

РАЗРАБОТКА ПРИБОРА, ВЫЧИСЛЯЮЩЕГО ОБВОДНЕННОСТЬ НЕФТЯНОЙ СМЕСИ В ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

Аннотация. В статье представлена информация об устройстве прибора, который вычисляет обводненность нефтяной смеси, определяет количество воды, нефти и свободного газа в нефтяной смеси.

Ключевые слова: обводненность, нефть.

Обводненность скважины является одним из важных показателей, определяющих величину прямых затрат на добычу. Прибор для подсчета обводненности нефтяной смеси будет очень актуален на месторождениях и добычи нефти. Анализ технической литературы за последние 100 лет позволяет утверждать, что проблеме борьбы с обводнением скважин всегда уделялось большое внимание.

Нефтяная смесь состоит из воды, свободного газа и нефти. В рабочем состоянии она перемешана. Наша задача определить процентное соотношение воды в нефтяной смеси, для этого нам нужно разделить нефтяную смесь на составляющие.

На рис. 1. изображено из чего состоит прибор, а именно из сосуда с плоским дном, датчика преобразования давления (ΔP) марки Rosemount 3051, ультразвукового уровнемера (Н) марки 5300, дозатора и трех кранов (М1, М2, М3). Также на рисунке показано пунктирными линиями входящие и исходящие сигналы с датчиков. Входящие сигналы с датчиков давления и уровнемера. Исходящие сигналы - на краны.

У датчика измерения давления погрешность равна 0.5%. У уровнемера погрешность 0.03%, и при этом уровень раздела фаз он улавливает, когда есть 50 мм нефти, высоту всей смеси он может измерить, при наличии 70 мм смеси в сосуде. От последней проблемы мы избавляемся тем, что оставляем кармашек высотой 70 мм на дне сосуда, который мы учтем при подсчетах.

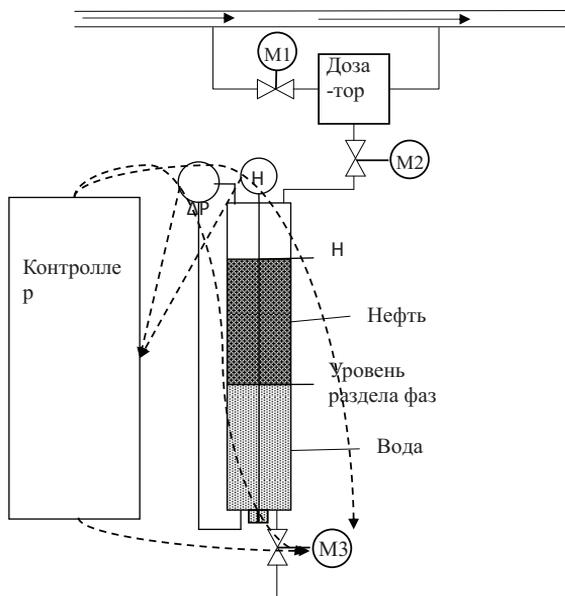


Рис. 1. Описание оборудования

Алгоритм работы прибора реализуется так: открывается кран подачи смеси в дозатор (M1), через 10 секунд этот кран закрывается. Открывается кран в сосуд (M2) и закрывается через 10 секунд, если в смеси газ отсутствовал, то высота смеси в сосуде должна была измениться за один выброс из дозатора на 59 мм.

За первый цикл отстаивания мы должны набрать 67 мм смеси, если нужное количество не набралось, то мы доливаем еще раз смесь через дозатор. Отстаиваем смесь в течение часа. Сравниваем высоту, которая есть и ту, которая должна была быть в сосуде. Разница высот – это количество газа в смеси на данный момент. Опять добавляем смеси, отслеживаем уровень, отстаиваем и измеряем газ. Повторяем до тех пор, пока не наберется 1600 мм смеси. Когда нужная нам высота смеси достигнута – исследуем смесь на наличие раздела фаз, а она отслеживается при высоте нефти не менее 50 мм. Если отследить раздел фаз не можем, то сливаем 1500 мм воды, отмечая это в программе, и опять продолжаем процесс дозирования смеси.

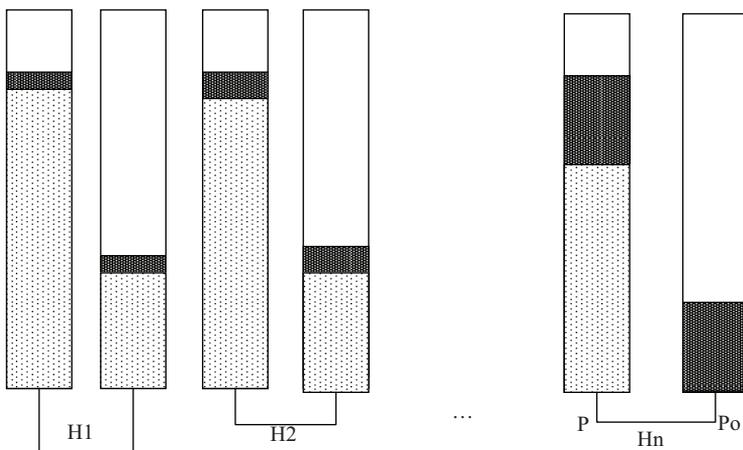


Рис. 2. Этапы отстаивания нефтяной

Этапы слива мы видим на рис. 2. H_1 – количество слитой воды в первый раз, H_2 – во второй раз, H_n – в последний раз, когда нефтяной слой будет больше 50 мм.

Когда же мы уже отследили раздел фаз, мы приступаем к фиксированию давления в сосуде. Давление измеряется за всё проведение опытов только 2 раза, тогда, когда уровнемер уловит границу раздела фаз, при полном сосуде, т.е. до слива воды и после слива воды n -го раза. Давление до слива обозначим P (Давление воды и нефти одновременно), после слива P_o (Давление нефти).

Обводненность мы будем рассчитывать, как соотношение массы воды ко всей массе нефтяной смеси в процентном соотношении:

$$(1) \quad W = \frac{m_w}{m_w + m_o} \cdot 100\%, \text{ где } W \text{ – обводненность, } m_w \text{ – масса воды,} \\ m_o \text{ – масса нефтяной смеси;}$$

Масса нефти вычисляется по формуле:

$$(2) \quad m_o = \rho_o \cdot V_o, \text{ где } V_o \text{ – объем, занимаемый нефтью, } \rho_o \text{ – плотность нефти.}$$

Объем нефти вычисляется по формуле:

$$(3) \quad V_o = \pi \cdot R^2 \cdot H_o, \text{ где } R \text{ – радиус основания сосуда, } H_o \text{ – высота} \\ \text{нефтяного столба.}$$

Плотность нефти вычисляется по формуле:

- (4) $\rho_0 = \frac{P_0}{\Delta H_0 \cdot g}$, где P_0 – давление в сосуде после последнего слива воды, g – сила тяжести.

Подставим (3) и (4) в (2), получим:

$$(5) \quad m_0 = \frac{P_0}{g} \cdot \pi \cdot R^2,$$

Масса воды вычисляется по формуле:

$$(6) \quad m_w = \rho_w \cdot V_w, \text{ где } V_w \text{ – объем, занимаемый водой, } \rho_w \text{ – плотность воды}$$

Объем воды вычисляется по формуле:

$$(7) \quad V_w = \pi \cdot R^2 \cdot H_w, \text{ где } R \text{ – радиус основания сосуда, } H_w \text{ – высота всей воды слитой в процессе реализации программы, равная } \sum_{i=1}^n H_i.$$

Плотность воды вычисляется по формуле:

$$(8) \quad \rho_w = \frac{P_w}{H_w \cdot g}, \text{ где } P_w \text{ – давление воды, } H_w \text{ – высота воды за последний слив, равная } H_n, g \text{ – сила тяжести}$$

Давление воды рассчитаем по формуле:

$$(9) \quad P_w = P - P_0;$$

Подставим (7), (8) и (9) подставим в (6), получим:

$$(10) \quad m_w = \frac{P - P_0}{H_n \cdot g} \cdot \pi \cdot R^2 \cdot \sum_{i=1}^n H_i$$

Подставим формулы (5) и (10) в (1), получим:

$$(11) \quad W = \frac{\frac{P - P_0}{H_n \cdot g} \cdot \pi \cdot R^2 \cdot \sum_{i=1}^n H_i}{\frac{P - P_0}{H_n \cdot g} \cdot \pi \cdot R^2 \cdot \sum_{i=1}^n H_i + \frac{P_0}{g} \cdot \pi \cdot R^2} \cdot 100\%,$$

Сократим (11), получим:

$$(12) \quad W = \left(1 - \frac{P_0}{H_n \cdot \sum_{i=1}^n H_i + P_0} \right) \cdot 100\%.$$

Из этой формулы мы можем сделать вывод, что обводненность не будет зависеть от площади сосуда и силы тяжести. А в случае, когда $n=1$ в формуле (12), обводненность не будет зависеть и от высоты и будет вычисляться по формуле: $W = \left(1 - \frac{P_0}{P} \right) \cdot 100\%$. Подставляя в последнюю формулу значения давлений и высот, получим обводненность в процентном соотношении.

Для реализации алгоритма и сбора информации используется программа MELSOFTGTWorks3, применяемая к контроллерам Mitsubishi.

По ходу пополнения сосуда транслируются на экран данные в реальном времени, а также данные отсылаются на компьютер и уже там обрабатываются.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство по эксплуатации 00809-0107-4530, ред. ДВ Июнь 2015 г. (Уровнемеры 5300 Волноводные радарные уровнемеры)
2. Руководство по эксплуатации 00809-0107-4007, ред. АВ Февраль 2014 г. (Преобразователь давления измерительный Rosemount 3051)
3. Ким, К. К. Метрология, стандартизация, сертификация и электроизмерительная техника: учеб. пособие / К. К. Ким, Г. Н. Анисимов, В. Ю. Барбарович, Б. Я. Литвинов. – СПб. : Питер, 2006. – 368с.
4. Сивухин Д.В. Общий курс физики / Д.В. Сивухин. – М.: Изд-во МФТИ, 2003 – Т.2: Термодинамика и молекулярная физика. – 576 с.
5. Кикоин А.К. Молекулярная физика / А.К. Кикоин, И.К. Кикоин. – М.: Наука, 1976 – 480 с.