

УТВЕРЖДАЮ

Директор по ресурсам АО «Морские
неакустические комплексы и системы»



С.Ю. Лебанин

« 5 » июня 2019 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию 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

Начавшееся в настоящее время интенсивное освоение природных ресурсов Мирового океана вызывает потребность в постоянном исследовании состояния и основных гидрологических характеристик морской среды. Одними из основных средств определения этих характеристик являются гидрологические зонды, предназначенные для измерения температуры, гидростатического давления и удельной электрической проводимости (УЭП) морской воды. На основе полученных зондами результатов измерений рассчитываются такие основные гидрологические параметры морской среды как соленость, плотность и скорость распространения звука. Улучшение метрологического обеспечения зондов позволяет существенно повысить достоверность измерений и точность определения гидрологических параметров.



Таким образом, диссертационная работа Смирнова А.М., посвященная разработке методов и средств метрологического обеспечения гидрологических зондов для измерений удельной электрической проводимости морской воды, является весьма актуальной и имеющей большое прикладное значение. Кроме того, в ней проведены исследования, направленные на совершенствование государственного первичного эталона (ГПЭ) в части метрологического обеспечения гидрологических зондов и модернизации системы передачи единицы УЭП средствам измерений, в том числе и гидрологическим зондам.

Научная новизна, полученных результатов

Новизна полученных в диссертации результатов состоит в разработке и исследовании характеристик эталонной установки для метрологического обеспечения гидрологических зондов

Для реализации эталонной установки разработаны новые высокоточные кондуктометрические 4х-электродные ячейки, реализующие принцип «цилиндр в цилиндре».

Разработана и экспериментально подтверждена новая математическая модель ячейки, построенная на основе анализа электрохимических процессов, протекающих внутри ячейки. Эта модель позволяет определить постоянную ячейки во всем диапазоне измерений УЭП жидкостей.

Разработана новая методика измерения импеданса 4-х электродных кондуктометрических ячеек, обеспечивающая гальваническую развязку и расширенные функциональные возможности.

Полученные автором результаты позволили минимизировать влияние негативных электрохимических и термодинамических процессов и расширили функциональные возможности ГПЭ в области измерения УЭП жидкостей.

В предложенной автором новой государственной поверочной схеме (ГПС) введены новые пути передачи единицы УЭП жидкостей, добавлены рабочие эталоны, заимствованные из других ГПС. Кроме того, в ней

предусмотрена передача единицы УЭП жидкостей средствам измерений, отсутствовавшим в предыдущей ГПС, в том числе гидрологическим зондам.

Практическая ценность работы

Практическая реализация результатов исследований заключается в создании новой эталонной установки на основе переменноточковой кондуктометрии с 4х-электродными ячейками. Эталонная установка введена в состав ГПЭ единицы УЭП жидкостей – ГЭТ 132-2018, что повысило точность воспроизведения единицы УЭП в 2-2,5 раза.

Разработанная установка позволила расширить измерительные и функциональные возможности ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» и участвовать в международных сличениях, посвященных измерению УЭП жидкостей, что особенно актуально в рамках международных работ в области импедансной спектроскопии.

Предложенная автором работы новая ГПС для средств измерений УЭП жидкостей охватывает весь парк анализаторов кондуктометрического типа, включая гидрологические зонды, и предусматривает улучшение метрологических характеристик разрядных рабочих эталонов.

Структура и содержание диссертации

Во введении обоснована актуальность темы исследования и степень ее разработанности, сформулированы цели и задачи, показаны научная новизна и практическая значимость работы, описаны методология и методы исследования, исследована степень достоверности работы.

В первой главе приведен обзор литературных источников, посвященных измерению УЭП жидкостей и сферам применения анализаторов кондуктометрического типа. Особое место уделено гидрологическим зондам (в части измерения УЭП), применяемым для исследований и паспортизации океана, и их метрологическому обеспечению в РФ. Приведены конструкции и описаны конструктивные особенности ряда наиболее распространенных типов датчиков для измерений УЭП морской воды в гидрологических зондах.

Представлена информация о ГПЭ единицы УЭП жидкостей ГЭТ 132-99, рассмотрено строение кондуктометрических ячеек эталонов различных зарубежных метрологических центров. Приведено сравнение их метрологических характеристик.

Представлено текущее состояние метрологического обеспечения гидрологических зондов в РФ, которое подтверждает необходимость совершенствования эталонной базы в области кондуктометрии, разработки схем передачи единицы и стандартных образцов УЭП жидкостей

Во второй главе проведен анализ электрохимических процессов, протекающих внутри кондуктометрической ячейки и в окружающем ее значащем пространстве, возникающие в результате прохождения переменного электрического тока. Проанализировано влияние параметров переменного тока на процессы, протекающие как в «глубине» ячейке, так и на границе раздела фаз (электрод-раствор). Разработана методика подбора параметров эквивалентных электрических схем замещения (ЭЭСЗ) и обосновано применение подобных схем для определения кондуктивной постоянной кондуктометрических ячеек. Проанализирована ЭЭСЗ, приведена система уравнений, описывающая предложенную ЭЭСЗ, разработан алгоритм подбора ее параметров.

В третьей главе выбран и обоснован метод реализации новой эталонной установки на основе переменноточковой кондуктометрии с 4х-электродными ячейками, предназначенной для метрологического обеспечения гидрологических зондов. В ней приведена структурная схема и описание основных узлов эталонной установки и принципа их действия.

С целью проверки теоретических расчётов конструкции проведено исследование 4х-электродных ячеек, которое включало моделирование распределения электрического тока внутри кондуктометрической ячейки методом конечных элементов, путем разработки ЭЭСЗ проведен теоретический расчет постоянной ячейки и сопоставлены результаты теоретических расчетов и экспериментальных значений параметров ячейки.

Четвертая глава посвящена оценке метрологических характеристик эталонной установки.

В ней разработана математическая модель измерений, реализуемых на эталонной установке при воспроизведении единицы УЭП жидкостей.

Для выявления влияющих факторов и оценки адекватности математической модели составлена причинно-следственная диаграмма Исикавы, с помощью которой проанализированы входные и выходные величины модели, а также другие влияющие факторы.

Разработан бюджет неопределенности и рассчитано значение расширенной неопределенности измерений при воспроизведении УЭП. При этом установлено, что зависимость расширенной неопределенности измерений от значения УЭП раствора незначительна в диапазоне измерений от 0,5 до 10 См/м, а ее значение составляет $2,3 \cdot 10^{-2}\%$.

Пятая глава отражает практическую значимость разработанной эталонной установки. Эталонная установка введена в состав ГЭТ 132-2018, что повысило точность воспроизведения единицы УЭП в 2-2,5 раза и позволило расширить функциональные возможности первичного эталона.

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, предлагающая методы и средства для передачи единицы УЭП жидкостей гидрологическим зондам от государственного первичного эталона.

За 2018-2019 года на новой эталонной установке для метрологического обеспечения гидрологических зондов проведены испытания в целях утверждения типа и калибровка гидрологических зондов производства Sea Bird Electronics Inc, RBR Ltd и ValeportLtd.

Недостатки и замечания

1 Представленные в заключении к главе 1 требования к разрабатываемой установке для метрологического обеспечения гидрологических зондов недостаточно обоснованы.

2 Не представлены соотношения, с помощью которых получено выражения для величины $Z_1(\omega)$ из формулы (17).

3 Вместо схемы алгоритма подбора параметров ЭЭСЗ приведен листинг отдельных фрагментов программы расчета, что затрудняет понимание разработанного алгоритма.

4 В главе 2 не представлены результаты расчета параметров ЭЭСЗ по разработанному алгоритму и результаты их сравнения с экспериментальными данными.

5 Не описан метод получения аналитического выражения для зависимости полного сопротивления ячейки от параметров ЭЭСЗ (соотношение (35)).

6 Не представлены выводы по результатам сличения эталонной установки с первичными растворами УЭП (рисунки 55, 56).

7 В диссертационной работе присутствуют опечатки и стилистические неточности (например, на стр. 3,4, 27,28, 34, 35, 46,95 и др.)

Отмеченные недостатки и замечания не снижают научной и практической значимости представленной работы.

Заключение

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

Диссертационная работа соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым 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».

Отзыв обсужден на заседании научно-технического совета АО «Морские неакустические комплексы и системы» 22.05.2019 г., протокол №1.

Отзыв составили:

Генеральный конструктор
по направлению измерительные
глубоководные научно-исследовательские
комплексы и комплексы экологического
мониторинга водных объектов,
доктор технических наук

Д.Л. Гуральник

Главный метролог,
кандидат технических наук

А.Е. Назимок

Подписи Д.Л. Гуральника и А.Е. Назимка удостоверяю.

Начальник службы
управления персоналом



Л.В. Соболева