

ОТЗЫВ

официального оппонента Первухин Бориса Семеновича на диссертационную работу Смирнова Алексея Михайловича

«РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭТАЛОННОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ЗОНДОВ», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.15 – «Метрология и метрологическое обеспечение»

Актуальность темы исследования

Рост парка гидрологических зондов поставил актуальную задачу по их метрологическому обеспечению в Российской Федерации, связанную с разработкой новых схем и методов передачи единицы удельной электропроводности жидкостей (далее УЭП). Это обусловлено тем, что государственная поверочная схема для средств измерений УЭП не охватывает данные средства измерений. Решение, связанных с этим вопросов, потребовало выполнения мероприятий по совершенствованию Государственного первичного эталона единицы УЭП жидкостей ГЭТ 132-99.

Совершенствование первичного эталона позволило пересмотреть точностные характеристики рабочих разрядных эталонов в сторону их улучшения и регламентировать схему передачи единицы УЭП жидкостей зондам гидрологическим от государственного первичного эталона (далее – ГПЭ).

Работа Смирнова А.М. посвящена исследованиям, направленным на совершенствование ГПЭ ГЭТ 132-99 в части метрологического обеспечения гидрологических зондов, и модернизацию системы передачи единицы УЭП в РФ упомянутым средствам измерений.

Структура и содержание диссертации

Во введении обоснована актуальность темы исследования и степень ее разработанности, сформулированы цель и задачи исследования, показана научная новизна и практическая значимость работы, описаны методология и

примененные методы исследования, определена степень достоверности работы.

В первой главе проведен обзор литературных источников, посвященных измерению УЭП жидкостей и областей применения ее средств измерений.

Автором подробно рассмотрена эволюция методов измерения и воспроизведения единицы УЭП жидкостей, начиная от работ Кольрауша и до настоящего времени. Представлена информация о предыдущем варианте ГПЭ единицы УЭП жидкостей ГЭТ 132-99. Кроме этого рассмотрена конструкция кондуктометрических ячеек эталонов различных зарубежных метрологических центров. Приведено сравнение их метрологических характеристик.

Подробно рассмотрены первичные преобразователи канала измерения УЭП гидрологических зондов, которые применяются для исследований и паспортизации океана. Рассмотрено их метрологическое обеспечение, используемое в РФ, состояние которого подтверждает необходимость совершенствования эталонной базы в области кондуктометрии, разработки схем передачи единицы и стандартных образцов УЭП жидкостей. Исходя из материалов первой главы, выдвигаются требования к разрабатываемой установке.

Во второй главе проведен анализ электрохимических процессов, происходящих в контактной кондуктометрической ячейке при подаче на нее переменного напряжения. Представлены параметры, окружающей ячейку, среды, которые влияют на результат измерения. Рассмотренные процессы учтены в электрической эквивалентной схеме замещения (далее – ЭЭСЗ) ячейки с анализируемым раствором, которая помещена в термостатирующую жидкость. Представлена методика подбора параметров ЭЭСЗ и обосновано ее применение для определения кондуктивной постоянной кондуктометрических ячеек. Разработан алгоритм подбора величины параметров этой эквивалентной схемы.

В третьей главе представлена реализация эталонной установки для метрологического обеспечения гидрологических зондов, дана ее структурная схема и описание основных узлов и принципа их действия.

Ключевым элементом новой установки являются две 4х-электродных ячейки для измерения УЭП жидкостей, исследование которых включало моделирование распределения электрического поля внутри ячейки, экспериментальное и теоретическое определение постоянной ячейки путем разработки ЭЭСЗ и сопоставление результатов теоретического и экспериментального исследований.

Для расчетного определения постоянной ячейки на основе стохастического метода получена зависимость, описывающая разработанную эквивалентную схему замещения. Приведены результаты сопоставления результатов измерения сопротивления растворов с разным значением УЭП и расчетного определения сопротивления с помощью зависимости, описывающей эквивалентную схему замещения ячейки.

В четвертой главе приведена математическая модель измерений, реализуемых на эталонной установке при воспроизведении единицы УЭП жидкостей. Для выявления влияющих факторов, не охваченных уравнением, и оценки адекватности математической модели составлена причинно-следственная диаграмма Исикавы, на которой приведены выходные и входные величины модели, а также другие влияющие величины.

Разработана эталонная установка со следующими метрологическими характеристиками.

- диапазон значений УЭП, воспроизводимых установкой при температуре раствора 15 °С, от 0,05 до 10 См/м;
- относительная расширенная неопределенность измерений УЭП при коэффициенте охвата $k=2$ ($P=0,95$) $2,3 \cdot 10^{-2} \%$.

При расчетах расширенной неопределенности (U^0) установлено, что ее зависимость от значения УЭП раствора незначительна в диапазоне измерений от 0,5 до 10 См/м, поэтому принимается фиксированное наибольшее значение

$2,3 \cdot 10^{-2} \%$ во всем диапазоне.

Пятая глава отражает практическую значимость разработанной эталонной установки. Эталонная установка для метрологического обеспечения гидрологических зондов введена в состав ГЭТ 132-2018.

В интересах организаций, предприятий и учреждений Росгидромета, Министерства природных ресурсов и экологии, Министерства обороны, предприятий химической, фармакологической и нефтехимической промышленности разработана новая государственная поверочная схема для средств измерений удельной электрической проводимости жидкостей, впервые устанавливающая схему передачи единицы УЭП жидкостей гидрологическим зондам от государственного первичного эталона.

Результаты международных сличений и организация новых сличений продемонстрировали, что метрологические характеристики эталона находятся на уровне национальных эталонов ведущих мировых международных центров, это также подкрепляется СМС-строками в международной базе данных МБМВ. Проведение новых сличений в качестве координирующей лаборатории также направлено на расширение номенклатуры СО УЭП жидкостей.

За 2018-2019 года на новой эталонной установке проведены испытания в целях утверждения типа, а также калибровка высокоточных гидрологических зондов.

Научная новизна заключается в следующем

Предложено и исследовано новое конструктивное исполнение 4х-электродных ячеек по принципу «цилиндр в цилиндре», что минимизировало влияние электрохимических и термодинамических процессов, протекающих внутри ячейки, и окружающей ее среды на результат измерения.

Предложена и обоснована математическая модель ячейки для расчетного подтверждения ее постоянной, построенная на анализе электрохимических процессов, протекающих внутри ячейки.

Экспериментальное исследование разработанной эталонной установки на основе переменноточковой кондуктометрии с предложенной конструкцией 4х-электродных ячеек доказало улучшение метрологических характеристик первичного эталона в 2-2,5 раза.

В предложенной ГПС введены новые пути передачи единицы УЭП жидкостей и предусмотрена передача единицы УЭП жидкостей для средств измерений, которые отсутствуют в предыдущей ГПС, в том числе гидрологическим зондам.

Главная практическая значимость работы состоит в создании новой эталонной установки на основе переменноточковой кондуктометрии с 4х-электродными ячейками, которая введена в состав ГЭТ 132-2018, что повысило точность воспроизведения единицы УЭП в 2-2,5 раза.

Разработанная установка позволяет расширить измерительные и функциональные возможности ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» и участвовать в международных сличениях, посвященных измерению УЭП жидкостей в широком диапазоне параметров питающего напряжения.

Новая государственная поверочная схема для средств измерений удельной электрической проводимости жидкостей охватывает весь парк анализаторов кондуктометрического типа и предусматривает улучшение метрологических характеристик разрядных рабочих эталонов. Решена задача метрологического обеспечения гидрологических зондов.

Замечания и рекомендации.

После описания контактных и бесконтактных кондуктометрических датчиков, применяемых в гидрологических зондах, не комментируется, почему в эталонной установке конструкция контактного датчика предпочитается конструкции бесконтактного. Также нет обоснования выбора для реализации контактного 4х-электродного датчика.

Нет обоснования причин введения нелинейных элементов в эквивалентную схему экспериментального образца ячейки и их влияние на

результат измерения УЭП.

При выборе измерительной схемы недостаточно подробно раскрыто преимущество новой измерительной схемы (с применением мультиметров и генератора сигналов), по отношению к примененной в эталоне Украины (с применением моста переменного тока).

Заключение

Указанные замечания не меняют общей положительной оценки выполненной работы.

Диссертационная работа Смирнова Алексея Михайловича «Разработка и исследование эталонной установки для метрологического обеспечения гидрологических зондов» является законченной научно-исследовательской работой. Работа выполнена на высоком научном уровне и позволяет решить актуальную задачу повышения уровня метрологического обеспечения гидрологических зондов.

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности и требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемых к кандидатским диссертациям, а ее автор Смирнов А.М. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.15 – «Метрология и метрологическое обеспечение».

Профессор каф. ИГ
Алт. ГТУ, д.т.н

Первухин Б. С.

Подпись заверяю:

OK *Алексей Михайлович Смирнов*

