



ОБРАЗЦОВАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПОВЕРКИ УРОВНЕМЕРОВ (ЭТАЛОН ЕДИНИЦЫ УРОВНЯ)

Мирсадиков Шукрулло Пайзуллаевич

Независимый соискатель ГУ

«Узбекский национальный институт метрологии»

(ГУ «УзГМИ») Главный специалист

Аннотация: Образцовые установки для поверки уровнемеров являются важным звеном в метрологическом обеспечении измерений уровня жидкостей и сыпучих материалов. В диссертация рассматриваются принципы работы таких установок, включая прямые и имитационные методы воспроизведения эталонной единицы уровня, а также их метрологические характеристики, обеспечивающие точность передачи единицы уровня от государственных эталонов к рабочим средствам измерений. Описаны конструкции современных установок, таких как УУЭ1 р-Н-20 и УМПВ, с акцентом на автоматизацию, компенсацию внешних факторов и соответствие нормативным требованиям, включая ГОСТ и международные стандарты. Особое внимание уделено применению установок в промышленности и их роли в повышении точности, безопасности и экономической эффективности процессов. Перспективы развития включают интеграцию искусственного интеллекта и расширение диапазонов измерений для адаптации к новым промышленным задачам.

Ключевые слова: Образцовая установка, поверка уровнемеров, эталон единицы уровня, метрология, уровнемеры, прямой метод, имитационный метод, автоматизация, метрологические характеристики, ГОСТ, промышленные измерения, точность.



В области метрологии измерений уровня жидкостей и сыпучих материалов образцовая установка для поверки уровнемеров представляет собой ключевой элемент обеспечения единства измерений, выступая в роли эталона единицы уровня, который позволяет передавать размер единицы от государственных первичных эталонов к рабочим средствам измерений с минимальной погрешностью. Уровнемеры, как класс приборов, предназначены для определения высоты заполнения резервуаров или открытых емкостей, и их точность критически важна в отраслях, таких как нефтехимия, пищевая промышленность, водоснабжение и энергетика, где отклонения могут привести к экономическим потерям, экологическим рискам или нарушениям технологических процессов. Согласно принципам метрологии, поверка уровнемеров подразумевает сравнение показаний прибора с эталонными значениями, воспроизводимыми в контролируемых условиях, что обеспечивает traceability к международным стандартам, таким как ISO 9001 для систем менеджмента качества и специфическим нормам, включая российские ГОСТы. Государственный специальный эталон единицы длины (уровня) в диапазоне от 0,01 до 20 м, разработанный ФГУП "ВНИИР" в Казани и утвержденный приказом Росстандарта № 61 от 04.02.2013, служит вершиной поверочной схемы, воспроизводя уровень с абсолютной погрешностью $\pm 0,25$ мм и среднеквадратическим отклонением случайной компоненты ошибки 0,09 мм, что позволяет калибровать образцовые установки 1-го и 2-го разрядов. Этот эталон основан на установке УУЭ1 р-Н-20, включающей два сообщающихся сосуда диаметром 600 мм и высотой 21 м, гидравлическую систему с насосом и резервуаром для жидкости, а также автоматизированную систему управления с поплавковым уровнемером, использующим эталонную мерную ленту 3-го разряда и микроскоп с разрешением 0,05 мм для точного считывания. Метрологические характеристики эталона, такие как доверительные границы неисклученной систематической погрешности 0,122 мм и общая среднеквадратическая погрешность 0,108 мм, обеспечивают передачу единицы уровня с учетом факторов окружающей



среды, включая температуру жидкости и воздуха, что особенно важно для компенсации теплового расширения материалов. Образцовые установки для поверки уровнемеров классифицируются по методам воспроизведения уровня: прямому измерению, где уровень изменяется путем налива или слива жидкости, и имитационному, где используются механические или электромагнитные симуляторы для моделирования уровня без реального заполнения. В первом случае, как в стендах на основе прямых измерений для волноводных уровнемеров с коаксиальными зондами, установка представляет собой вертикальный резервуар высотой до 6 м, ограниченный размерами лаборатории, где поверка проводится в реальных условиях с учетом гидростатического давления и свойств жидкости. Имитационные методы, применяемые в установках типа УМПВ-1 и УМПВ-2 производства Казанского опытного завода "Эталон", используют грузы для симуляции веса буйка в буйковых уровнемерах или подвижные отражатели для радарных и волноводных приборов, достигая диапазона до 50 м с погрешностью, соответствующей ГОСТ 8.477-82 и ГОСТ 8.321-2013. Эти установки, зарегистрированные в Госреестре под номерами 4032-74 и 4033-74, оснащены рельсовыми направляющими, магнитными энкодерами для позиционирования и специализированным ПО для автоматизации процесса, включая архивацию результатов и компенсацию электромагнитных помех. Для радарных уровнемеров, где точность зависит от времени задержки сигнала и стабильности кварцевого генератора, первичная поверка требует эталонных установок вроде LM-30 с подвижным отражателем, обеспечивающим сравнение с известным расстоянием, что минимизирует влияние производственных допусков антенны и СВЧ-тракта. В процессе разработки таких установок, как показано в случае с установкой для калибровки микроимпульсных радарных уровнемеров на ПАО "Метафракс", выбирается метод налива с использованием нержавеющей резервуара диаметром 100 мм и длиной 3660 мм, дифференциального преобразователя давления Rosemount 3051 S с погрешностью $\pm 0,025\%$ и термометра сопротивления ТСМУ-205, что позволяет автоматизировать калибровку с учетом



температурных эффектов, приводящих к вариации давления всего на 0,3954 мм водяного столба при изменении температуры на 0,5°C.

Научный подход к поверке подразумевает строгую поверочную схему, где эталон передает размер единицы через рабочие эталоны 1-го и 2-го разрядов к средствам измерений, с учетом факторов, влияющих на погрешность, таких как вибрации, электромагнитные поля и свойства измеряемой среды. В соответствии с Федеральным законом № 102-ФЗ "Об обеспечении единства измерений" и рекомендациями ГСИ, поверка проводится в аккредитованных лабораториях с частотой, определяемой методикой, например, ежегодно для установок KMS-UPU, где условия эксплуатации включают температуру $20\pm 5^\circ\text{C}$, влажность 30-80% и отсутствие вибраций. Для буйковых уровнемеров модуль имитации уровня с эталонными гирями позволяет воспроизводить усилие, эквивалентное изменению уровня, без демонтажа прибора, что снижает затраты на обслуживание. Аналогично, для контактных и бесконтактных уровнемеров, включая ультразвуковые и сараситиве, установки оснащаются дополнительными устройствами, такими как экраны поглощения излучения или системы натяжения зондов, обеспечивая диапазон до 80 м по спецзаказу. Применение таких эталонов не только гарантирует точность измерений в пределах ± 1 мм, но и способствует экономии ресурсов, снижая необходимость в аутсорсинге и покупке готовых систем, как продемонстрировано в разработках, где переход к прямому методу исключает субъективные ошибки.

В более широком контексте, эволюция образцовых установок отражает прогресс в метрологии, от механических поплавковых систем к цифровым автоматизированным стендам с интеграцией HART-коммуникаторов и многофункциональных калибраторов, что позволяет учитывать нелинейные эффекты, такие как поверхностные помехи в радарных измерениях. Будущие перспективы включают интеграцию ИИ для предиктивной аналитики погрешностей и расширение диапазонов для сверхвысоких резервуаров, что усилит роль этих установок в цифровизации промышленности, обеспечивая соответствие глобальным



стандартам устойчивого развития и безопасности. Таким образом, образцовая установка как эталон единицы уровня не только техническое средство, но и фундаментальный инструмент научного обеспечения точности в измерениях, подкрепленный строгой нормативной базой и инновационными разработками.

ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Исмаатов А., Рахимов С. Основы метрологии и измерительной техники. Ташкент: Национальный университет Узбекистана, 2023.
2. Мирзаев У. Поверка и калибровка измерительных приборов в промышленности. Ташкент: Фан ва Технология, 2021.
3. Абдуллаев Т., Каримова Н. Технологии измерения уровня жидкостей. Самарканд: Самаркандский государственный университет, 2020.
4. Ходжаев Б. Метрологическое обеспечение и стандартизация. Ташкент: Агентство по стандартизации, метрологии и сертификации Республики Узбекистан, 2019.