

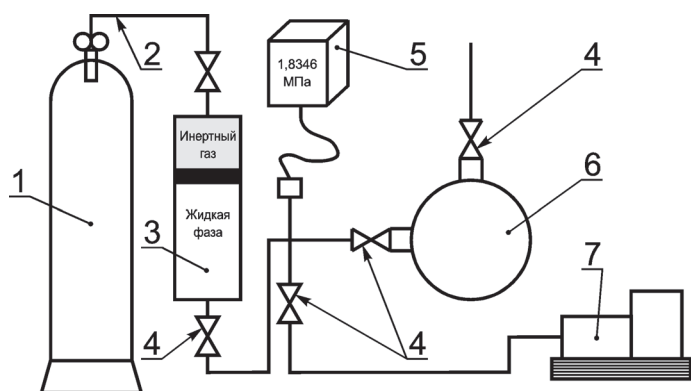


Рис. 4. Принципиальная схема системы подачи сжиженного газа в эталонные пикнометры:

1 — баллон со сжатым инертным газом; 2 — подводящие трубопроводы для сжиженного газа; 3 — поршневой баллон постоянного давления; 4 — запорные краны; 5 — калибратор давления; 6 — пикнометр; 7 — вакуумный насос

(ПСУГ-ПБ); диапазон плотностей 484—585 кг/м³, расширенная неопределенность аттестованного значения плотности 0,1 кг/м³.

Утвержденные ГСО плотности СУГ позволяют реализовать методы метрологического обеспечения, в том числе проведение испытаний типа, калибровку и поверку СИ плотности в диапазоне плотностей СУГ, что обеспечивает прослеживаемость результатов измерений к государственному эталону плотности.

Литература

1. ГОСТ Р 8.595—2004. ГСИ. Масса нефти и нефтепродуктов. Общие требования к методикам выполнения измерений.
2. Домостроев А. В. Новые решения метрологического обеспечения измерений плотности сжиженных углеводородных газов // Измерительная техника. 2012. № 2. С. 64—67; Domostroeve A. V. New solutions for metrological provision of liquefied hydrocarbon gas density measurement // Measurement Techniques. 2012. V. 55. N. 2. P. 208—212.
3. Стаскевич А. С., Вигдорчик Д. Я. Справочник по сжиженным углеводородным газам. Л.: Недра, 1986.
4. ГОСТ Р 8.785—2012. ГСИ. Масса газового конденсата, сжиженного углеводородного газа и широкой фракции легких углеводородов. Общие требования к методикам (методам) измерений.
5. Федеральный закон РФ от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений».
6. ГОСТ 8.024—2002. ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений плотности.
7. Miyamoto H., Watanabe K. Thermodynamic property model for fluid-phase propane // Int. J. Thermophys. 2000. V. 21. N. 5. P. 1045—1072.
8. API MPMS. Chap. 14. Natural Gas Fluids. S.6. Continuous Density Measurement.
9. ГОСТ 949—73. Баллоны стальные малого и среднего объема для газов на $P_p \leq 19,6$ МПа (200 кгс/см²). Технические условия.

Дата принятия 27.01.2014 г.

53.089.5

Опыт применения ультразвуковых преобразователей расхода в составе систем измерений количества и показателей качества нефти

А. В. САФОНОВ

Группа Компаний ИМС, Москва, Россия, e-mail: safonov@insweb.biz

Рассмотрены результаты испытаний ультразвукового преобразователя расхода DFX-MM с целью применения его в системах измерений количества и качества нефти и нефтепродуктов.

Ключевые слова: нефть, нефтепродукты, ультразвуковой преобразователь расхода, градуировочная характеристика, стабильность метрологических характеристик.

The results of tests of ultrasonic flow meter DFX-MM for the purpose of its application in the system of oil and oil products quantity and quality measurement has been considered.

Key words: oil, oil products, ultrasonic flow meter, calibration characteristic, definition and estimation of metrological characteristics stability.

В настоящее время все больше в составе систем измерений количества и показателей качества нефти (СИКН) применяют ультразвуковые преобразователи расхода (УЗР), позволяющие проводить приемо-сдаточные операции товарной и сырой нефти, нефтепродуктов в соответствии с требо-

ваниями нормативных документов РФ [1, 2]. Преимущество УЗР в том, что они имеют минимальные потери давления по сравнению с преобразователями расхода других типов, а современный уровень технологий позволяет обеспечить качество измерений с метрологическими характеристика-

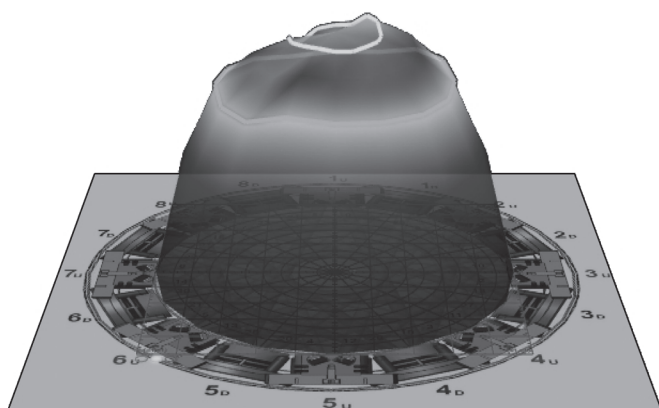


Рис. 1. Профиль потока жидкости, сканируемый ультразвуковым преобразователем расхода DFX

ми, соответствующими турбинным и объемным преобразователям расхода.

В статье рассмотрены результаты испытаний преобразователя расхода жидкости ультразвукового DFX-MM Ду 400 мм утвержденного типа (Госреестр № 43091-09), изготовленного по технической документации «Metering&Technology SAS» (Франция) и предназначенного для измерений объемного расхода и объема жидкостей в технологических трубопрово-

дах. Данный УЗР применяется на предприятиях трубопроводного транспорта, в нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей, химической и ряде других отраслей промышленности.

Принцип действия УЗР основан на время-импульсном методе измерений, при котором разность времени прохождения ультразвукового импульса по и против направления движения жидкости пропорциональна средней скорости (расходу) ее потока в трубопроводе (рис. 1). Первичный преобразователь состоит из цилиндрического измерительного участка с установленными 16 ультразвуковыми датчиками, образующими 32 акустических канала, и присоединительных фланцев. Расположение датчиков обеспечивает полное сканирование профиля по всему сечению потока, не оставляя слепых зон. Для передачи измеренных и вычисленных значений величин на внешние электронно-вычислительные устройства и конфигурирования электронного блока УЗР используют Ethernet IEEE 802.3 порт или (опционально) другие средства передачи цифровой информации.

Испытания УЗР проходили по утвержденной программе. Стабильность работы УЗР оценивали путем контроля метрологических характеристик в соответствии с требованиями [2]. Сличения результатов измерений УЗР с последовательно подключенной измерительной линией — за 2 часа, смену, сутки, месяц — в течение всего времени испытаний про-

водили при оперативной возможности обеспечения необходимых режимов работы измерительной линии. Испытания УЗР выполняли в два этапа — в комплекте со струевыпрямителем и без него.

Результаты испытаний УЗР в комплекте со струевыпрямителем приведены в протоколах определения метрологической характеристики и оценки ее стабильности (рис. 2, а). На рис. 2 пунктирными и штрихпунктирными линиями показаны допустимые отклонения от градуировочной характеристики $\pm 0,10$ и $\pm 0,15$ %, соответственно. Из анализа результатов определения метрологических характеристик УЗР следует:

градуировочная характеристика имеет высокую степень линейности (соответствующая составляющая систематической погрешности не превышает 0,014 %);

значения среднего квадратического отклонения (СКО) в точках рабочего диапазона расхода УЗР меньше 0,014 % (при допустимом 0,02 %);

относительная погрешность в поддиапазонах расхода для случая применения УЗР в качестве рабочего средства измерения (СИ) находится в пределах $\pm 0,097$ % (при допустимой $\pm 0,15$ %);

относительная погрешность в точках диапазона расхода при использовании

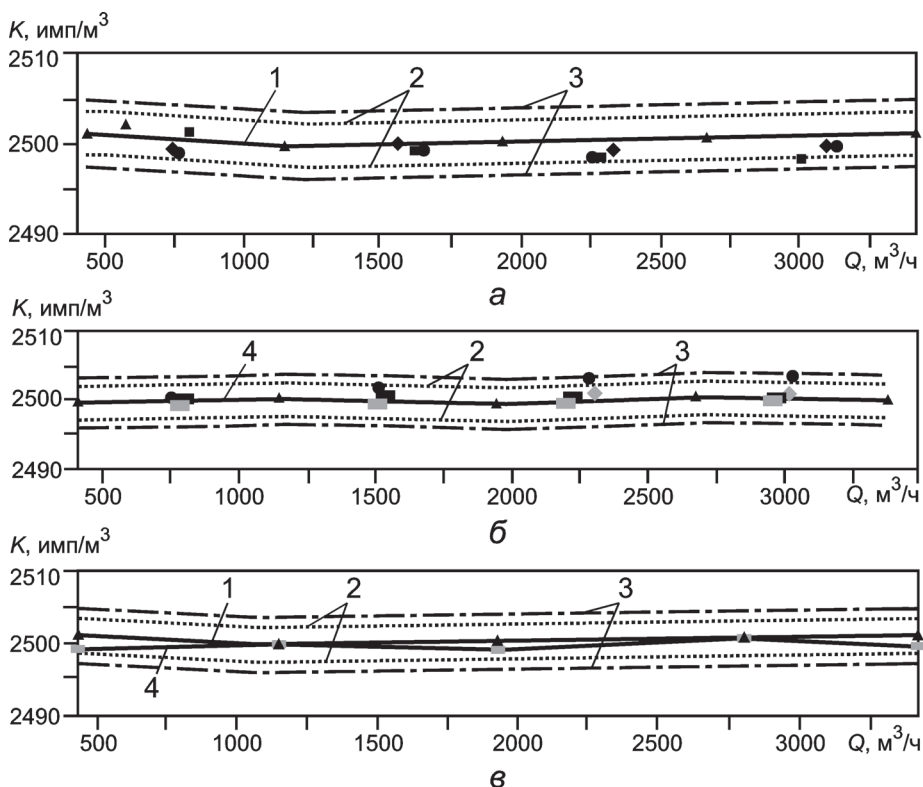


Рис. 2. Результаты испытаний УЗР в комплекте со струевыпрямителем (а) и без него (б); в — изображения а и б совмещены для сравнения:

1, 4 — определенные метрологические характеристики (МХ); 2, 3 — отклонение МХ на $\pm 0,1$ и $\pm 0,15$ %, соответственно; К — коэффициент преобразования ультразвукового преобразователя расхода; Q — расход;

■ ● — оценки стабильности МХ в разные дни

УЗР в качестве контрольного СИ составляет $\pm 0,096$ % (при допустимой $\pm 0,10$ %).

Результаты оценки стабильности метрологических характеристик УЗР:

отклонения коэффициентов преобразования от градуировочной характеристики в любой из контролируемых точек находятся в пределах $\pm 0,084$ % (при допустимых $\pm 0,15$ % для рабочего и $\pm 0,1$ % для контрольного УЗР);

значения СКО в точках рабочего диапазона расхода УЗР в пятнадцати случаях из семнадцати не превышают 0,015 %, в двух случаях составляют 0,024 % (их можно считать промахами).

На рис. 2, б показаны результаты испытаний УЗР без струевыпрямителя. Градуировочная характеристика имеет высокую степень линейности: составляющая систематической погрешности, обусловленная нелинейностью, меньше 0,011 %. Значения СКО в точках рабочего диапазона расхода не превышают 0,017 % (при допустимом 0,02 %). Относительная погрешность в поддиапазонах диапазона расхода при использовании УЗР в качестве рабочего СИ находится в пределах $\pm 0,087$ % (при допустимой $\pm 0,15$ %). Относительная погрешность в точках диапазона расхода при применении УЗР в качестве контрольного СИ составляет $\pm 0,096$ % (при допустимой $\pm 0,10$ %).

Анализ результатов оценки стабильности метрологических характеристик УЗР показывает, что отклонения коэффициентов преобразования от градуировочной характеристики в девяти из шестнадцати контролируемых точках составили $\pm 0,036$ % (при допустимых $\pm 0,15$ % для рабочего и $\pm 0,1$ % для контрольного УЗР), в пяти — не более $\pm 0,076$ %, а в двух оставшихся $\pm 0,12$ и $\pm 0,13$ %. СКО в точках рабочего диапазона расхода не превышает 0,02 %.

Из сравнения градуировочных характеристик УЗР в комплекте со струевыпрямителем и без него (см. рис. 2, в) приходим к выводу, что струевыпрямитель не влияет на метрологические характеристики.

Выводы. По результатам испытаний заключаем, что преобразователь расхода жидкости ультразвуковой DFX-MM Ду 400 мм полностью соответствует заявленным метрологическим характеристикам, демонстрирует их стабильность на различных рабочих жидкостях в широких диапазонах изменений вязкости и плотности. Преобразователь соответствует всем требованиям нормативных документов, регламентирующих коммерческие измерения количества нефти и нефтепродуктов, и может применяться в качестве рабочего, а также контрольного и эталонного СИ, в резервных схемах измерений СИКН [3—8].

Применение УЗР дает следующие преимущества: при эксплуатации требуется меньшее давление подпора на выходе по сравнению с преобразователями расхода других типов и принципов измерений; обеспечиваются хорошая линейность и повторяемость; СКО измерений находится на уровне турбинного преобразователя расхода; эффективно при использовании в качестве эталонных, контрольных и рабочих преобразователей расхода, для резервных схем учета; многолучевая конструкция дает меньшую чувствительность к возмущениям профиля потока, обеспечивает его полное сканирование, что отсутствует у других преобразователей расхода; система компенсации температуры электронного блока исключает влияние изменений температур рабочей жидкости и окружающей среды на результаты измерения; для проведения поверки требуется трубопоршневая поверочная установка меньшей вместимости по сравнению с другими преобразователями расхода.

Л и т е р а т у р а

1. **ГОСТ 8.510—2002.** ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений объема и массы жидкости.
2. **Рекомендации** по определению массы нефти при учетных операциях с применением систем измерения количества и показателей качества нефти / Приказ Мин. пром. и энергетики РФ от 31 марта 2005 г. № 69.
3. **МИ 3233—2009.** ГСИ. Преобразователи расхода жидкости ультразвуковые серий DFX-MM, DFX-LV фирмы «Metering & Technology SAS», Франция. Методика поверки установками поверочными трубопоршневыми.
4. **МИ 3234—2009.** ГСИ. Преобразователи расхода ультразвуковые. Методика поверки установками поверочными на базе компакт-прувера с компаратором.
5. **МИ 3265—2010.** ГСИ. Ультразвуковые преобразователи расхода. Методика поверки на месте эксплуатации.
6. **МИ 3287—2010.** ГСИ. Преобразователи объемного расхода. Методика поверки.
7. **МИ 3266—2010.** ГСИ. Преобразователи объемного расхода эталонные. Методика поверки.
8. **МИ 3312—2011.** ГСИ. Ультразвуковые преобразователи расхода. Методика поверки комплектом трубопоршневой поверочной установки, поточного преобразователя плотности и счетчиков-расходомеров массовых.

Дата принятия 27.01.2014 г.