

Проектирование экспериментальной установки для моделирования процесса промывки скважин

Обеспечить моделирование всех критериев подобия невозможно, поскольку при натурном моделировании размеры лабораторной установки были бы слишком большими. Однако в проектировании длины лабораторной установки учитывалось моделирование краевых условий.

Для моделирования бурильных труб диаметром 101,6 мм широко применяемых в практике бурения нашей страны и за рубежом диаметр модельных бурильных труб должен составлять 13 мм.

В процессе бурения скважин с применением труб диаметром 101,6 мм чаще всего применяют долота диаметром 165,1 мм [1, 2]. Учитывая сложные геологические условия бурения на территории нашей страны, для получения диаметра натурной скважины, принимаем коэффициент кавернозности (линейный) 1,1. Учитывая этот коэффициент для бурения скважины с применением долота диаметром 165,1 мм, диаметр скважины составляет 181 мм. Диаметр модели должен составлять 23,2 мм, что соответствует внутреннему диаметру модельной трубы.

При этом минимальная требуемая длина лабораторной установки должна составлять 2,04-2,55 м. Мы приняли длину лабораторной установки 3,5 м.

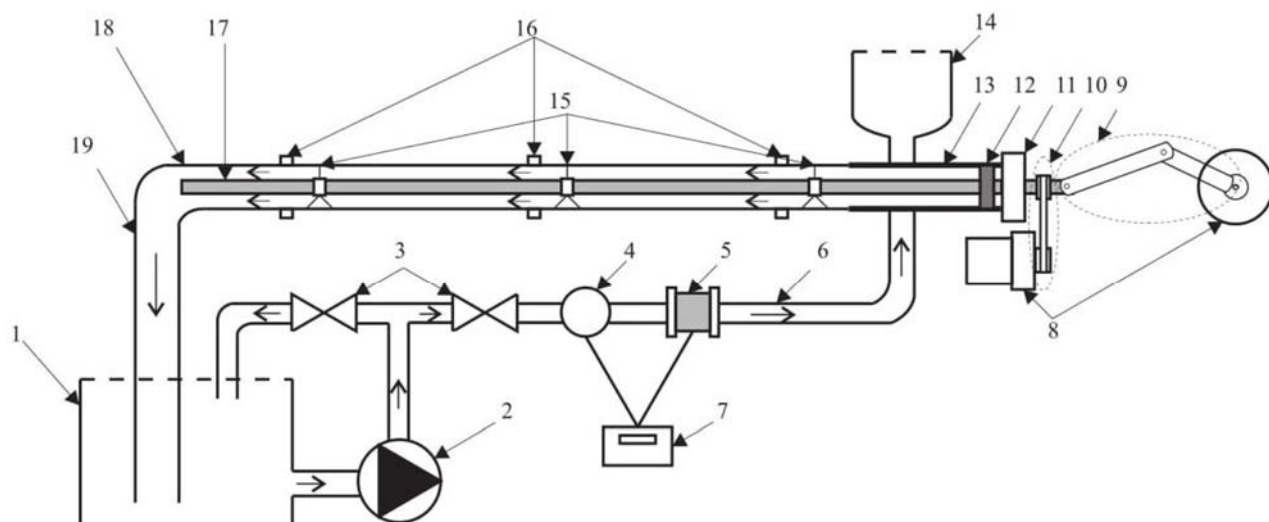
Она состоит из стеклянной трубы длиной 3 м для лучшей визуальной фиксации качества выноса горной породы и пластиковой трубы длиной 0,5 м на начальном участке модели для обеспечения необходимых конструкторских возможностей установки.

Для моделирования бурильных труб очень сложно подобрать модельную трубу какого-нибудь однородного материала. Поэтому мы решили применить комбинацию алюминиевого стержня диаметром 8 мм и резинового шланга с внутренним диаметром 8 мм и наружным 13 мм. Это сочетание позволит соблюсти необходимые требования по критериям подобия, в частности моделирование с учетом жестких свойств бурильной колонны.

Для моделирования ствола скважины с диаметром 181 мм в основной части лабораторной установки применяем стеклянную трубку с необходимым внутренним диаметром 23,2 мм и толщиной стенки 1,4 мм.

На эффективность выноса шлама из забоя скважины могут оказывать влияние различные факторы. Поэтому при проектировании установки и ее основных узлов особое внимание уделяем возможности исследования максимального количества влиятельных факторов.

Для исследования влияния технико-технологических факторов на эффективность выноса горной породы из ствола скважины мы разработали экспериментальную установку (рисунок 1).



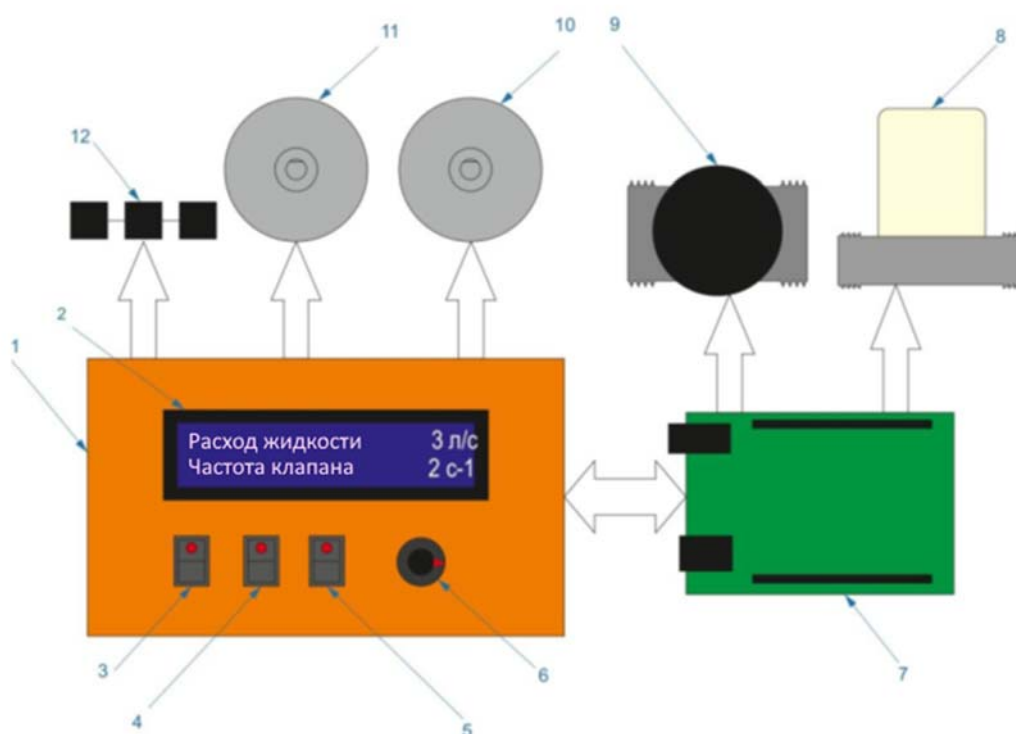
1 – резервуар для жидкости; 2 – насос; 3 – краны для регулирования расхода промывочной жидкости; 4 – датчик расхода промывочной жидкости; 5 – электромагнитный клапан; 6 – нагнетательная линия; 7 – блок управления; 8 – мотор-редуктор; 9 – кривошипно-шатунный механизм; 10 – ременная передача; 11 – сальник; 12 – подшипник; 13 – пластиковая труба; 14 – резервуар для подачи горной породы; 15 – центраторы бурильной колонны; 16 – датчики расстояния; 17 – модель бурильной трубы; 18 – стеклянная труба; 19 – выкидная линия

Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки для моделирования процесса промывания скважин

Экспериментальная установка состоит из рабочей емкости (1), в которой хранится промывальная жидкость. Этот резервуар для жидкости является начальным и конечным звеном цикла промывки установки, поскольку раствор циркулирует по замкнутому циклу. Перед попаданием в систему из резервуара жидкость проходит через очистные фильтры для минимизации повторного попадания горной породы в смоделированный ствол скважины. С помощью центробежного насоса (2) жидкость движется по нагнетательной линии (6) к кольцевому пространству основной части установки с заданным расходом. На нагнетательной линии расположены краны для регулировки расхода промывочной жидкости (3). С их помощью можно более точно регулировать необходимый для исследования расход. Затем жидкость проходит через расходомер (4), что фиксирует фактическое значение расхода. После чего на нагнетательной линии расположен электромагнитный клапан (5). Благодаря перекрытию внутреннего пространства он может создавать пульсирующий поток. Электромагнитный клапан вместе с датчиком расхода жидкости подсоединен к блоку управления (7). С его помощью происходит управление основными процессами установки, на экране которого отображаются параметры его работы.

Более подробная информация о блоке управления представлена на рисунке 2. К трубе, моделирующей бурильные трубы, подключены два мотора-редуктора (8). Один из них с помощью кривошипно-шатунного механизма (9) совершает движение вала вдоль оси. Это движение позволяет нам моделировать продольное движение бурильной колонны, которое может происходить в процессе бурения скважин. Другой мотор-редуктор посредством ременной передачи (10) совершает вращение вала вокруг своей оси.

Это позволяет моделировать вращение бурильной колонны и исследовать его влияние на эффективность выноса шлама из ствола скважины. На исходном участке модельной бурильной трубы установлен сальник (11) для герметизации кольцевого пространства и подшипник (12) для качественного вращения вала вокруг своей оси. Для обеспечения необходимых конструкторских возможностей установки установлена пластиковая труба (13), конструкция и характеристика которой позволяет смонтировать значительную часть необходимых составляющих установки. Также к этой трубе подключен резервуар для подачи горной породы (14). Благодаря сменным насадкам к кольцевому пространству модели можно подавать горную породу в необходимом количестве с разными диаметрами частиц. Диаметр частиц горной породы подбирается согласно соблюдению необходимых условий моделирования и критериев подобия. Горная порода поступает в кольцевое пространство модели с расходом, моделирующим проходку 1 м/ч при бурении скважины с натурными геометрическими размерами. На валу модельной колонны (17) расположены центраторы (15) на одинаковом расстоянии друг от друга. Использование центраторов обеспечивает центрирование бурильной колонны и задание необходимого эксцентриситета согласно построенному плану эксперимента. Датчики расстояния (16) расположены в стеклянной трубе (18). Она может также служить для визуализации процесса промывки скважины и оценки эффективности транспортировки частиц горной породы. С помощью датчиков расстояния при проведении исследований фиксируется высота оседания горной породы. Результат поступает в блок управления, после чего с помощью компьютерного обеспечения происходит считывание полученных результатов. Получив высоту просадки горной породы на разных участках модели, высчитываем объем. Этот объем горной породы, осевший в кольцевом пространстве, служит показателем эффективности выносной способности промывочной жидкости. Согласно анализу этого результата можно оценить влияние изучаемых нами факторов. Промывочная жидкость после стеклянной трубки движется к бросовой линии (19). После этого попадает в рабочую емкость и происходит повторный цикл исследования.



1 – блок управления; 2 – экран; 3 – выключатель двигателя вращения бурильной колонны; 4 – выключатель двигателя продольного движения вала; 5 – выключатель клапана пульсации; 6 – энкодер для регулирования частоты пульсации; 7 – плата управления; 8 – электромагнитный клапан; 9 – датчик расхода промывочной жидкости; 10 – двигатель для продольного движения бурильной колонны; 11 – двигатель для вращения бурильной колонны; 12 – датчики расстояния

Рисунок 2 - Схема управления экспериментальной установкой

На рисунке 2 изображена схема управления экспериментальной установкой. Управление установкой осуществляется с помощью блока управления (1) в соответствии со схемой, изображенной на рисунке 3. На нем расположен экран (2), на котором отображаются основные параметры установки, а именно значение расхода промывочной жидкости и частота работы электромагнитного клапана. Также на передней панели блока управления расположены кнопки (3, 4, 5), отвечающие за следующие процессы управления лабораторной установкой:

- включение и выключение двигателя (10), осуществляющего движение вала вдоль оси и позволяющее моделировать продольное движение бурильной колонны;
- включение и выключение двигателя (11), позволяющее моделировать вращение бурильной колонны благодаря вращению модельного вала вокруг своей оси;
- подача тока на электромагнитный клапан (8), что приводит к его включению и выключению, а следовательно, управлению типа течений промывочной жидкости (стационарный, пульсирующий) в экспериментальной установке.

На панели блока управления также расположен энкодер (6). С помощью проворачивания ручки мы можем регулировать частоту работы электромагнитного клапана, задавая нужное значение, необходимое для проведения исследований. Это позволяет создавать нам разную степень пульсирующего течения жидкости для возможности лучшего изучения ее влияния на эффективность выноса шлама из ствола скважины. Управление всеми этими процессами происходит благодаря плате управления (7). Результаты экспериментальных исследований получаем с помощью датчиков расстояния (12), они передаются на управляющую плату. После чего, благодаря компьютерному обеспечению и определенным расчетам, получаем конечные результаты исследований. Проанализировав их, можем сделать выводы о влиянии факторов на эффективность выноса горной породы и процесс промывания.

На сегодняшний день существует потребность в теоретических основах процесса промывки скважин, поскольку рекомендации, инструкции или регламенты в основном основываются на практическом опыте.

Список использованных источников

1 Коцкулич Я. С., Кочкодан Я. М. Бурение нефтяных и газовых скважин. Коломия: Век, 1999. 504 с. - Текст : непосредственный.

2 Hodzic D., Hodzic A., Bajramovic E. Latin square experiment design in R. - Direct text // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 477. P. 012019. URL: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/477/1/012019>.