

А. В. Кондаков, В. Ш. Биккулов, Л. Р. Рамазанова

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ УРОВНЯ ЖИДКИХ ВЕЩЕСТВ В МЕРАХ ВМЕСТИМОСТИ

Ключевые слова: измерение уровня, точность, эталон, уровнемер.

Представлен обзор метрологического обеспечения измерений уровня жидких веществ в мерах вместимости и обоснование применения средств поверки уровнемеров.

Keywords: level measurement, accuracy, standard, level meter.

The work includes an overview of metrological support of liquids level measurement in capacity measures and the justification of use of level meters verification instruments.

Введение

В условиях возрастающей потребности нефти и нефтепродуктов важная роль отводится стационарным и транспортным мерам вместимости (далее - резервуары). Для расчета массы нефти и нефтепродуктов (далее продукт) в резервуарах применяют следующие методы:

- прямой метод статических измерений, взвешиванием на весах;
- косвенный метод статических измерений;
- косвенный метод, основанный на гидростатическом принципе.

Основным методом является косвенный метод статических измерений, который основан на использовании результатов измерений объема, плотности и температуры продукта. Плотность и температуру продукта измеряют соответствующими средствами измерений. Объем продукта в резервуаре определяют по градуировочной таблице резервуара, используя результаты измерений уровня. Градуировочные таблицы на резервуары получают при поверке или калибровке резервуаров, которые позволяют определить вместимость резервуаров на каждом миллиметре. Например, вместимость 1 мм вертикального резервуара объемом 50000 м³ составляет 2,5 м³. Повышение точности измерений уровня продуктов позволяет повысить достоверность определения количества продукции в нефтегазохимическом комплексе Российской Федерации [1].

Определение уровня

Под определением уровня понимают нахождение высоты столба жидкости в резервуаре. Средства измерений уровня бывают переносными и стационарными. Переносными средствами измерений являются:

- рулетка измерительная с грузом 2-го или 3-го класса точности [2];
- метростопки [3];
- устройства измерительные (электронные рулетки), которые предназначены для измерения уровня и температуры продукта, а также для определения границы раздела «продукт-вода».

Стационарными средствами измерений уровня являются уровнемеры, предназначенные для автоматического процесса измерений уровня

продукта. В зависимости от принципа действия уровнемеры бывают: радарные, ультразвуковые, поплавковые, магнитострикционные, емкостные и др. (рис 1).



Рис. 1 - Уровнемеры

Выбор уровнемера определяется поставленными целями. Для систем учета нефти и нефтепродуктов, используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений [4], важным условием является обеспечение выполнения норм погрешности при расчете массы нефти и нефтепродуктов в резервуарах [5]. Погрешность измерения уровня зависит от множества факторов, в том числе от принципа действия уровнемера. Уровнемер может измерять расстояние от дна резервуара до зеркала жидкости (уровень) или высоту газового пространства над жидкостью. В первом случае, погрешность измерения уровня соответствует инструментальной погрешности уровнемера, нулевая точка которого приведена к точке касания дна груза рулетки, опущенной через измерительный люк. Во втором случае, к инструментальной погрешности уровнемера добавляется погрешность измерения базовой высоты резервуара и погрешность измерения эталонного расстояния уровнемера. В обоих случаях присутствует методическая погрешность измерений уровня. Базовой высотой является расстояние по вертикали от точки касания дна груза рулетки до верхнего края измерительного люка резервуара [6]. Эталонное расстояние уровнемера определяют как разность высот между верхним краем фланца горловины технологического люка, на который установлен уровнемер (эталонная точкой уровнемера) и верхним краем или риской

измерительного люка (эталонная точка резервуара) [7]. Базовую высоту находят при поверке или калибровке резервуаров и по ее значению судят об изменении метрологических характеристик (градуировочных таблиц) резервуаров.

Поверка уровнемеров

Уровнемеры, устанавливаемые на резервуары, должны быть поверены и проходить периодическую поверку в соответствии с их методикой поверки. При проведении поверки уровнемеров, необходимо применять следующие средства поверки [8]:

а) эталонные поверочные уровнемерные установки, стационарные и транспортируемые с непосредственным изменением или имитацией изменения уровня жидкости:

1) эталонные установки 1-го разряда с пределами допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения единицы измерения уровня $\pm 0,3$ мм, предназначенные для поверки эталонных уровнемеров с основной абсолютной погрешностью ± 1 мм и более методом непосредственного сличения;

2) эталонные установки 2-го разряда с пределами допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения единицы измерения уровня ± 1 мм, предназначенные для поверки рабочих уровнемеров с основной абсолютной погрешностью ± 3 мм и более методом непосредственного сличения.

б) эталонные уровнемеры переносные, предназначенные для поверки рабочих уровнемеров на месте их эксплуатации на стационарных и транспортных мерах вместимости:

1) эталонные уровнемеры переносные 2-го разряда с пределами допускаемой абсолютной погрешностью воспроизведения единицы измерения уровня ± 1 мм, предназначенные для поверки уровнемеров с основной абсолютной погрешностью ± 3 мм и более методом непосредственного сличения;

2) эталонные уровнемеры переносные 3-го разряда с пределами допускаемой абсолютной погрешностью воспроизведения единицы измерения уровня ± 3 мм, предназначенные для поверки уровнемеров с основной абсолютной погрешностью ± 9 мм и более методом непосредственного сличения.

в) эталонные измерительные ленты с грузом 2-го разряда, предназначенные для поверки уровнемеров на месте их эксплуатации, с диапазоном измерений уровня от 0,001 до 24 м, доверительные абсолютные погрешности которых, при доверительной вероятности 0,99, составляют от $(0,2 + 0,5L)$ до $(2 + 2L)$ мкм, где L - число полных и неполных метров измеренных уровней.

В настоящее время происходит расширение модельного ряда многих уровнемеров. При этом наблюдаются следующие тенденции:

- увеличение диапазона измерений до 20 м;
- повышение точности измерений до $\pm 0,5$ мм.

Повышение требований к точности измерений уровня приводит к необходимости

поверки уровнемеров именно на рабочей среде. Эталоны уровня, принцип которых основан на имитации уровня, не учитывают различия между измерениями длины до твердого тела и до поверхности жидкости. Эти различия связаны со свойствами жидкости (поверхностным натяжением, вязкостью и т.д.) т.е. с реальными условиями. Поэтому, уровнемеры с основной абсолютной погрешностью до ± 1 мм нужно поверять на эталоне уровня работающего на жидкости. Примером может служить Государственный специальный эталон единицы длины (уровня) 1-го разряда в диапазоне 0,01-20 м [9] утвержденный по нормативной документации [10] приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 61 от 04.02.2013 и зарегистрированный под номером 2.1.ZZ3.0008.2013.

Поверка уровнемеров на месте эксплуатации с помощью эталонной измерительной ленты с грузом 2-го разряда может быть применена только для уровнемеров с основной абсолютной погрешностью ± 3 мм и более т.к. измерение уровня жидкости измерительной лентой с точностью менее ± 1 мм не возможно.

Заключение

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что для поверки уровнемеров с основной абсолютной погрешностью до ± 3 мм, необходимо использовать эталонные уровнемерные установки с пределами допускаемой основной погрешности воспроизведения единицы измерения длины (уровня) не более чем $\pm 0,3$ мм.

Литература

- [1] Нефтегазохимический комплекс Российской Федерации: проблемы и перспективы развития / Ларионова Г.Н.// Вестник Казанского технологического университета, 2013.Т.16.-№12-с 225-228.
- [2] ГОСТ 7502-98 Рулетки измерительные металлические. Технические условия
- [3] ГОСТ 8.247-2004 Государственная система обеспечения единства измерений. Метрошки для измерений уровня нефтепродуктов в горизонтальных резервуарах. Методика поверки.
- [4] ГОСТ Р 595-2004 Государственная система обеспечения единства измерений. Масса нефти и нефтепродуктов. Общие требования к методикам выполнения измерений.
- [5] ГОСТ 8.346-2000 Государственная система обеспечения единства измерений. Резервуары стальные горизонтальные цилиндрические. Методика поверки.
- [6] ГОСТ Р 8.788-2014 Государственная система обеспечения единства измерений. Масса мазута. Методика измерений в вертикальных резервуарах методом статистических измерений. Общие метрологические требования.
- [7] ГОСТ Р 8.660-2009 Государственная система обеспечения единства измерений. Уровнемеры промышленного применения. Методика поверки.
- [8] Описание Государственного специального эталона единицы длины (уровня) в диапазоне 0,01-20 м / В. Ш. Биккулов, А. В. Кондаков, И. О. Гаранин, В. М.

Мигранов. // Законодательная прикладная метрология, 2014. – № 2. – С. 9-11.

[9] Организация процедур аттестации и утверждения эталонов единиц величин, используемых в сфере Государственного регулирования обеспечения единства измерений / Горюнова С.М., Хамраева Д.К., Сопин В.Ф.

// Вестник Казанского технологического университета, 2012. Т.15. – № 16. – С. 236-239.

[10] Федеральный закон от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ "Об обеспечении единства измерений"(с изменениями от 18 июля, 30 ноября 2011 г., 28 июля 2012 г., 2 декабря 2013 г.).

© **А. В. Кондаков** - канд. хим. наук, нач. НИО-7 ФГУП «ВНИИР», доц. каф. аналитической химии, сертификации и менеджмента качества КНИТУ; **В. Ш. Биккулов** – инж. НИО-7 ФГУП «ВНИИР, vniiir.nio-7@yandex.ru; **Л. Р. Рамазанова** – магистрант каф. аналитической химии, сертификации и менеджмента качества КНИТУ.

© **A. V. Kondakov** - associate professor, KNRTU; **V. S. Bikkulov**- the engineer All-Russian scientific research institute of the expenditure, vniiir.nio-7@yandex.ru; **L. R. Ramazanova** - master KNRTU.