МЕТОДЫ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СТЕНДА ДЛЯ ПОВЕРКИ ДАТЧИКОВ ОБЪЁМА ТОПЛИВНЫХ БАКОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Миралиева Азиза Каюмовна

И.о. доцент кафедры "Метрология, стандартизация и сертификация" Совместного Белорусско-Узбекского межотраслевого института прикладных технических квалификаций.

E-mail: aziza.miraliyeva5927@gmail.com

Аннотация. В работе представлены методы усовершенствования стенда для поверки и калибровки датчиков объёма топливных баков транспортных средств в диапазоне 5–200 л. Предложены конструктивные и метрологические решения, направленные на повышение точности, автоматизацию измерительного процесса и обеспечение безопасности при работе с горючими жидкостями. Основное внимание уделено модернизации эталонной измерительной системы, внедрению температурной и плотностной коррекции, использованию микроконтроллерного управления, а также расширению функциональных возможностей установки. Приведены рекомендации по внедрению системы регистрации и обработки данных в соответствии с требованиями ISO/IEC 17025 и GUM/ISO 5168. Реализация предложенных мер позволяет снизить комбинированную неопределённость до 0,3 %, обеспечить прослеживаемость к национальным эталонам и повысить воспроизводимость поверочных операций.

Ключевые слова: поверка, калибровка, датчик объёма топлива, эталонный расходомер, метрология, точность 0,5 %, автоматизация.

Annotation. The paper presents methods for improving the bench for checking and calibrating sensors for the volume of fuel tanks of vehicles in the range of 5-200 liters. Constructive and metrological solutions aimed at improving accuracy, automating the measuring process and ensuring safety when working with flammable liquids are proposed. The main attention is paid to the modernization of the reference measuring system, the introduction of temperature and density correction, the use of microcontroller control, as well as the expansion of the installation's functionality. Recommendations are given for the implementation of a data registration and processing system in accordance with the requirements of ISO/IEC 17025 and GUM/ISO 5168. The implementation of the proposed measures makes it possible to reduce the combined uncertainty to 0.3%, ensure traceability to national standards and increase the reproducibility of verification operations.

Keywords: verification, calibration, fuel volume sensor, reference flow meter, metrology, accuracy 0.5%, automation.

ISSN 3030-3907

Annotatsiya. Ishda 5-200 litr oralig'ida transport vositalarining yonilg'i tanklari hajmi sensorlarini tekshirish va kalibrlash uchun stendni takomillashtirish usullari keltirilgan.aniqlikni oshirish, o'lchash jarayonini avtomatlashtirish va yonuvchan suyuqliklar bilan ishlashda xavfsizlikni ta'minlashga qaratilgan konstruktiv va metrologik echimlar taklif etiladi. Asosiy e'tibor mos yozuvlar o'lchash tizimini modernizatsiya qilish, harorat va zichlikni tuzatishni joriy etish, mikrokontroller boshqaruvidan foydalanish, shuningdek o'rnatishning funktsional imkoniyatlarini kengaytirishga qaratilgan. Iso/IEC 17025 va gum/ISO 5168 talablariga muvofiq ma'lumotlarni ro'yxatga olish va qayta ishlash tizimini joriy etish bo'yicha tavsiyalar berilgan. Taklif etilayotgan chora-tadbirlarni amalga oshirish qo'shma noaniqlikni 0,3% gacha kamaytirishga, milliy standartlarga muvofiq kuzatilishini ta'minlashga va tekshirish operatsiyalarining takrorlanuvchanligini oshirishga imkon beradi.

Kalit so'zlar: tekshirish, kalibrlash, yonilg'i hajmi sensori, mos yozuvlar oqim o'lchagich, metrologiya, aniqlik 0,5%, avtomatlashtirish.

Введение

Современные транспортные средства оснащаются различными типами датчиков измерения объёма и уровня топлива — ёмкостными, поплавковыми, ультразвуковыми и др. От точности их показаний зависит корректность учёта расхода топлива, оценка энергоэффективности и надёжность систем мониторинга.
В связи с этим возникает необходимость проведения регулярной поверки или калибровки данных устройств в лабораторных и производственных условиях с использованием специализированных установок.

Существующие поверочные стенды обеспечивают дозированную подачу жидкости, но зачастую не учитывают влияние температуры, плотности, колебаний давления и не позволяют автоматизировать процесс регистрации данных. Это приводит к увеличению погрешности и снижению воспроизводимости измерений.

Актуальной задачей является разработка и совершенствование установки, обеспечивающей проведение поверки в диапазоне 5–200 л с допустимой относительной погрешностью не более ±0,5 %, соответствующей требованиям стандартов O‘zDSt 3410:2019, ISO/IEC 17025:2017 и ГОСТ 8.586–2005.

Цель работы — модернизация существующей калибровочной установки для обеспечения высокой метрологической точности, автоматизации процесса и повышения безопасности при работе с топливами различного типа.

1. Анализ существующей конструкции

ISSN 3030-3907

Рассматриваемая калибровочная установка (рис.1) включает два эталонных резервуара, систему подачи жидкости с перистальтическим насосом, электронно и вручную управляемые клапаны, а также калибровочные весы. Данная система обеспечивает дозированную подачу жидкости и контроль объёма в диапазоне до 200 литров. Конструкция ориентирована на проведение калибровки или поверки измерительных устройств, работающих с жидкостями различной плотности.

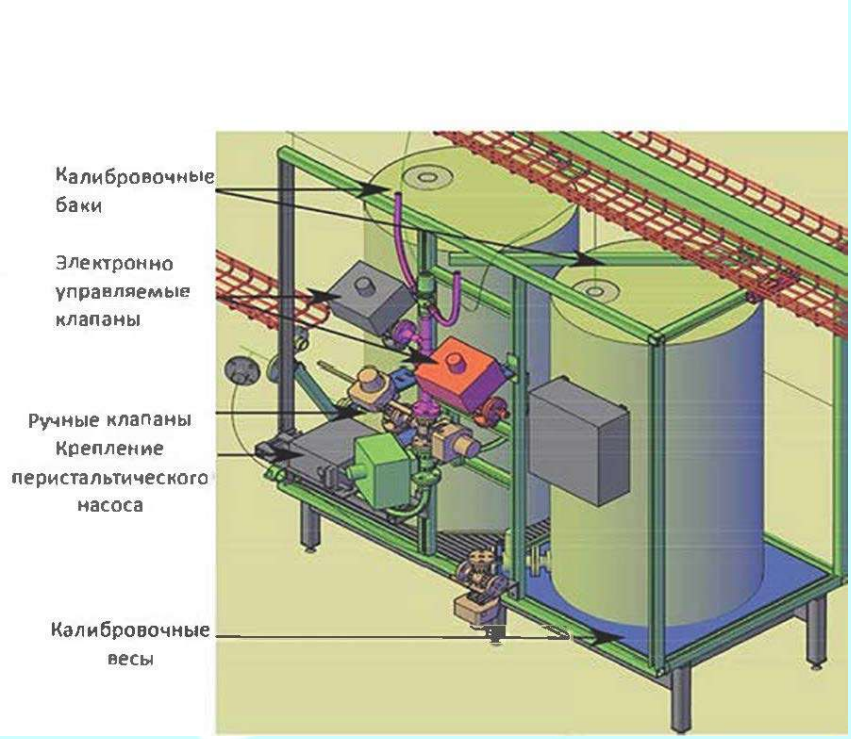


Рис.1.Стенд для поверки датчиков объёма топливных баков транспортных средств.

На схеме показана калибровочная установка жидкостного типа, состоящая из следующих элементов:

- эталонные калибровочные резервуары, служащие для создания известных объёмов жидкости;
- управляемые электромагнитные клапаны для дозированной подачи жидкости;
- ручные клапаны для регулировки потоков;
- насос перистальтического типа, обеспечивающий равномерную подачу или откачку жидкости;
- весы или измерительная система, фиксирующая массу (и, следовательно, объём) подаваемой жидкости.

По конструкции она подходит для дозирования и измерения объёмов жидкости в диапазоне от нескольких литров до сотен литров, что соответствует диапазону 5–200 л, характерному для топливных баков легковых и грузовых автомобилей.

ISSN 3030-3907

Датчики объёма топлива (например, ёмкостные, ультразвуковые, поплавковые) требуют точного задания известного объёма жидкости и регистрации показаний датчика при разных уровнях заполнения.

Для этого установка должна обеспечивать:

1. Пошаговое дозирование жидкости с известным объёмом (например, 5, 10, 20 л и т.д.);
2. Измерение фактического объёма или массы поданной жидкости (через калибровочные резервуары и весы);
3. Стабильность температуры и плотности жидкости, если требуется высокая точность;
4. Интерфейс для подключения датчика и регистрации его выходных сигналов (напряжение, частота, цифровой код и т.д.).

В исходном варианте установка не имеет специализированного интерфейса для подключения датчиков объёма топлива, отсутствует термокоррекция и не обеспечена регистрация данных в автоматическом режиме, что ограничивает метрологическую точность и воспроизводимость результатов.

2. Цели усовершенствования

Целью усовершенствования является приспособление установки для проведения поверки датчиков объёма топливных баков транспортных средств в диапазоне 5–200 л с обеспечением допускаемой относительной погрешности не более ±0,5 % в соответствии с требованиями:

- O`zDSt 3410:2019 – «Метрология. Термины и определения»;
- ISO/IEC 17025:2017 – «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий»;
- ГОСТ 8.586-2005 – «ГСИ. Измерения расхода и количества жидкостей и газов. Методы и средства поверки».

3. Предлагаемые направления модернизации

3.1. Эталонная измерительная система

Для обеспечения высокой точности целесообразно ввести прецизионный расходомер класса 0,2 (например, корелисового типа) или мерник II разряда на 200 л, прошедший государственную поверку. Это позволит фиксировать реальный объём жидкости с прослеживаемостью к национальному эталону.

3.2. Контроль температуры и плотности топлива

Температурное влияние является одним из ключевых факторов неопределённости. Для его компенсации рекомендуется внедрение датчиков температуры Pt100 и денсиметра, что позволит корректировать измеренный объём к стандартной температуре +20 °C по формулам ISO 91-1:1992.

ISSN 3030-3907

3.3. Автоматизация и регистрация данных

Для повышения повторяемости измерений установка должна быть оснащена микроконтроллером (PLC или Arduino), управляющим электронными клапанами и насосом. Данные с датчиков объёма и эталонных расходомеров следует регистрировать через USB-интерфейс или модуль RS-485 с записью в базу данных. Это обеспечит формирование отчётов поверки и автоматическое построение калибровочных характеристик.

3.4. Обеспечение взрывобезопасности

Так как поверка проводится с использованием горючих жидкостей (дизель, бензин, керосин), установка должна иметь искробезопасное исполнение, соответствующее ГОСТ 31610.11-2014 (IEC 60079-11:2011), а все элементы питания и коммутации следует располагать вне зоны возможного испарения топлива.

3.5. Расширение диапазона и универсализация

Рекомендуется обеспечить возможность замены эталонных резервуаров и настройки программного диапазона 0–500 л, что позволит проводить калибровку не только автомобильных, но и стационарных промышленных датчиков уровня.

4. Методика проведения поверки

Поверка проводится поэтапно при заполнении резервуара на фиксированные объёмы (5, 25, 50, 100, 150, 200 л). На каждом шаге фиксируются:

- показания эталонного расходомера $V_{эт}$;
- показания датчика объёма топлива $V_{датч}$;
- температура и плотность жидкости.

Рассчитывается относительная погрешность:

$$\delta = \frac{V_{датч} - V_{эт}}{V_{эт}} \times 100\%$$

Результаты поверки оформляются протоколом, включающим таблицу зависимостей $V_{датч} = f(V_{эт})$, график калибровочной характеристики и расчёт комбинированной неопределённости в соответствии с GUM / ISO 5168.

5. Ожидаемые результаты

Модернизация установки позволит:

- снизить общую неопределённость измерений до 0,3 % (при допустимой ±0,5 %);
- обеспечить прослеживаемость результатов к национальным эталонам;
- повысить скорость и безопасность процедур поверки;
- автоматизировать обработку и хранение данных.

ISSN 3030-3907

Таким образом, установка станет универсальным стендом для поверки и калибровки датчиков объёма топлива различных типов (ёмкостных, ультразвуковых, поплавковых) в лабораторных и промышленных условиях.

6.Рекомендации

Рекомендации по усовершенствованию стенда направлены на обеспечение метрологической точности, автоматизации процессов и повышения безопасности проведения поверки датчиков объёма топлива. Прежде всего, для обеспечения прослеживаемости измерений рекомендуется использование эталонного расходомера класса 0,2 или мерника II разряда объёмом 200 л, прошедшего государственную поверку в аккредитованной лаборатории. Это позволит повысить достоверность результатов и обеспечить их соответствие требованиям национальных эталонов. Важным направлением является компенсация влияющих факторов, таких как температура и плотность топлива. Для этого целесообразно внедрить измерители температуры Pt100 и денсиметр, а также реализовать автоматическую коррекцию измеренного объёма к стандартной температуре +20 °C в соответствии с требованиями ISO 91-1:1992.

Для повышения стабильности, повторяемости и воспроизводимости результатов поверки рекомендуется внедрение микроконтроллерной системы управления (PLC, Arduino или Raspberry Pi), обеспечивающей программное управление насосом, электромагнитными и ручными клапанами. Это решение позволит исключить человеческий фактор и обеспечить точное дозирование объёма жидкости на каждом этапе измерений. Дополнительно следует предусмотреть систему автоматической регистрации данных, реализованную через интерфейсы RS-485 или USB для связи с персональным компьютером. Такая система позволит автоматически формировать протоколы поверки, таблицы зависимости $V_{\text{датч}} = f(V_{\text{эт}})$и строить калибровочные графики, что значительно упростит анализ полученных результатов и повысит точность вычислений.

Особое внимание необходимо уделить вопросам безопасности, так как работы выполняются с горючими жидкостями. Электрическая часть стенда должна быть выполнена во взрывозащищённом исполнении в соответствии с требованиями ГОСТ 31610.11-2014 (IEC 60079-11:2011), а рабочая зона оборудована системой вентиляции и средствами пожарной защиты. Это обеспечит безопасность обслуживающего персонала и предотвратит риск возгорания или взрыва паров топлива.

Наконец, для повышения универсальности установки рекомендуется предусмотреть возможность замены эталонных резервуаров и расширение диапазона измерений до 500 л. Это позволит использовать

ISSN 3030-3907

модернизированный стенд не только для автомобильных, но и для промышленных датчиков уровня топлива, тем самым расширив область его применения в метрологических и производственных лабораториях.

Заключение

Проведённый анализ показал, что существующие стенды для поверки датчиков объёма топлива не в полной мере удовлетворяют современным метрологическим требованиям, особенно в части автоматизации и учёта влияющих факторов.

Предложенные направления модернизации — введение эталонного расходомера, температурной и плотностной коррекции, микроконтроллерного управления и системы автоматической регистрации данных — позволяют существенно повысить точность и надёжность измерений.

Модернизированный стенд обеспечивает достижение относительной погрешности не более ±0,3 %, что соответствует классу 0,5, повышает безопасность и сокращает трудоёмкость процедуры поверки. Разработанная установка может применяться в метрологических и испытательных лабораториях, на предприятиях автотранспорта и в энергетических системах мониторинга расхода топлива.

Таким образом, усовершенствованный стенд представляет собой универсальную, безопасную и технологичную платформу для поверки и калибровки датчиков объёма топлива различного типа, соответствующую международным стандартам и требованиям аккредитации испытательных лабораторий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 8.908-2015. Средства измерений объемного расхода нефти и нефтепродуктов.
2. ГОСТ 8.346-2000. Резервуары стальные горизонтальные цилиндрические. Методика поверки.
3. ISO 8222:2020. Petroleum measurement systems — Volumetric measures, proving tanks and field measures.
4. UNIDO. Guidelines on Calibration of Flow Meters, Vienna, 2019.
5. МИ 1864-88. Методика поверки топливораздаточных колонок.

ISSN 3030-3907