

Макаров А.А.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ
ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕЧЕНИЯ ТАМПОНАЖНЫХ РАСТВОРОВ
ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СКВАЖИН**

A.A. Makarov

**THE EXPERIMENTAL SETUP FOR THE INVESTIGATION OF THE FLOW
PARAMETERS PLUGGING SOLUTIONS GEOTECHNICAL WELLS**

УДК:662/589-45

Разработана экспериментальная установка для исследования давления глинистого и тампонажного раствора при манжетном тампонировании. Установка позволяет имитировать основные технологические параметры манжетного тампонирования и рассчитать потери давления при движении тампонажного и глинистого раствора.

The experimental setup to study the pressure of the clay and cement slurry grouting under-lip. Installation allows you to simulate the main technological parameters of lip-wicking and calculate the pressure loss when driving grouting and mud.

Цементирование скважин - очень ответственная операция в цикле их строительства. Необходимым условием высококачественного их крепления и разобщения продуктивных горизонтов является правильно подобранный состав тампонажного раствора в сочетании с качественной изоляцией фильтровой части скважины от вышележащих пластов.

Встречающиеся в разрезе скважин пласты с низким давлением, склонные к поглощению цементного раствора, часто являются причинами недоподъема цементного раствора до расчетной высоты. А это в большинстве случаев вызывает нарушение целостности обсадных труб.

В настоящее время в республике наблюдается значительное увеличение гидрогеологических и геотехнологических скважин, эксплуатирующих глубоко залегающие продуктивные пласты.

Использование механических средств (например, разделительных пробок) для удаления бурового раствора из кольцевого пространства очень распространены. Поэтому основные усилия были направлены на совершенствование механизма его гидравлического вытеснения: регламентирование характеристик вытесняемой и вытесняющей жидкости, применение жидкостных разделителей, обеспечение подходящего режима течения, центрирование колонны и даже изменение размеров кольцевого пространства, расхаживание и вращение колонны для облегчения вытеснения бурового раствора, применение механических устройств, ускоряющих развитие турбулентности.

При вытеснение из трубопровода одной жидкости другой выделяют две фазы: собственно вытеснение, которое начинается с поступления второй жидкости в трубопровод и завершается в

момент появления ее на выходе трубопровода, и промывка трубопровода, то есть удаление жидкости, оставшейся на стенках труб. Эта фаза заканчивается после полного удаления вытесняемой жидкости.

Необходимо создать устройство для тампонирования геотехнологических скважин, отличительной особенностью которых является применение пластмассовых труб и сравнительно небольшие интервалы тампонирования последних.

Такое устройство должно полностью исключить попадание цементного раствора в прифильтровую зону скважины, обеспечить высокое качество цементирования, равномерное распределение цементного раствора за обсадной колонной и осуществить цементирования затрубного пространства при небольших затратах времени и расходе тампонажных материалов.

Основным узлом экспериментальной установки являются (рисунок 3.1) комплект из двух коаксиально расположенных труб 1,2, причем внутренняя труба 1 выполнена из ПВХ. Ее внутренний и наружный диаметры (74 мм 110 мм соответственно) совпадает с реальными поперечными размерами фильтровых колонн, применяемых в производственных условиях на объектах АО «Волковгеология». Наружный и внутренний диаметры стальной трубы 2 равны 146 мм и 132,5 мм, причем внутренний диаметр имитирует стенку скважины.

Диаметры труб 1,2 подобраны таким образом, что площадь круга, ограниченного внутренним диаметром трубы 1, равна площади кольцевого поперечного сечения между трубами. В дальнейшем это облегчает измерение объема выдавливаемого тампонажного раствора.

С верхнего и нижнего торцов трубы 1,2 закрыты крышками 3,4, причем нижняя крышка 4 поджимает экран 5. В непосредственной близости от нижнего торца в трубе 1 выполнены четыре радиальных канала, закрытые заглушками 6 и удерживаемые от выпадения стяжной нитью 7, выше радиальных отверстий располагается втулка 22 удерживаемая штифтами 23. У верхнего торца внутренней трубы 1 в начале имитации процесса тампонирования располагается пробка 8, дно которой выполнено в виде перегородки 9. В верхнюю крышку 3 вмонтирован штуцер 10 с дроссельным краном 11, соединенным с напорной магистралью, предназначенной для подачи глинистого раствора в кольцевое пространство между трубами 1 и 2.

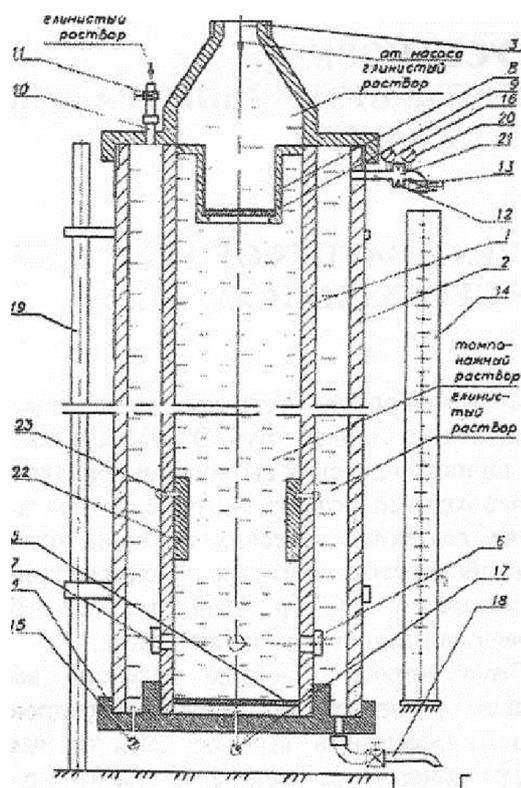


Рис. 1 Экспериментальная установка для измерения параметров течения тампонажных

Для приема вытесняемой жидкости из упомянутого пространства предназначена магистраль 12 с дроссельным краном 13. Замер объема вытесняемой жидкости осуществляется с помощью мерной емкости 14. Последняя выполнена из оргстекла, причем ее внутренний диаметр равен внутреннему диаметру трубы 1.

Измерение давления жидкости в нижней, верхней частях кольцевого пространства между трубами 1,2 проводится манометрами 15 и 16, а в нижней части трубы 1 на конечном этапе тампонирувания - манометром 17. Перепад давления при течении жидкости через диафрагму (шайбу) 21 осуществляется по разности показанной манометров 16 и 20.

Методика проведения эксперимента.

В эксперименте противодействие бурового раствора заменяется эквивалентным повышением давления, обусловленным установкой на пути его течения диафрагмы (шайбы) с калиброванным отверстием.

Диаметр последней рассчитывается по формуле (2.28) (при $n = 1$), а соответствующие потери давления $P_{кп.бр.}$ – по формуле (2.37). Приравняв левые части указанных формул и разрешив полученные уравнения относительно $d_{рк} = d_{ш}$ ($d_{ш}$ – диаметр шайбы), получим [23]:

$$d_{\sigma} = \sqrt[4]{\frac{2p_{\delta\delta}Q^2\beta_{\dot{e}i.\dot{a}\delta.}(D_c - d_{i\dot{a}\delta.})}{\mu^2\pi^2\tau_{i\dot{a}\delta.}(H - h_{i\dot{a}\delta.})}} \quad (3.1)$$

По указанной формуле для данных геометрических размеров экспериментальной установки и параметрах бурового раствора, указанных в примере (раздел 2) рассчитаны диаметры шайбы скважины H , в зависимости от глубины и интервала цементирования $H_{пр}$. Расход $Q_{пр}$ вытесняемого по выкидной линии бурового раствора принят $Q = 0,004 \text{ м}^3/\text{с}$ ($0,4 \text{ л/с}$). Это соответствует скорости течения бурового раствора между трубами 1,2 установки (рис. 3.1), равной $V_{\dot{e}i} = 0,1 \text{ м/с}$ (ламинарный режим течения). Результаты расчетов приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1

Диаметр шайбы $d_{ш}$ в зависимости от имитируемой глубины бурения H .

$H, \text{ м}$	100	200	300	400	500	600
$d_{ш}, \text{ м}$	7	6,5	5,9	5,5	5,2	5

Эксперимент проходил в следующем порядке. Собранное устройство (без верхней крышки 3 и пробки 8 с перегородкой 9) закрепляется с помощью хомутов на стойке 19. Ручным насосом (помпой) (на рисунке 3.1 не показан) внутрь трубы 1 закачивается тампонажный раствор плотностью $\rho_{пр} = 1800 \text{ кг/м}^3$

Затем в трубу 1 опускается пробка 8 с перегородкой 9. На наружную трубу 2 навинчивается крышка 3 с вмонтированным в нее штуцером 10 и краном 11. Через трубопровод с краном 11 кольцевое пространство заполняется глинистым раствором плотностью $\rho_{пр} = 1150 \text{ кг/м}^3$

Затем через напорную магистраль и внутреннюю полость крышки 3 под давлением подается продавочная жидкость (глинистый раствор). Давление нагнетания повышается до тех пор, пока его величина не будет достаточна для разрыва стяжной нити 7. В качестве последней использовались латунная проволока марки ДКРНМ 0,30 Л80 ГОСТ 1066-75, временное сопротивление разрыву которой составляет 300 Н/мм^2 . Расчеты по формуле (2.13) показывают, что при диаметре пробок 6, равным 15 мм, для разрыва такой проволоки потребуется давление, равное 0,17 МПа.

После освобождения радиальных каналов трубы 1 от пробок 6 начинается процесс выдавливания тампонажного раствора. Этот процесс реализуется при движении пробки 8 с перегородкой 9 вниз до контакта с экраном 5.

В этот момент ожидается максимальное давление при окончательном выдавливании тампонажного раствора в затрубное пространство.

В выкидную магистраль 12 поочередно устанавливались шайбы 21 внутреннего диаметра которых изменялся в соответствии с таблицей 3.1. Путем регулирования давления нагнетания

продавочной жидкостью с помощью помпы (ручного насоса) устанавливается расход вытесняемой жидкости, равный $Q = 0,004$ л/с ($0,0004$ м³/с). Указанный расход поддерживается стабильным при смене диаметра шайбы (диафрагмы) на протяжении всего эксперимента.

Первоначально в выкидную линию устанавливалась шайба с внутренним диаметром 7 мм и при расходе $Q = 0,4$ л/с. Замерялись перепады давления при течении раствора:

- 1) через радиальные каналы (по разности показаний манометров 17 и 15);
- 2) в кольцевом пространстве между трубами 1 и 2 (по разности показаний манометров 15 и 16);
- 3) при течении раствора через диафрагму (шайбу) (по разности показаний манометров 16 и 20).

В качестве измерителя давлений использовались манометры МТП-160 (ГОСТ 2405-80), имеющие следующую характеристику:

- диапазон измерения 0 - 10 атм;
- цена деления - 0,1 атм;
- максимальная ошибка измерения - 1,5% от

верхнего предела измерения.

Расход вытесняемой в мерную емкость 14 жидкости осуществляется замером его объема и соответствующего времени его заполнения. Так как высота и диаметр мерной емкости 14 равны тем же геометрическим параметрам внутренней трубы 1, то определение расхода жидкости не вызывает затруднений.

Эксперимент показывает, что потери давления при течении тампонажного раствора через радиальные каналы трубы 1 (после выталкивания пробок 6) установить не удалось вследствие их малой величины. Все потери давления, за исключением потерь давления при течении раствора через шайбу (диафрагму) малы по величине и в сумме составляют в среднем 0,025 МПа., Исключение составляют потери при течении раствора через шайбу (диафрагму), которые значительно превосходят суммарную величину прочих потерь. Опыт повторяется 5 раз для каждого диаметра шайбы (диафрагмы).

Литература:

1. Сергиенко И.А., Мосеев А.Ф., Бочко Э.А. Бурение и оборудование геотехнологических скважин. - М.: Недра, 1984, 263 - 279 с.
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, 27-32 с.

Рецензент: д.т.н. Кудайкулова Г.А.