличие - направление радиального потока жидкости: в закачных - от оси скважины вглубь массива, в откачных - в противоположном направлении.

При тампонирование закачной скважины после бурения вмещающих пород и вскрытия продуктивного пласта меньшим диаметром в скважину спускается обсадная колонна 1 с фильтром 2 (рисунок 1).

Последний соединен с обсадной колонной с помощью переходника 3 и муфты 4. На верхней части фильтра закреплен хомутом 5 манжета 6, выполненная из кислотостойкой резины.

Внутренняя полость переходника 3 перекрыта экраном 7, выполненным из хрупкого материала (чугуна). В муфте 4 выполнены четыре радиальных отверстия, закрытые заглушками 8. Последние удерживаются от выпадения стяжной нитью 9.



- 1 - обсадная колонна; 2 - фильтром; 3 - переходник; 4 - муфта; 5 - хомут; 6 - манжета; 7 - экран; 8 - заглушки; 9 - стяжная нить; 10 - втулка; 11 - штифты; 12 - верхняя пробка; 13 - внутренняя перегородка.

**Рис. 1.** Устройство для манжетного тампонирования закачных геотехнологических скважин.

Внутри нижней части обсадной колонны 1 расположена втулка 10, закрепленная четырьмя штифтами 13, выполненными из пластмассы [3].

При спуске обсадной колонны в нее заливается расчетное количество тампонажного раствора. Затем в обсадную колонну опускается пробка 12, представляющая полый цилиндр с кольцевым выступом, внутреннее пространство, которого перекрыто перегородкой 13.

По мере спуска обсадной колонны последняя выше пробки 12 заполняется глинистым раствором, играющим роль продавочной жидкости. Таким образом, на торцы заглушек, которые удерживаются стяжной нитью, будет действовать сила, вызванная суммарным давлением столбов тампонажного и глинистого раствора и зависящая также от диаметров заглушек. Материал и диаметр стяжной нити подобран таким образом, что последняя под действием вышеупомянутой силы разрывается. В результате заглушки выдавливаются в затрубное пространство, которое заполняется тампонажным раствором, вытесняемым из внутреннего пространства обсадной колонны. По мере выдавливания тампонажного раствора в затрубное пространство обсадная колонна заполняется новыми порциями глинистого раствора вплоть до полного заполнения упомянутой колонны. Для окончательного выдавливания тампонажного раствора в затрубное пространство, в обсадную колонну опускается колонна бурильных труб с пилотом, который взаимодействует с пробкой 12.

Когда пробка 12 при своем движении вниз дойдет до втулки 10, произойдет срез штифтов 11 при контакте кольцевого выступа пробки и торца втулки. Затем пробка 12 выдавит остаток тампонажного раствора, а втулка 10 перекроет радиальные каналы своей боковой поверхностью, изолируя внутреннее пространство обсадной колонны от цементруемого затрубного пространства.

На заключительной стадии статическая нагрузка от веса бурильной колонны на перегородку 13, а затем на экран 7, вызовет их разрушение. Если статической нагрузки для этого недостаточно, к упомянутым деталям для их разрушения прикладывают динамическую нагрузку, которая формируется путем подъема и сбрасывания с определенной высоты бурильной колонны с направляющим пилотом. В результате обеспечивается доступ кислотных растворителей в фильтровую часть скважины (при сооружении закачной скважины) или откачка продуктивного раствора из откачной скважины.

Как следует из вышеприведенных конструктивных решений, на заключительной стадии цементирования (после схождения верхней и нижней пробок) для обеспечения доступа в фильтровую часть скважины необходимо разрушить перегородку 33 и экран (рисунки 1). Для этой операции используется вес бурильной колонны, а в случае его недостатка - динамические нагрузки за

счет подъема и сбрасывания упомянутого инструмента [4].

Перегородка и экран, которые необходимо разрушить, моделируются круглыми, шарнирно опертыми пластинами диаметром  $2b$ , нагруженными равномерно распределенной нагрузкой  $q$  по кругу диаметром  $2c$  (рисунок 2).

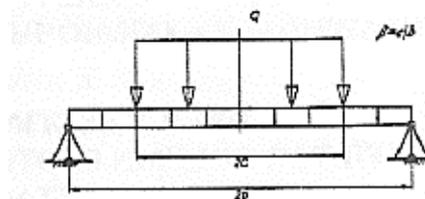


Рис. 2. Модель разрушающих элементов (экран, перегородка)

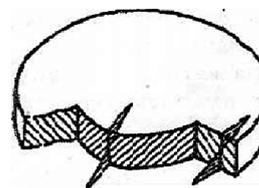


Рис. 3. Изменение окружных нормальных напряжений по толщине пластин

В меридиональных сечениях пластинки (рисунок 3) действуют окружные нормальные напряжения  $\sigma_\theta$ , меняющихся по линейному закону (приложение А). Положительные направления моментов  $M_\theta$  и  $M_r$  показаны на рисунок 4

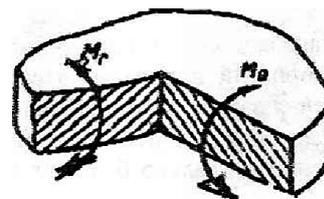


Рис. 4. Действия моментов  $M_\theta$  и  $M_r$  на круглую пластинку

В цилиндрических сечениях действуют радиальные нормальные напряжения  $\sigma_r$ , меняющиеся по линейному закону, и касательные напряжения  $\tau$ , величина которых обычно невелика. Максимальные напряжения у поверхности связаны с внутренними изгибающими моментами зависимостями:

$$\sigma_{\theta \max} = \pm \frac{6M_{\theta}}{h^2}; \quad (1)$$

$$\sigma_{r \max} = \pm \frac{6M_r}{h^2};$$

где  $h$  - толщина пластинки.

Имеем дифференциальное уравнение изгиба пластины [47]:

$$\frac{d^4 w}{dr^4} + \frac{2}{r} \cdot \frac{d^3 w}{dr^3} - \frac{1}{r^2} \cdot \frac{d^2 w}{dr^2} + \frac{1}{r^3} \cdot \frac{dw}{dr} = \frac{q}{D} \quad (2)$$

где  $D = \frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)}$  - цилиндрическая жесткость пластины (здесь  $\mu$  - коэффициент Пуассона);

$w$  - прогибы, положительное направление которых принято вверх.

Общее решение дифференциального уравнения пластины имеет вид:

$$W(r) = C_1 \ln r + C_2 r^2 \ln r + C_3 r^2 + C_4 + w^*(r) \quad (3)$$

где  $W^*(r)$  - частное решение, зависящее от закона распределения нагрузки  $q(r)$ .

Для равномерной нагрузки ( $q = \text{const}$ ):

$$w^*(r) = \frac{qr^4}{64D}$$

Произвольные постоянные определяют из граничных условий. После определения прогибов находят напряжение в пластине. Рассмотрим решение уравнения (2), полученное в табличной форме. Формулы для максимального прогиба и максимальных напряжений в пластине могут быть записаны в виде [4]:

$$W_{\max} = K_w \frac{qb^4}{Eh^3}; \quad S_{\max} = K_s \frac{qb^2}{h^2};$$

(5)

Значения коэффициентов  $K_w$  и  $K_s$  для различных расчетных случаев (при  $\mu = 0,3$ ) приведены в табл. 2.1.

Как видно из формул (5), растягивающие напряжения прямо пропорциональны интенсивности нагрузки обусловленной нагрузкой весом колонны, и обратно пропорциональны квадрату толщины нагрузки. Прогиб в центре пластины прямо пропорционален интенсивности нагрузки, обусловленной весом колонны, и обратно пропорционален кубу толщины пластины.

По формулам (5) была составлена программа в системе Maple 12 (Приложение А) и просчитаны различные варианты расчетов максимального прогиба и максимальных напряжений в пластине при следующих значениях параметров:

$$b = 26,5 \text{ мм}; c = 21 \text{ мм}; E = 2 \cdot 10^{11} \text{ Па};$$

$$K_w = 0,622; K_s = 1,131; g = 9,8 \text{ м/с}^2$$

Расчет проводился при изменении длины колонны от 50 м до 200 м и двух значениях толщины пластины - 5 мм и 7 мм. Вес 100 м колонны принимался равным 600 кг.

Таблица 1

Значения коэффициентов  $K_w$  и  $K_s$  в зависимости от отношения

$b = \frac{c}{b}$	0,2	0,4	0,6	0,8
$K_w$ , в центре	0,0658	0,234	0,444	0,622
$K_s$	-0,185	-0,519	-0,865	-1,131

Расчеты показали, что для пластины толщиной 5 мм, изготовленной из чугуна марки СЧ 10 с пределом прочности на растяжение 140 МПа, минимальная длина колонны, при которой пластина ломается от веса колонны, составляет 105 м. Для пластины толщиной 7 мм, минимальная длина колонны при которой пластина ломается от веса колонны, составляет 205 м.

Рассмотрим случай для пластин толщиной 5 мм и 7 мм, когда веса колонны не хватает для излома пластины (длина колонны меньше 105 м и 205 м соответственно).

В этом случае необходимо опускать колонну с какой-то высоты  $H_k$ . Тогда под действием удара произойдет излом пластины. Для расчета на удар используем приближенную теорию удара [5,6]. Согласно этой теории, при ударе динамическое напряжение в пластине в  $K_d$  раз больше статического:

$$S_{D \max} = K_D \cdot \sigma_{\max}$$

где  $K_{\dot{A}} = 1 + \sqrt{1 + \frac{2\psi H_k}{w_{\max}}}$  - коэффициент динамичности.

Рассмотрим случай, когда колонна падает с высоты  $H_k = 0,4$  м, при толщине пластины 7 мм и длине колонны 20 м. Расчет по программе показал, что  $\sigma_{\max} = 13,76$  МПа;  $w_{\max} = 0,00759$  мм;  $K_D = 11,3$ ;  $S_{D \max} = 155,7$  МПа. Разрушение пластины происходит при падении колонны, начиная с высоты от 0,4 м и выше.

В результате конструкторских работ получены технические решения и для создания устройств для тампонирования закачных и откачных скважин. Обоснована технология тампонирования технологических скважин, сущность которой заключается в свободном заполнение обсадной колонны расчетным количеством тампонажного раствора, который выдавливается в затрубное пространство либо созданием давления на верхнюю пробку весом буровой колонны, либо путем нагнетания под давлением в обсадную

колонну продавочной жидкости глинистого раствора.

**Литература:**

1. Сергиенко И.А., Мосеев А.Ф., Бочко Э.А. Бурение и оборудование геотехнологических скважин. - М.: Недра, 1984, 263-279с.
2. Справочник по бурению геологоразведочных скважин / Под ред. Козловского Е.А. - М. Недра, 1984. -Т.2
3. Макаров А.А., Федоров Б.В. Инновационный Патент Республики Казахстан №21227. Устройство для тампонирувания геотехнологических скважин, 2009, Бюл. №4.
4. Биргер И.А. Круглые пластинки и оболочки вращения. М.Недра, 1961 - 120-145С.
5. Бобко П.С., Романов В.С., Исаев Г.Г. Строительство скважин подземного выщелачивания солей. М.Недра, 1984.
6. Букатов В.В., Сергиенко И.А., Зубарев А.Б. Определение кратковременных сминающих давлений для обсадных труб, 27-3 2с.

**Рецензент: д.ф.-м.н. Кабдулов С.З.**