МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ
И МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ (РОСГИДРОМЕТ)

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

РД 52.17.780–2013

Эталоны и оборудование для проведения поверки СТД-зондов

Общие технические требования

Санкт-Петербург
ААНИИ
2014

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным бюджетным учреждением «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт» (ФГБУ «ААНИИ»)

2 РАЗРАБОТЧИКИ: В.М. Тимец, канд. техн. наук (научный руководитель); Р.А. Балакин, канд. техн. наук; В.Э. Голавский

3 СОГЛАСОВАН ФГБУ «НПО «Тайфун» 29.12.2012, УГТР Росгидромета 20.03.2013

4 УТВЕРЖДЕН приказом Росгидромета от 25.03.2013 № 122

5 ЗАРЕГИСТРИРОВАН ФГБУ «НПО «Тайфун» за номером РД 52.17.780-2013 01.04.2013

6 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

7 СРОК ПЕРВОЙ ПРОВЕРКИ 2018 год

ПЕРИОДИЧНОСТЬ ПРОВЕРКИ 2 года

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины, определения, обозначения и сокращения 2
4 Общие положения 4
5 Требования к метрологическим характеристикам эталонов 5
6 Требования к эталонам и оборудованию для поверки канала измерения электрической проводимости (солености) СТД-зондов 7
7 Требования к эталонам и оборудованию для поверки и калибровки канала измерения температуры морской воды 8
8 Требования к эталонам и оборудованию для поверки и калибровки канала гидростатического давления 8
Приложение А (справочное) Описание и характеристики солемеров 10
Приложение Б (справочное) Стандартные образцы растворов морской воды 15
Приложение В (справочное) Реперные точки, эталоны и термостаты для поверки канала измерения температуры СТД-зондов 18
Приложение Г (справочное) Эталоны для поверки и градуировки канала гидростатического давления СТД-зондов 33
Библиография 42

РД 52.57.780–2013

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

Эталоны и оборудование для проведения поверки СТД-зондов Общие технические требования

Дата введения 2014–01–01

1 Область применения

Настоящий руководящий документ распространяется на эталоны и оборудование для поверки СТД-зондов и устанавливает общие технические требования к ним.

Настоящий руководящий документ применяют при составлении технических заданий на создание средств поверки, а также при разработке технических условий, устанавливающих основные технические требования к эталонам и оборудованию.

2 Нормативные ссылки

В настоящем руководящем документе использованы ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ 8.017–79. Государственный первичный эталон и общесоюзная поверочная схема для средств измерений избыточного давления до 250 МПа

ГОСТ 8.395–80 ГСИ. Нормальные условия измерений при поверке. Общие требования

ГОСТ 8.457–2000 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений удельной электрической проводимости жидкостей

ГОСТ 8.558–2009 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений температуры

ГОСТ 15150–69. Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды

ГОСТ 21128–83. Системы электроснабжения, сети, источники, преобразователи и приемники электрической энергии. Номинальные напряжения до 1000 В

ГСССД 77–84. Морская вода. Шкала практической солености 1978 г.

РМГ 29–99. ГСИ Метрология. Основные термины и определения

РМГ 43–2001. ГСИ Применение «Руководства по выражению неопределенности измерений»

3 Термины, определения, обозначения и сокращения

3.1 В настоящем руководящем документе применены следующие термины с соответствующими определениями.

Государственный первичный эталон единицы величины – государственный эталон единицы величины, обеспечивающий воспроизведение, хранение и передачу единицы величины с наивысшей в Российской Федерации точностью, утверждаемый в этом качестве в установленном порядке и применяемый в качестве исходного на территории Российской Федерации [1].

Государственный эталон единицы величины – эталон единицы величины, находящийся в федеральной собственности [1].

Измерение – совокупность операций, выполняемых для определения количественного значения величины [1].

Испытания стандартных образцов или средств измерений в целях утверждения типа – работы по определению метрологических и технических характеристик однотипных стандартных образцов или средств измерений.

Калибровка средств измерений – совокупность операций, выполняемых для определения количественного значения величины [1].

Калибратор – устройство для воспроизведения и поддержания единицы величины, снабженное встроенным эталоном и дисплеем для отсчета воспроизводимой единицы.

Неопределенность измерений – параметр, связанный с результатом измерений и характеризующий рассеяние значений, которые можно приписать измеряемой величине (РМГ 29).

Стандартная неопределенность – неопределенность результата измерений, выраженная как среднее квадратическое отклонение (СКО) (РМГ 43).

Суммарная стандартная неопределенность – стандартная неопределенность результата измерений, полученного через значения других величин, равная положительному квадратному корню суммы членов, являющихся дисперсиями или ковариациями этих других величин, взвешенными в соответствии с тем, как результат изменяется при изменении этих величин (РМГ 43).

Расширенная неопределенность – величина, определяющая интервал вокруг результата измерений, в пределах которого находится большая часть значений, с достаточным основанием могущих быть приписанными измеряемой величине (РМГ 43).

Примечание – Расширенную неопределенность рассчитывают умножением суммарной стандартной неопределенности на коэффициент охвата, который принимается равным 2 в предположении нормальности закона распределения возможных значений измеряемой величины при доверительной вероятности $P = 0,95$.

Поверка средства измерений (поверка) – совокупность операций, выполняемых в целях подтверждения соответствия средств измерений метрологическим требованиям.

Прослеживаемость – свойство эталона единицы величины или средства измерений, заключающееся в документально подтвержденном установлении их связи с государственным первичным эталоном соответствующей единицы величины посредством сличения эталонов единиц величин поверки, калибровки средств измерений [1].

Средство измерений – техническое средство, предназначенное для измерений [1].

СТД-зонд – средство измерений, предназначенное для одновременного измерения температуры, электрической проводимости (солености) морской воды и гидростатического давления (глубины) при погружении в море.

Стандартный образец – образец вещества (материала) с установленными по результатам исследований значениями одной и более величин, характеризующих состав или свойство этого вещества (материала) [1].

Термостат – устройство для воспроизведения и поддержания температуры в определенном объеме с нормированной однородностью в пространстве и стабильностью во времени.

Эталон единицы величины – техническое средство, предназначенное для воспроизведения, хранения и передачи единицы величины.

3.2 В настоящем руководящем документе использованы следующие обозначения и сокращения:

ГСИ – Государственная система обеспечения единства измерений;

ГСО – Государственный стандартный образец;

ГСССД – Государственная система стандартных справочных данных;

ГЭТ – Государственный эталон температуры;

МТШ-90 – международная температурная шкала 1990 г.;

ПЕС – практическая единица солености ГСИ;

ПК – персональный компьютер;
РЭ – рабочий эталон;
СИ – средство измерений;
ШПС-78 – шкала практической солености;
УЭП – удельная электрическая проводимость.

4 Общие положения

4.1 В соответствии с федеральным законом [1] в Российской Федерации должны применяться эталоны единиц величин, прослеживаемые к государственным первичным эталонам соответствующих единиц величин. В случае отсутствия соответствующих государственных первичных эталонов единиц величин должна быть обеспечена прослеживаемость средств измерений, применяемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, к национальным эталонам единиц величин иностранных государств.

Порядок передачи единиц величин от государственных эталонов, порядок установления обязательных требований к эталонам единиц величин, используемым для обеспечения единства измерений в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, порядок оценки соответствия этим требованиям, а также порядок их применения устанавливаются Правительством Российской Федерации.

На основании нормативных документов в области обеспечения единства измерений:

– порядок передачи единиц величин от государственных эталонов к рабочим средствам измерений с указанием диапазонов измерения, погрешностей и основных методов поверки и аттестации устанавливается государственными поверочными схемами;

– погрешность измерения эталонов определяют при их аттестации; погрешности измерений СИ определяют в процессе их поверки;

– оценку погрешности измерений проводят в соответствии с методиками поверки, утвержденными в процессе проведения испытаний типа СИ.

4.2 Эталоны должны обеспечивать:

– хранение, воспроизведение и передачу единицы физической величины;

– работоспособность в пределах норм, установленных в стандартах, технических условиях, а также в паспортах на эталоны конкретного типа;

– ремонтопригодность;

– возможность метрологического обеспечения при эксплуатации;

– безопасность в работе;

– экономичность при эксплуатации.

4.3 Эталоны характеризуются показателями устойчивости к воздействиям климатических факторов и механическим воздействиям при транспортировке и хранении. Оценку соответствия этих показателей реальным условиям в конкретных пунктах эксплуатации эталонов и поверочного оборудования рекомендуется производить на основе ГОСТ 15150.

4.4 Номинальные напряжения систем электроснабжения должны отвечать требованиям ГОСТ 21128.

4.5 Эксплуатацию эталонов и поверочного оборудования при поверке СТД-зондов проводят в нормальных условиях по ГОСТ 8.395.

5 Требования к метрологическим характеристикам эталонов

5.1 При поверке СТД-зондов должны быть использованы отечественные и/или импортные эталоны, внесенные в Государственный реестр средств измерений Российской Федерации и имеющие действующие свидетельства о поверке.

5.2 Метрологические характеристики эталонов, предназначенных для поверки и калибровки измерительных каналов СТД-зондов, должны выбираться в соответствии с государственными поверочными схемами и метрологическими характеристиками измерительных каналов СТД-зондов.

5.3 Расширенная неопределенность градуировки эталонов или доверительная погрешность при вероятности 0,95, указанная в свидетельствах о

Таблица 1 – Требования к метрологическим характеристикам СТД-зондов

Измеряемая величина	Метрологическая характеристика	
	Диапазон измерений	Предел основной допускаемой погрешности
Температура воды, °С	От −2 до 40	От ±0,001 до ±0,05
Соленость, ПЕС	От 0 до 40	От ± 0,001 до ±0,05
Относительная электропроводность R	От 0,05 до 2,0	От $\pm(1+R)\cdot 10^{-4}$ до $\pm 3\cdot 10^{-3}$
Гидростатическое давление P, МПа	От 0 до 60	От $\pm P_{макс}\cdot 5\cdot 10^{-5}$ до $\pm P_{макс}\cdot 10^{-2}$

Таблица 2 – Метрологические характеристики зарубежных и отечественных СТД-зондов

Фирма, страна	Электропроводность, мСм/см		Температура воды, °С		Давление	
	Диапазон	Погрешность	Диапазон	Погрешность	Диапазон, гПа	Погрешность, % от предела шкалы
ALEC Electronics, Япония	От 0 до 60	±0,02 (не более 0,02 ПЕС)	От –5 до 40	±0,02	От 0 до 1000	±0,3
Tsurumi-Seiki Co. Ltd, Япония	От 0 до 65	±0,01 (не более 0,01 ПЕС)	От –2 до 35	±0,01	От 0 до 1000	±0,25
Idronaut S.r.l., Италия	От 0 до 65	±0,003 (не более 0,003 ПЕС)	От –2 до 50	±0,003	От 0 до 1000	±0,05
General Oceanics, США	От 0 до 64	±0,003 (не более 0,003 ПЕС)	От –3 до 50	±0,003	От 0 до 7000	±0,05
Sea Bird Electronics, США	От 0 до 70	±0,003 (не более 0,003 ПЕС)	От –5 до 35	±0,001	От 0 до 1500	±0,015
Falmouth Scientific Inc., Великобритания	От 0 до 70	±0,002 (не более 0,002 ПЕС)	От –2 до 35	±0,002	От 0 до 2000	±0,02
OceanScience Group, Os, США	От 0 до 90	±0,05 (не более 0,05 ПЕС)	От –5 до 43	±0,004	От 0 до 2000	±0,2
Комплекс гидрологический ГРС-3 зондирующий, Россия	От 1 до 65	±0,005 (не более 0,005 ПЕС)	От –5 до 40	± 0,05	от 0 до 2500	± (0,5+0,002*P*)

поверке или в технической документации эталонов, не должна превышать 1/3 допуска измерительных каналов.

5.4 Допускается проводить поверку (калибровку) СТД-зондов с помощью эталонов более высокой точности, чем предусмотрено поверочными схемами.

Требования к метрологическим характеристикам СТД-зондов представлены в таблице 1. Соленость вычисляется в соответствии с требованиями ШПС-78.

Метрологические характеристики ряда современных отечественных и зарубежных СТД-зондов представлены в таблице 2.

6 Требования к эталонам и оборудованию для поверки канала измерения электрической проводимости (солености) СТД-зондов

Определение электрической проводимости (солености) морской воды должно производиться в соответствии с ШПС-78 по ГСССД 77.

При измерениях солености должна применяться практическая единица солености ПЕС.

Порядок передачи единицы электрической проводимости (солености) должен соответствовать поверочной схеме по ГОСТ 8.457.

В качестве эталона солености должны применяться стандартный раствор «нормальная» морская вода и рабочие эталоны 0-го и 1-го разрядов.

В качестве рабочего эталона 0-го разряда следует применять солемер «Autosal 8400B» (компаратор).

В качестве рабочего эталона 1-го разряда следует применять электросолемер ГМ 2007 (компаратор).

Описания и характеристики солемера «Autosal 8400B» и электросолемера ГМ 2007 приведены в приложении А. Описания стандартных растворов морской воды приведены в приложении Б.

Поверку СТД-зондов по каналу измерения солености следует проводить в диэлектрических жидкостных термостатах с погрешностью воспроизведения температуры от 0,001 до 0,05 °С в зависимости от погрешности измерения солености средств измерений. В качестве рабочей жидкости должны использоваться растворы морской воды различной концентрации.

7 Требования к эталонам и оборудованию для поверки и калибровки канала измерения температуры морской воды

7.1 Измерение температуры морской воды должно производиться в соответствии с Международной температурной шкалой МТШ-90. Значения температуры должны быть представлены в единицах температуры – градусах Цельсия (°С).

7.2 Передача размера единицы температуры должна производиться в соответствии с поверочной схемой по ГОСТ 8.558.

Поверка и калибровка должны производиться с помощью ампул реперных точек температуры, описание которых приведено в приложении В, и эталонных платиновых термометров сопротивления по ГОСТ 8.558.

7.3 В качестве первичного эталона температуры следует применять Государственный первичный эталон единицы температуры ГЭТ 34-2007 [2] и эталонный платиновый термометр сопротивления по ГОСТ 8.558.

7.4 В качестве рабочих эталонов в диапазоне измерений температуры морской воды СТД-зондами следует применять ампулы основных и дополнительных реперных точек по МТШ-90, эталонный платиновый термометр сопротивления по ГОСТ 8.558 и прецизионные термометрические мосты.

7.5 В качестве оборудования при проведении комплектной поверки канала температуры или, при необходимости, поэлементной поверки первичных преобразователей температуры следует применять жидкостные термостаты, воспроизводящие значения температуры в нужном диапазоне.

8 Требования к эталонам и оборудованию для поверки и калибровки канала гидростатического давления

8.1 Измерение гидростатического давления производится в десятичных кратных единицах давления – килопаскалях (кПа) и мегапаскалях (МПа).

Передача размера единицы давления должна производиться в соответствии с поверочной схемой по ГОСТ 8.017.

8.2 Поверка, калибровка и сертификация должны производиться с помощью рабочих эталонов и эталонов 1-го разряда в зависимости от диапазонов и погрешности измерения СТД-зондов.

8.3 В качестве рабочих эталонов и эталонов 1-го разряда должны применяться грузопоршневые манометры с диапазонами измерений от 0,1

до 6; от 2,5 до 25 и от 1,25 до 65 МПа, грузопоршневые манометры класса точности 0,01 и 0,02 с диапазонами измерений от 0,25 до 250 МПа, а также деформационные измерительные преобразователи и калибраторы давления. Описание ряда рабочих эталонов и эталонов 1-го разряда приведено в приложении Г.

Приложение А
(справочное)
Описание и характеристики солемеров

А.1 Солемер «Autosal 8400B»

В настоящее время в мировой океанографической практике при аттестации, калибровке и поверке стандартных образцов растворов морской воды, средств измерений в качестве эталонного средства применяется лабораторный солемер «Autosal 8400B» фирмы «Guildline Instruments Limited». Внешний вид солемера показан на рисунке А.1.

Соленость вычисляется в соответствии с формулами ШПС-78 по значениям относительной электропроводности, выводимым на табло солемера.

Технические характеристики солемера «Autosal 8400B» приведены в таблице А.1.



Рисунок А.1 – Внешний вид солемера «Autosal 8400B»

Таблица А.1 – Технические характеристики солемера «Autosal 8400B»

Характеристика	Значение
Диапазон измерений	
относительной электропроводности	От 0,0001 до 1,15
удельной электропроводности, мС/см	От 0,004 до 76
практической солености, ПЕС	От 2 до 42
Точность измерений	
относительной электропроводности, менее	± 0,0001
практической солености, ПЕС, менее	± 0,002
Кратковременная стабильность за 24 ч без перекалибровки, менее	± 0,00005
Максимальное разрешение	
относительной электропроводности, менее	± 0,00001
удельной электропроводности при температуре 15 °С и практической солености 35 ПЕС, мС/см, менее	0,0002
практической солености, ПЕС, менее	0,0002
Максимально необходимый объем пробы, мл	100
Объем водяной камеры (термостата), л	16,8
Рабочая температура, °С	От 16 до 37
Температура хранения, °С	От – 40 до 70
Габаритные размеры, мм	
высота	678
ширина	533
глубина	559
Масса, кг	
пустая водяная камера	50
наполненная	70

Диапазон линейной шкалы относительной электропроводности разбит на 22 поддиапазона от 0 до 2,2, где значение 2,0 соответствует электропроводности 1,0000.

Температура водяной камеры (термостата) выбирается в диапазоне от 18 до 33 °С через 3 °С с точностью поддержания ± 0,02 °С и стабильностью ±0,001 °С/сут. Выбираемая температура не должна отличаться от температуры окружающего воздуха более чем на 4 °С в большую сторону или 2 °С в меньшую сторону.

В солемере применяется проточная четырехэлектродная ячейка, помещенная в водяную камеру (термостат). Измеряемая проба морской воды

при прокачивании с помощью помпы через длинный капилляр (теплообменник) приобретает температуру водяного термостата. Измерительная ячейка легко чистится ершиком. Может извлекаться для чистки и устанавливаться без изменения калибровки.

А.2 Электросолемер ГМ-2007

Электросолемер ГМ-2007 по ЯИКТ.414311.001.ТУ разработан в ФГБУ «ААНИИ». В основу разработки положены технические решения, защищенные патентом на изобретение Российской Федерации № RU 2366937 под названием «Способ и устройство для измерения удельной электропроводности морской воды».

Электросолемер ГМ-2007 прошел испытания в целях утверждения типа средств измерений и включен в государственный реестр средств измерений за № 42444-09. Свидетельство об утверждении типа RU.C.31.001A № 37435.

Выпускается электросолемер ГМ-2007 предприятием ОАО «Сафоновский завод «Гидрометприбор».

Внешний вид электросолемера ГМ-2007 показан на рисунке А.2.

Электросолемер ГМ-2007 предназначен для измерений солености проб морской воды в лабораторных условиях. Соленость определяется

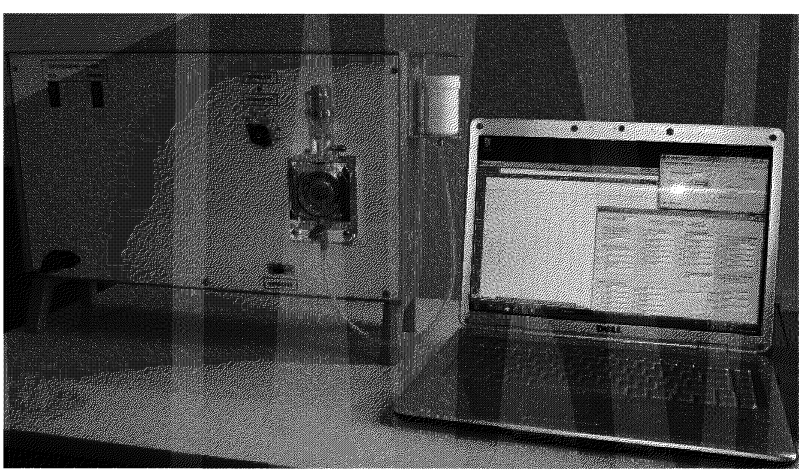


Рисунок А.2 – Электросолемер ГМ-2007

расчетным методом в автоматическом режиме с помощью ПК по значениям относительной электропроводности и температуры воды, измеренным в бесконтактной индуктивной ячейке наливного типа. Результаты измерений и вычислений регистрируются и сохраняются в ПК.

Область применения электросолемеров – производство гидрологических, экологических и рыбопоисковых исследований в морях и океанах.

Технические характеристики электросолемера ГМ-2007 приведены в таблице А.2.

Таблица А.2 – Технические характеристики электросолемера ГМ-2007

Характеристика	Значение
Диапазон измерений	
практической солености, ПЕС	От 0,020 до 42,000
относительной электропроводности	От $1 \cdot 10^{-5}$ до 1,50000
Предел допускаемой погрешности измерения солености, ПЕС	0,005
Разрешающая способность	
по солености, ПЕС	0,001
по относительной электропроводности	$0{,}4 \cdot 10^{-5}$
Рабочий диапазон температур, °С	От 16 до 30
Дискретность измерения температуры, °С	0,001
Стабильность градуировочной характеристики канала измерения температуры за интервал времени 30 сут, °С	0,003
Время выхода термостата на рабочий режим, мин	30
Потребляемая мощность, Вт	15
Скорость передачи данных в компьютер через последовательный COM-порт по интерфейсу RS232 (8 бит, 1 стоповый, без паритета), бит/с	9600
Питание от сети переменного тока	
напряжение, В	220
частота, Гц	50
Габаритные размеры, мм	450×230×160
Масса, кг	3

Программное обеспечение электросолемера ГМ-2007 поставляется вместе с прибором и предназначено для работы в операционной системе Windows XP, Windows Vista или Windows 7.

Сравнительные характеристики электросолемера ГМ-2007 и солемера «Autosal 8400B» представлены в таблице А.3.

Таблица А.3 – Сравнительные характеристики солемеров ГМ-2007 и «Autosal 8400B»

Характеристика	Электросолемер ГМ-2007	Солемер «Autosal 8400B»
Диапазон измерения солености, ПЕС	От 0,020 до 42,000	От 2,000 до 42,000
Погрешность измерения солености, ПЕС	±0,005	±0,002
Разрешающая способность по солености, ПЕС	0,001	0,0002
Диапазон измерения относительной электропроводности, относительные единицы	От $1 \cdot 10^{-5}$ до 1,50000	От $1 \cdot 10^{-4}$ до 1,15000
Разрешающая способность по относительной электропроводности	$0{,}4 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-5}$
Рабочий диапазон температур, °С	От 16 до 30	От 16 до 37
Погрешность измерения температуры, °С	±0,001	±0,02
Стабильность градуировочной характеристики канала измерения температуры, °С	±0,003 (за 30 сут)	±0,001 (за сутки)
Объем пробы, мл	30	30
Габариты, мм	450×230×160	678×533×559
Масса, кг	3	50 (без воды)

Приложение Б
(справочное)
Стандартные образцы растворов морской воды

В соответствии с ШПС-78 в качестве реперной точки принят стандартный раствор KCl, в котором массовая доля KCl составляет 32,4357 г KCl в 1 кг раствора. Методика приготовления этого раствора использовалась Дофине, Калкиным и Пуассоном при разработке ШПС-78. Однако эта реперная точка может быть использована только при температуре 15 °С, воспроизводимой с погрешностью ±0,001 °С, поскольку температурные коэффициенты раствора KCL и морской воды различаются на 6–7 %. В связи с этим в международной океанографической практике основным стандартным образцом является «нормальная» морская вода. «Нормальная» морская вода (до 1970-х годов «копенгагенская вода», затем IAPSO (International Association for the Physical Sciences of the Oceans)) приготовляется путем разбавления или выпаривания океанской воды и является международным стандартом – IAPSO standard seawater.

До 1982 года «нормальная» морская вода нормировалась по хлорности и применялась для калибровки титра. С 1984 года стандарты морской воды нормируются по относительной электропроводности морской воды. Соленость S «нормальной» морской воды, имеющей хлорность 19,374 ‰ была принята за 35,0000 ‰. Как уже отмечалось ранее, в ШПС-78 отказываются от соотношения хлорность – соленость в пользу соотношения соленость – относительная электропроводность. Все воды, имеющие одинаковую относительную электропроводность, имеют одинаковую практическую соленость, и им не присваивается какого-либо особого ионного состава. В настоящее время «IAPSO standard seawater» выпускается фирмой Ocean Scientific International ltd (OSIL), которая, помимо «нормальной» морской воды, выпускает и стандартные растворы морской воды другой концентрации. «IAPSO standard seawater» выпускается в следующей номенклатуре:

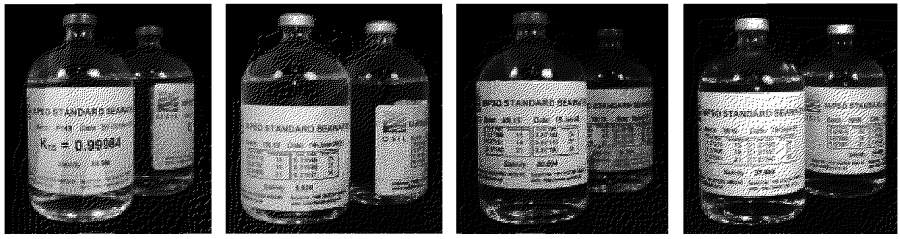
– P-Series («нормальная» морская вода (S = 35), нормирована значением K_{15} и соленостью, соответствующей значению K_{15});

– 30L-Series (стандартная морская вода (S = 30), нормирована значениями относительной электропроводности в диапазоне от 15 до 30 °С через каждые 3 °С и соленостью, соответствующей значению K_{15});

– 10L-Series (стандартная морская вода (S = 10), нормирована значениями относительной электропроводности в диапазоне от 15 до 30 °С через каждые 3 °С и соленостью, соответствующей значению K_{15});

– 38H Series (стандартная морская вода (S = 38), нормирована значениями относительной электропроводности в диапазоне от 15 до 30 °С через каждые 3 °С и соленостью, соответствующей значению K_{15}).

Выпускаемые стандартные растворы морской воды IAPSO образуют комплект Linearity Pack. Ампулы стандартных растворов IAPSO показаны на рисунке Б.1.



IAPSO Standard Seawater (P-Series) – Normal Standard Seawater, salinity 35	IAPSO Standard Seawater 10L – Low Salinity Seawater, salinity 10	IAPSO Standard Seawater 30L – Low Salinity Seawater, salinity 30	IAPSO Standard Seawater 38H – High Standard Seawater, salinity 38

Рисунок Б.1 – Ампулы стандартной морской воды IAPSO

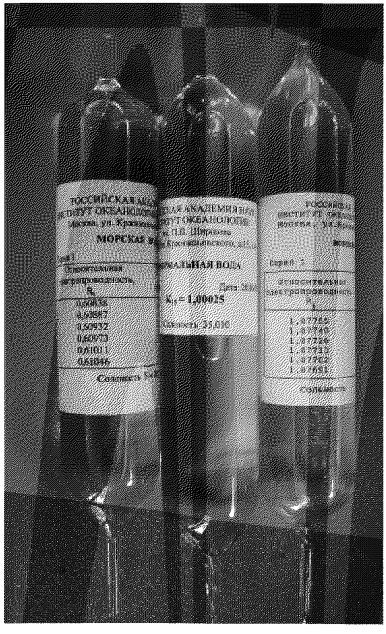


Рисунок Б.2 – Ампулы ГСО растворов морской воды (соленостью 20, 35 и 38)

Аналогичные стандартные растворы морской воды выпускались в запаянных ампулах в качестве ГСО Институтом океанологии РАН им. П.П. Ширшова:

– ГСО 5494-90 Нормальная морская вода;

– ГСО Р 0401-96 (С 1-10) Морская вода соленостью 10;

– ГСО Р 0402-96 (С 1-20) Морская вода соленостью 20;

– ГСО Р 0403-96 (С 1-30) Морская вода соленостью 30;

– ГСО Р 0404-96 (С 1-38) Морская вода соленостью 38.

Ампулы с этими растворами показаны на рисунке Б.2.

Однако срок действия сертификатов по состоянию на 2011 год истек. Возможно, все-таки выпуск этих ГСО будет возобновлен.

Приложение В
(справочное)
Реперные точки, эталоны и термостаты для поверки канала измерения температуры СТД-зондов

В.1 Основные и вторичные реперные точки

Основные и вторичные реперные точки МТШ-90 в диапазоне измерений температуры морской воды представлены в таблице В.1.

Таблица В.1 – Основные и вторичные реперные точки МТШ-90

	Реперная точка	K	°C	Неопределенность
Hg	Тройная точка	234,3156	–38,8344	–
H_2O	Тройная точка	273,16	0,01	–
Ga	Точка плавления	302,9146	29,7646	–
Ga/20,5 %In	Точка плавления эвтектики	–	15,650	0,001
Ga/8 %Sn	Точка плавления эвтектики	–	20,476	0,002

Внешний вид установок для воспроизведения температуры тройной точки воды и плавления галлия представлен на рисунках В.1 и В.2.

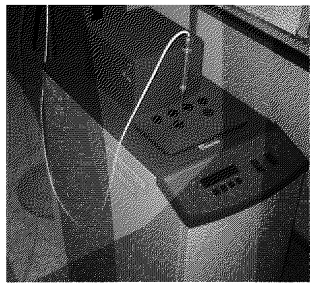


Рисунок В.1 – Установка для воспроизведения температуры тройной точки воды

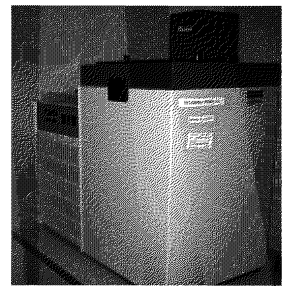


Рисунок В.2 – Установка для воспроизведения температуры плавления галлия

В.2 Тройная точка воды (273,16 K)

Тройная точка воды (TPW) является не только наиболее точным и фундаментальным эталоном температуры, но также и одним из наиболее доступных и простых в использовании эталонов.

Ампулы тройной точки воды отвечают четырем критическим требованиям.

Во-первых, они позволяют определять наиболее надежным способом дрейф показаний термометра между калибровками, включая дрейф непосредственно после калибровки, если термометр перевозили. Промежуточные проверки также необходимы для подтверждения точности показаний термометра в период между калибровками.

Во-вторых, они позволяют определять важнейшие точки калибровки с непревзойденной точностью.

В-третьих, при калибровке температурных сенсоров на основе известных соотношений (например, сопротивления термометра в различных точках МТШ-90 к сопротивлению термометра при температуре тройной точки воды, обозначаемой W) промежуточные проверки позволяют быстро и легко обновлять характеристики эталонных термометров, что может использоваться для увеличения интервалов калибровки.

И наконец, тройная точка воды – это точка, совмещающая практическую температурную (МТШ-90) и термодинамическую шкалы, так как тройная точка воды имеет значение 273,16 К (0,01 °С) по МТШ-90, а единица температуры кельвин определяется как 1/273,16 термодинамической температуры тройной точки воды.

Тройная точка воды – самая простая в реализации реперная точка. Для ее хранения и воспроизведения может использоваться термостат или сосуд Дьюара, наполненный смесью дробленого льда и воды. Разработаны также специальные термостаты для хранения сосудов тройной точки воды и поддержания их в рабочем состоянии длительное время.

Особенности реализации с наивысшей точностью заключается в следующем. Начинать измерения рекомендуется через сутки после приготовления ледяной мантии. Необходимо устранить попадание света от внешних источников на сосуд и термометр (во избежании подвода тепла излучением). Для этого рекомендуется закрыть термометр плотной тканью. Глубина погружения зависит от типа термометра. Для эталонных платиновых термометров диаметром 5–7 мм она составляет не менее 15 см.

Приготовление ледяной мантии может осуществляться несколькими способами. Наиболее распространенный и быстрый способ – с использованием жидкого азота и металлических стержней. Стержень погружается в жидкий азот, затем в канал тройной точки воды, заполненный чистым спиртом. Процедура повторяется, пока на стенках канала не образуется ледяная мантия толщиной не менее 1 см. Другой способ – заполнение канала мелкодробленым сухим льдом.

Ледяная мантия может также формироваться путем переохлаждения воды. Сосуд тройной точки погружается в смесь льда и поваренной соли, температура которой составляет около минус 10 °С. Через 20 мин сосуд извлекается из смеси и встряхивается. При этом можно наблюдать впечатляющую картину быстрого образования ячеистого льда по всему объему воды, который впоследствии формирует нормальную ледяную мантию вокруг канала. Этот способ сейчас реализуется в некоторых специальных термостатах для реализации реперных точек. Перед началом измерений в точке необходимо убедиться, что ледяная мантия может свободно вращаться вокруг канала. Если этого не происходит, то рекомендуется на несколько секунд ввести в канал алюминиевый или стеклянный стержень, имеющий комнатную температуру, затем повторно проверить вращение мантии. Канал, как правило, заполняется чистой водой. Если образуется большой зазор между стенками канала и термометром, то рекомендуется использовать заполняющие металлические втулки.

В качестве примера высококачественной реперной точки можно привести ампулы тройной точки «Fluke 5901» воды концерна Fluke. Ампулы тройной точки воды «Fluke 5901» содержат только чистую воду и чистый водяной пар (в них практически нет остаточного воздуха). Когда часть воды замерзает корректно и вода сосуществует в трех различных фазах, достигается «тройная точка воды». Ампулы тройной точки воды «Fluke 5901» достигают данной температуры с погрешностью менее 0,0001 °С и воспроизводимостью до 0,00002 °С. Эти ампулы тройной точки воды сделаны только из стекла и воды, однако для их изготовления может использоваться только полностью дистиллированная, прошедшая многоступенчатую очистку океанская вода. Воздух из ампул тщательно откачан, они надежно герметизированы для поддержания изотопного состава, соответствующего международному стандарту «Венский стандарт океанской воды», или VSMOW.

Атомы кислорода, содержащиеся в большинстве вод, в основном содержат восемь протонов и восемь нейтронов (^{16}O). Однако некоторые атомы кислорода содержат дополнительный нейтрон (^{17}O) или два (^{18}O). Аналогично атомы водорода в воде содержат единственный протон (^{1}H), однако в некоторых случаях могут содержать также и второй нейтрон (^{2}H), что приводит к возникновению так называемой «тяжелой» воды. Данные изотопы сосуществуют в разных пропорциях в океанских, полярных и континентальных водах, причем океанские воды являются самыми «тяжелыми».

Согласно МТШ-90, рекомендуется, чтобы ампулы тройной точки воды были произведены с использованием воды, «обладающей в основном изо-

топным составом океанской воды». Исследования показали, что погрешности ампул тройной точки воды, связанные с изотопным составом используемой воды, могут достигать 0,00025 °С. В случае используемой в ампулах «Fluke 5901» воды VSMOW такие погрешности составляют менее ±0,0000007 °С, т.е. семь микрокельвинов!

Потенциальные ошибки вследствие наличия примесей в воде больше, чем ошибки, зависящие от ее изотопного состава. Ампулы «Fluke 5901» подвергаются многоступенчатым процессам дистилляции, также в их производстве используются специальные технологии для поддержания чистоты воды. Более того, наши научные специалисты по первичным эталонам способны подсоединить кварцевые ампулы непосредственно к стеклянной дистилляционной системе без использования таких соединительных элементов, которые могут стать причиной возникновения загрязнений.

Большинство ампул тройной точки воды «Fluke 5901» можно приобрести в корпусе из боросиликатного стекла или же в корпусе из плавленого кварца. Стекло дешевле, чем кварц, однако является более пористым материалом, что позволяет примесям со временем проникать внутрь. Исследования показывают, что дрейф стеклянных ампул в основном составляет 0,000006 °С в год.

Ампулы тройной точки воды «Fluke 5901» имеют четыре основных размера. Модели 5901A, 5901C, 5901D производятся как в кварцевых, так и в стеклянных корпусах; глубина погружения термометра в них составляет 265 мм.

Основное различие (помимо рукоятки на модели 5901A) между данными моделями состоит во внутреннем диаметре колодца. Также имеются разнообразные ванны, которые могут поддерживать состояние тройной точки воды в ампулах в течение многих недель. Аккредитованные сертификаты (NVLAP) испытаний можно получить для любой ампулы по методике 1904-TPW концерна Fluke.

Ампулы 5901A также имеют рукоятку, которую можно использовать для переноски, крюкообразный отсек, или прибор Мак-Леода, необходимый для определения количества остаточного воздуха, заключенного в ампуле. Тщательно разработанный процесс производства концерна Fluke позволяет сохранять размер пузырьков воздуха в кварцевых ампулах таким же небольшим, как и в стеклянных ампулах.

Ампула четвертой модели (5901B) выпускается в стеклянном корпусе и размеры ее значительно меньше размеров остальных ампул. Она разработана для использования с термостатом модели 9210, который позволяет

длительное время поддерживать состояние тройной точки воды. Совместное использование 9210 и 5901В идеально как для калибруемых термометров, так и для обеспечения периодических проверок дрейфа сенсоров.

Общий вид ампул 5901, термостата поддержания тройной точки воды 7312 и термометров сопротивления показан на рисунке В.3.

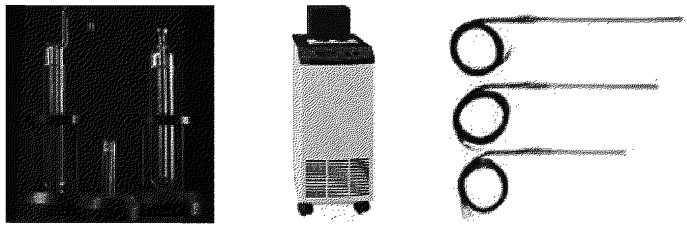


Рисунок В.3 – Ампулы 5901, термостат поддержания тройной точки воды 7312 и термометры сопротивления

В.3 Реперная точка плавления галлия (29,7646 °С)

Точка плавления галлия является одной из самых стабильных и хорошо воспроизводимых температурных точек МТШ-90. Воспроизводимость температуры плавления галлия в хороших термостатах достигает ±0,2 мК и лучше. Иногда в научных публикациях появляются предложения использовать эту точку вместо тройной точки воды для расчета относительного сопротивления эталонных платиновых термометров сопротивления.

Температура плавления галлия может быть реализована в жидкостных или твердотельных термостатах с равномерным температурным полем.

Таблица В.2 – Технические характеристики ампулы реперной точки плавления галлия

Тип оболочки ампулы	Фторопласт, алюминиевая арматура
Приписанное значение температуры, °С	29,764
Внешний диаметр ампулы, мм	34,8
Диаметр колодца ампулы, мм	6
Общая высота ампулы, мм	180
Глубина погружения в металл, мм	110
Воспроизводимость температуры реперной точки, мК	10

Примечание – Глубина погружения в металл измеряется от дна колодца ампулы до верхней поверхности чистого металла.

Температура термостата устанавливается на 1,5–2 °С выше температуры реперной точки. В момент когда контрольный термометр в канале фиксирует начало плавления, в канал вводится стержень, нагретый примерно до 40 °С, или специальный тонкий нагреватель мощностью примерно 10 Вт, которые выдерживаются в канале около 20 мин. Это позволяет создать тонкий расплавленный слой металла вокруг канала и получить более плоскую площадку плавления. Технические характеристики ампулы реперной точки плавления галлия приведены в таблице В.2.

В.4 Эталоны для поверки канала измерения температуры

В.4.1 Прецизионный термометрический мост модели 1594 производится подразделением Hart Scientific компании Fluke. Мост «Fluke 1594» обладает повышенными показателями точности по сравнению с традиционными сложными и дорогостоящими мостами и является отличным решением для использования в качестве эталона в поверочных лабораториях, где ценят качество и точность, а также сочетание приемлемой цены и высокой производительности. Внешний вид прецизионного термометрического моста «Fluke 1594» показан на рисунке В.4.

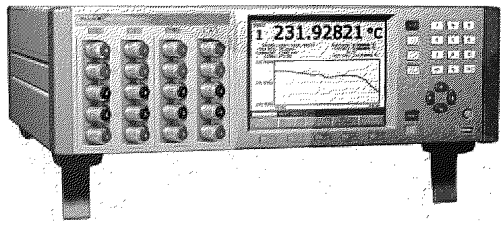


Рисунок В.4 – Внешний вид прецизионного термометрического моста «Fluke 1594»

Основные характеристики термометрического моста «Fluke 1594»:
– точность ±0,0002 °С;
– минимально возможное измерение шума 0,00002 °С;
– четыре выхода на передней панели для датчиков и эталонов;
– два внешних выхода для эталонов на задней панели;
– скорость взятия отсчетов 1 с;
– диапазон измерения сопротивления от 0 до 500 кОм;
– встроенные термостатированные эталонные резисторы;
– повышенные показатели точности.

Супертермометры «Fluke» стали первой моделью полупроводникового термометра с точностью измерения до милликельвина, которая достигает-

ся посредством устранения или минимизации ошибок, вызванных такими источниками, как сопротивление нагрузки, термоэлектрическая электродвижущая сила, самонагрев, реактивное сопротивление, рассеяние, электрический шум, дрейф и нелинейность в токе измерения. В результате использования технологий, впервые примененных при создании супертермометров, а также новой измерительной структуры и последних ультрасовременных компонентов термометрический мост «Fluke 1594» превосходит оригинальные супертермометры по параметрам точности, разрешению, параметрам линейности и стабильности.

Мост «Fluke 1594» воспринимает сопротивление от 0,25 Ом до 500 кОм, позволяя применять наиболее распространенные типы датчиков, используемых в термометрии, включая термометры SPRT, HTSPRT, PRT и термисторы. Переход от значений сопротивления к температурным показаниям включает следующее: МТШ 90, вольтамперная характеристика, полином 7-го порядка, термистор R(T) и термистор T(R).

Коэффициент сопротивления характеризует способность приборов точно измерять соотношение двух сопротивлений: R_x/R_s. В основном эта способность определяется линейностью измерительного контура. При использовании эталонного резистора 25 Ом или 500 кОм погрешность измерений прецизионного термометрического моста «Fluke 1594» составляет не более 0,0002 °С при коэффициентах от 0,25 до 4,0.

Прецизионный термометрический мост «Fluke 1594» имеет непревзойденную для моста сопротивления скорость 1 с на измерение. При измерении фиксированных температур, требующем наиболее высокой точности и наиболее низкого уровня шума, можно полностью контролировать изменение скорости измерений, требующейся в данный момент.

Шум температурных измерений характеризует эффект электрического шума и других случайных ошибок в среднем в серии отдельных температурных измерений. Особое внимание при разработке прецизионного термометрического моста было уделено сокращению помех при измерении до наиболее низкого возможного уровня. При типичном применении в температурной калибровке мост «Fluke 1594» имеет значение погрешности за счет помех при измерении не более 0,00002 °С.

Точность измерительного контура имеет значение при оценке погрешности измерений за счет самонагрева термометра. Точность источника тока в модели «Fluke 1594» составляет 0,2 % при измерении термометром PRT с с опротивлением 25 или 100 Ом.

В.4.2 Прецизионный измеритель МИТ 8 может использоваться в качестве эталонного цифрового термометра (1-го разряда) как в комплекте с эталонным термопреобразователем сопротивления, так и в комплекте с эталонным термоэлектрическим преобразователем.

Поверка первичных термопреобразователей (ТС и ТП) производится методом непосредственного сличения с эталонным термометром. При этом один канал МИТ 8 служит прецизионным цифровым термометром, а другие – измерителями сигналов поверяемых первичных термопреобразователей. Результаты поверки могут отображаться как в омах и милливольтах, так и в градусах Цельсия. Метрологические характеристики МИТ 8 позволяют проводить поверку эталонных ТС и ТП, а также комплектов разностных термометров, применяемых в теплосчетчиках.

Измеритель температуры МИТ 8 используется в качестве прецизионного цифрового термометра при поверке жидкостных, манометрических, дилатометрических, цифровых термометров, термопреобразователей с унифицированным токовым выходом. Метрологические характеристики МИТ 8 позволяют проводить поверку равноделенных жидкостных стеклянных термометров.

Измеритель температуры МИТ 8 используется в качестве прецизионного омметра и милливольтметра при поверке эталонных ТС и ТП в реперных точках.

При поверке (аттестации) термостатов (ТПП-1, Т-2 и других) и калибраторов температуры (КТ-1, КТ-2, КТ-3 и других) МИТ 8 используется в качестве двухканального эталонного цифрового термометра.

При аттестации температурных полей испытательного оборудования (климатических камер, сушильных шкафов, печей, автоклавов) измеритель температуры МИТ 8 используется в качестве прецизионного многоканального термометра.

Комплект поставки:

– многоканальный прецизионный измеритель температуры МИТ 8 – 1 шт.;

– компакт-диск с программным обеспечением и руководством по эксплуатации – 1 шт;

– паспорт – 1 экземпляр;

– кабель связи прибора с ПК через интерфейс RS-232C и/или USB – 1 шт.;

– сетевой шнур – 1 шт.;

– разъем для подключения первичных преобразователей температуры (MiniDin 6) – 8 (16) шт.

Технические характеристики измерителя температуры МИТ 8 приведены в таблице В.3.

Таблица В.3 – Технические характеристики измерителя температуры МИТ 8

Характеристика	Значение
Дополнительная погрешность, %/°С	$2 \cdot 10^{-4}$
Время измерения одного канала, с	От 2 до 14
Число каналов измерений	8 или 16
Число калибровочных характеристик	8 или 16
Время записи во внутреннюю память, ч	От 1 до 14
Нормальные условия эксплуатации	
напряжение питающей сети, В	220±5
частота питающей сети, Гц	50±1
температура окружающей среды, °С	От 15 до 25
относительная влажность, %	От 10 до 80
атмосферное давление, кПа	От 96 до 104
Рабочие условия эксплуатации	
напряжение питающей сети, В	220±22
частота питающей сети, Гц	50±1
температура окружающей среды, °С	От +10 до +40
относительная влажность, %	От 10 до 80
атмосферное давление, кПа	От 96 до 104
Связь с компьютером	Гальванически развязанный RS232C (9600 бод) и гальванически развязанный USB

В.5 Жидкостные термостаты

В.5.1 Циркуляционный низкотемпературный термостат KRIO-VT-03 может использоваться для поверки канала измерения температуры СТД-зондов.

Технические характеристики криотермостата KRIO-VT-03 приведены в таблице В.4.

Таблица В.4 – Технические характеристики криотермостата KRIO-VT-03

Характеристика	Значение
Диапазон регулируемых температур, °С	От –30 до 100
Время выхода термостата от 20 до –30 °С, ч, не более	1,5
Нестабильность поддержания температуры, °С, не более	±0,01

Окончание таблицы В.4

Характеристика	Значение
Градиент температуры на 100 мм высоты, °С, не более	±0,01
Необходимый объем теплоносителя, л	16
Теплоноситель	Этиловый спирт, изопропиловый спирт, ТОСОЛ
Габаритные размеры, мм	650×380×570
Масса термостата без теплоносителя, кг	45
Производительность насоса, л/мин	14

Циркуляционный низкотемпературный термостат KRIO-VT-03 показан на рисунке В.5.

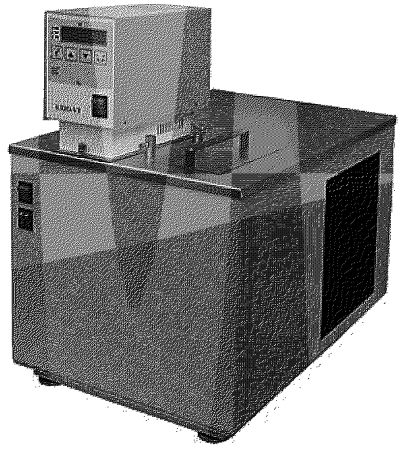


Рисунок В.5 – Циркуляционный низкотемпературный термостат KRIO-VT-03

В.5.2 Низкотемпературный жидкостный термостат KRIOVIST-02 (Россия) предназначен для проведения измерений вязкости с помощью стеклянных вискозиметров, но может применяться для поверки СИ температуры. Термостат KRIOVIST 02 имеет одноконтурную холодильную установку и прозрачное смотровое окно, выполненное с использованием однокамерного стеклопакета. Применение стеклопакета исключает обмерзание или запотевание окна. Технические характеристики термостата KRIOVIST-02 приведены в таблице В.5.

Таблица В.5 – Технические характеристики термостата KRIOVIST-02

Характеристика	Значение
Диапазон регулирования температуры , °С	От –20 до 50
Время охлаждения термостата от 20 до –20 °С, ч, не более	1,5
Нестабильность поддержания температуры, °С	±0,01 (t > 15 °С) ±0,03 (t < 15 °С)
Неоднородность температурного поля, °С	±0,01 (t > 15 °С) ±0,03 (t < 15 °С)
Необходимый объем теплоносителя при 20 °С, л	12
Теплоноситель	ТОСОЛ
Габаритные размеры, мм	385×700×590
Размеры внутренней рабочей зоны, мм	165×85×300
Размеры смотрового окна, мм	130×270
Количество тестовых мест для вискозиметров	2
Масса термостата без теплоносителя, кг	54
Потребляемая мощность, не более, кВт	3,5

Внешний вид низкотемпературного термостата KRIOVIST 02 показан на рисунке В.6.

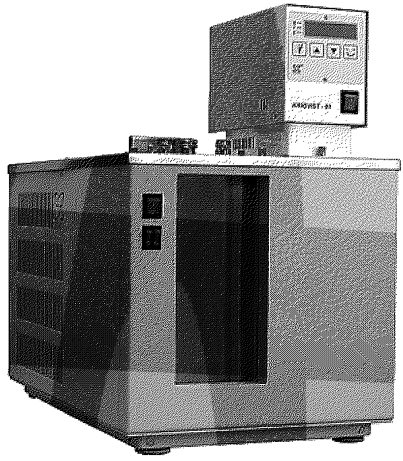


Рисунок В.6 – Низкотемпературный термостат KRIOVIST 02

В.5.3 Жидкостные термостаты Huber (серия K) – единственные на российском рынке зарубежные термостаты с русифицированным меню.

Жидкостные термостаты серии K – относятся к наиболее востребованным лабораторным циркуляционным жидкостным термостатам. Популярность объясняется тем, что термостат работает не только на нагрев, но и на охлаждение системы. Жидкостные циркуляционные термостаты серии K представляют собой объединение в одном корпусе погружного циркуляционного термостата с блоком управления CC-E или MPC-E и открытой ванны с крышкой.

Модели, оснащенные контроллером CC-Pilot, имеют двухступенчатый насос VPC, который позволяет защитить хрупкое стеклянное оборудование (например, стеклянные химические реакторы) от повреждений при работе с внешними контурами.

Термостаты с блоком управления MPC имеют те же характеристики, что и термостаты с контроллером CC, различаются только параметры насоса: максимальное давление 20 л/мин (0,2 бар), максимальное всасывание 17 л/мин (0,18 бар). Использование нового «облегченного» блока управления MPC позволило снизить стоимость водяной бани.

Рабочий температурный диапазон – от минус 30 до 200 °C.

Удобство жидкостных термостатов этой серии заключается в том, что они без дополнительных принадлежностей могут использоваться не только для прямого термостатирования, но и для работы с внешними закрытыми системами.

Термостаты серии K применяются для нагрева и охлаждения образцов в химических, фармацевтических, микробиологических лабораториях, а также при работе с маленькими химическими реакторами, автоклавами, вискозиметрами, рефрактометрами и т.д.

Особенности термостатов Huber (серия K):

– новый русифицированный блок управления CC-Pilot;

– графический цифровой дисплей с простым обслуживанием;

– система контроля энергопотребления и выброса тепла в окружающую среду;

– двухступенчатый насос для работы с внешними системами;

– самодиагностика при включении;

– возможность дистанционного управления;

– система контроля энергопотребления и выброса тепла в окружающую среду;

– возможность подключения к ПК.

Технические характеристики термостатов Huber (серия K) приведены в таблице В.6.

Таблица В.6 – Технические характеристики жидкостных термостатов Huber (серия K)

Модель термостата	Диапазон температуры, °С	Мощность нагрева, кВт	Насос			Мощность охлаждения (кВт) при разной температуре		
			Объем ванны, л	Максимальное давление, л/мин (бар)	Максимальное всасывание, л/мин (бар)	0 °С	–10 °С	–20 °С
K6-cc	От –25 до 200	2	4,5	27 (0,7)	25 (0,4)	0,15	0,1	0,05
K12-cc	От –20 до 200	2	12	27 (0,7)	25 (0,4)	0,18	0,1	–
K15-cc	От –20 до 200	2	15	27 (0,7)	25 (0,4)	0,2	0,12	–
K20-cc	От –30 до 200	2	20	27 (0,7)	25 (0,4)	0,35	0,3	0,21
K25-cc	От –30 до 200	2	25	27 (0,7)	25 (0,4)	0,35	0,3	0,21
K6-mpc	От –25 до 200	2	4,5	20 (0,2)	17 (0,18)	0,15	0,1	0,05
K12-mpc	От –20 до 200	2	12	20 (0,2)	17 (0,18)	0,18	0,1	–
K15-mpc	От –20 до 200	2	15	20 (0,2)	17 (0,18)	0,2	0,12	–
K20-mpc	От –30 до 200	2	20	20 (0,2)	17 (0,18)	0,35	0,3	0,21
K25-mpc	От –30 до 200	2	25	20 (0,2)	17 (0,18)	0,35	0,3	0,21

Внешний вид жидкостного термостата Huber (серия K) показан на рисунке В.7.



Рисунок В.7 – Жидкостной термостат Huber (серия K)

В.5.4 Термостат LOIP LT-910 предназначен для поддержания температуры стеклянных вискозиметров при определении кинематической вязкости различных образцов, но может применяться для поверки средств измерения температуры.

Микропроцессорный контроллер осуществляет управление нагревательным элементом и диагностику неисправностей; отображает заданную и текущую температуры, а также служебные параметры терморегулирования; обеспечивает автоматическое отключение прибора при снижении уровня рабочей жидкости ниже допустимого.

Ванна из нержавеющей стали имеет стеклянные окна для наблюдения за испытанием. Для слива рабочей жидкости на корпусе ванны предусмотрен кран. Вискозиметры крепятся на крышке термостата с помощью специальных держателей.

Особенности конструкции термостата LOIP LT-910:

– интеллектуальная система управления LOIP ATC адаптирует параметры PID контроллера под тип рабочей жидкости и устраняет влияние нестабильности напряжения в сети питания и температуры воздуха на работу устройства;

– эффективная система перемешивания обеспечивает безградиентное термостатирование по всему объему ванны;

– система самодиагностики с индикацией причин неисправностей на дисплее;

– простая коррекция показаний внутреннего термодатчика с возможностью калибровки по двум точкам;

– для работы при температуре ниже комнатной имеется встроенный охлаждающий змеевик, который может быть подсоединен к водопроводу или к внешнему криостату.

Технические характеристики термостата LOIP LT-910 приведены в таблице В.6.

Таблица В.6 – Технические характеристики термостата LOIP LT-910

Характеристика	Значение
Диапазон температур	
без внешнего охлаждения, °С	От ($T_{окр.ср}$+10) до 150
с охлаждением водопроводной водой, °С	От ($T_{воды}$+5) до 150
с охлаждением криостатом, °С	От 0 до 150
Погрешность установления заданной температуры, °С	±0,02
Погрешность поддержания температуры, °С	±0,01
Потребляемая мощность, Вт	1500
Габаритные размеры, мм	380×235×560
Рабочая глубина, мм	300
Объем рабочей жидкости, л	14
Масса прибора без жидкости, кг	18
Рекомендуемая рабочая жидкость	
до 80 °С	Дистиллированная вода
выше 80 °С	Водно-глицериновая смесь, силиконовое масло

Внешний вид термостата LOIP LT-910 приведен на рисунке В.8.

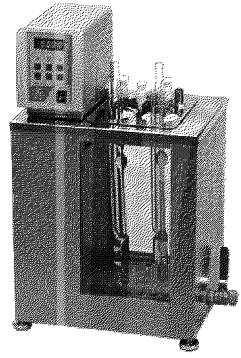


Рисунок В.8 – Термостат LOIP LT-910

Приложение Г
(справочное)
Эталоны для поверки и градуировки канала гидростатического давления СТД-зондов

Г.1 Грузопоршневые манометры Шаткинского завода

Г.1.1 Грузопоршневые манометры Шаткинского завода перечислены в таблице Г.1.

Таблица Г.1 Грузопоршневые манометры Шаткинского завода

Тип	Класс точности	Тип	Класс точности
МП-2,5	0,01; 0,05; 0,02	МП-250	0,05; 0,01; 0,02
МП-6	0,01; 0,02; 0,05; 0,005	МП-2500	0,05; 0,01; 0,02
МП-60	0,005; 0,01; 0,02	МПАК-15	0,01
МП-60	0,05; 0,02; 0,05	МПК-0,4	0,2
МП-600	0,005; 0,01; 0,02; 0,05	Мановакуумметр МВП-2,5	–

Г.1.2 РЭ единицы давления МП-60 класса точности 0,005 представляет собой грузопоршневой манометр избыточного давления и предназначен для передачи единицы давления от эталона-копии к ОСИ 1-го разряда согласно государственной поверочной схеме в соответствии с ГОСТ 8.017. Область применения РЭ – поверка ОСИ 1-го разряда в метрологических центрах.

Технические характеристики грузопоршневого манометра МП-60 приведены в таблице Г.2.

Таблица Г.2 – Технические характеристики грузопоршневого манометра МП-60

Характеристика	Значение
Диапазон измерений избыточного давления, МПа	От 0,1 до 6
Среднее квадратическое отклонение результатов измерений при сличении РЭ с эталоном – копией, МПа, не более	$1{,}2 \cdot 10^{-5}$
Нестабильность РЭ за один год, МПа, не более	$1 \cdot 10^{-5}$
Погрешность определения действительного значения массы каждого груза и массы подвижной части измерительной поршневой системы, МПа, не более	$1 \cdot 10^{-5}$
Пределы допускаемой основной погрешности, %, не более	
от 0,6 МПа в диапазоне измерений от 0,1 до 0,6 МПа	±0,005
от значения измеряемого давления в диапазоне измерений от 0,6 до 6 МПа	±0,005

Окончание таблицы Г.2

Характеристика	Значение
Номинальное значение площади поршня, см^2	1
Номинальное значение массы поршня с грузоприемным устройством, кг	1
Питание от сети переменного тока	
напряжение, В	(220±22)
частота, Гц	(50±0,4)
Габаритные размеры, мм, не более	620×470×650
Масса, кг	
с комплектом грузов, подогнанных под номинальное значение массы, не более	162
с комплектами грузов, подогнанными под номинальное значение массы и давления, не более	221

Г.1.3 Манометр избыточного давления грузопоршневой МП-60 класса точности 0,01 (в дальнейшем по тексту – манометр) предназначен для поверки образцовых грузопоршневых манометров 2-го разряда; образцовых деформационных манометров 3-го разряда класса точности 0,15; образцовых деформационных измерительных преобразователей давления 2-го и 3-го разрядов классов точности 0,1 и 0,15 непосредственным сличением.

Технические характеристики манометра соответствуют ТУ4212 014 55862958 05.

Внешний вид манометра МП-60 показан на рисунке Г.1.

На рисунке Г.2 показана измерительная колонка МП-60.

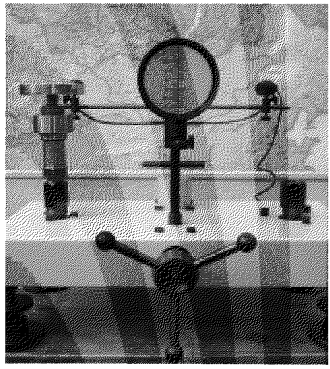


Рисунок Г.1 – Манометр грузопоршневой МП-60

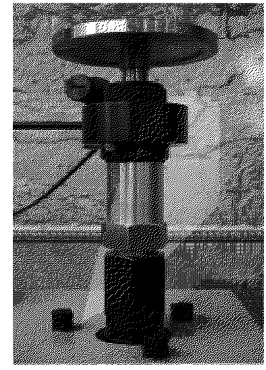


Рисунок Г.2 – Измерительная колонка МП-60

Г.1.4 РЭ давления МП-6 класса точности 0,005 представляет собой грузопоршневой манометр избыточного давления МП-6 и предназначен для передачи единицы давления от эталона-копии ОСИ 1-го разряда в соответствии с ГОСТ 8.017.

Область применения РЭ – поверка ОСИ 1-го разряда в метрологических центрах и лабораториях КИП промышленных предприятий, выпускающих ОСИ.

В соответствии с ГОСТ 15150 РЭ относится к климатическому исполнению 0, категория размещения 4.2.

Технические характеристики грузопоршневого манометра МП-6 класса точности 0,005 приведены в таблице Г.3.

Таблица Г.3 – Технические характеристики грузопоршневого манометра МП-6 класса точности 0,005

Характеристика	Значение
Диапазон измерений избыточного давления, МПа	От 0,04 до 0,6
Среднее квадратическое отклонение результатов измерений при сличении РЭ с эталоном – копией, МПа, не более	$1{,}2 \cdot 10^{-5}$
Нестабильность РЭ за год, МПа, не более	$1 \cdot 10^{-5}$
Погрешность определения действительного значения массы каждого груза и массы подвижной части измерительной поршневой системы, МПа, не более	$1 \cdot 10^{-5}$
Пределы допускаемой основной погрешности, %, не более	
от 0,06 МПа в диапазоне измерений от 0,04 до 0,06 МПа	±0,005
от значения измеряемого давления в диапазоне измерений от 0,06 до 0,6 МПа	±0,005
Номинальное значение площади поршня, $см^2$	1
Номинальное значение массы поршня с грузоприемным устройством, кг	0,4
Питание от сети переменного тока	
напряжение, В	(220±22)
частота, Гц	(50±0,4)
Габаритные размеры, мм, не более	440×390×425
Масса, кг	
с комплектом грузов, подогнанных под номинальное значение массы, не более	56
с комплектами грузов, подогнанными под номинальное значение массы и давления, не более	62

Внешний вид рабочего эталона давления МП-6 класса точности 0,005 показан на рисунке Г.3, а поршневая измерительная система рабочего эталона давления МП 6 – на рисунке Г.4.

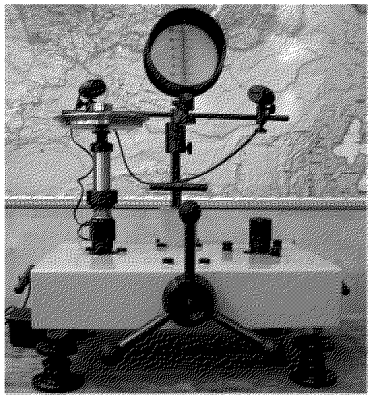


Рисунок Г.3 – Рабочий эталон давления МП-6 класса точности 0,005

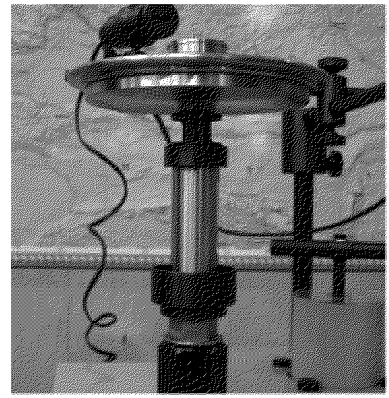


Рисунок Г.4 – Поршневая измерительная система рабочего эталона давления МП-6 класса точности 0,005

Г.1.5 Манометр грузопоршневой МП-6 класса точности 0,02.

Технические характеристики грузопоршневого манометра МП-6 класса точности 0,02 приведены в таблице Г.4.

Таблица Г.4 – Технические характеристики грузопоршневого манометра МП-6 класса точности 0,02

Характеристика	Значение
Диапазон измерений избыточного давления, МПа	От 0,04 до 0,6
Пределы допускаемой основной погрешности, %	
от 0,1 верхнего предела измерений при давлении до 10 % от верхнего предела измерений	±0,02
от действительного значения измеряемого давления при давлении от 10 до 100 % от верхнего предела измерений	±0,02
Номинальное значение площади поршня, $см^2$	1
Давление, создаваемое поршнем с грузоприемным устройством, МПа	0,04
Питание от сети переменного тока	
напряжение, В	(220±22)
частота, Гц	(50±0,4)
Габаритные размеры, мм, не более	450×330×320
Масса, кг	
без грузов, не более	30
с грузами, не более	48

Общий вид манометра грузопоршневого МП-6 класса точности 0,02 приведен на рисунке Г.5, а колонка измерительная к МП-6 – на рисунке Г.6.

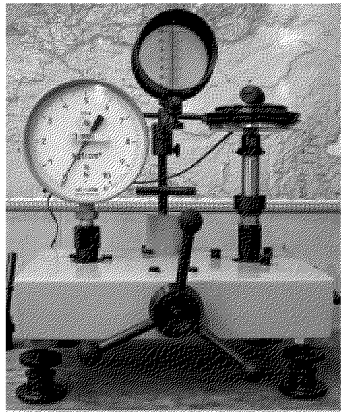


Рисунок Г.5 – Манометр грузопоршневой МП-6 класса точности 0,02

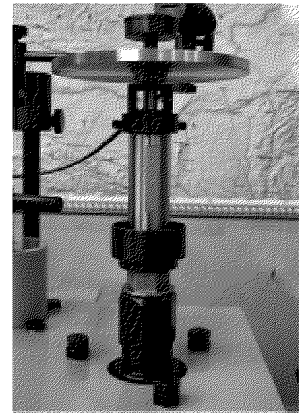


Рисунок Г.6 – Колонка измерительная к МП-6

Г.1.6 РЭ единицы давления МП-600 класса точности 0,005 представляет собой грузопоршневой манометр избыточного давления, предназначенный для передачи единицы давления от эталона-копии к ОСИ 1-го разряда согласно государственной поверочной схеме в соответствии с ГОСТ 8.017.

Область применения РЭ – поверка ОСИ 1-го разряда в метрологических центрах, лабораториях КИП промышленных предприятий, выпускающих ОСИ избыточного давления.

Технические характеристики грузопоршневого манометра МП-600 класса точности 0,005 приведены в таблице Г.5.

Таблица Г.5 – Технические характеристики грузопоршневого манометра МП 600 класса точности 0,005

Характеристика	Значение
Диапазон измерений избыточного давления, МПа	От 1 до 60
Среднее квадратическое отклонение результатов измерений при сличении РЭ с эталоном-копией, МПа, не более	$1{,}2 \cdot 10^{-5}$
Нестабильность РЭ за год, МПа, не более	$1 \cdot 10^{-5}$
Погрешность определения действительного значения массы каждого груза и массы подвижной части измерительной поршневой системы, МПа, не более	$1 \cdot 10^{-5}$

Окончание таблицы Г.5

Характеристика	Значение
Пределы допускаемой основной погрешности, %, не более	
от 6 МПа в диапазоне измерений от 1 до 6 МПа	±0,005
от значения измеряемого давления в диапазоне измерений от 6 до 60 МПа	±0,005
Номинальное значение площади поршня, $см^2$	0,2
Номинальное значение массы поршня с грузоприемным устройством, кг	2
Питание от сети переменного тока	
напряжение, В	(220±22)
частота, Гц	(50±0,4)
Габаритные размеры, мм, не более	835×520×865
Масса, кг	
с комплектом грузов, подогнанных под номинальное значение массы, не более	238
с комплектами грузов, подогнанными под номинальное значение массы и давления, не более	356

Внешний вид рабочего эталона единицы давления МП-600 класса точности 0,005 приведен на рисунке Г.7.

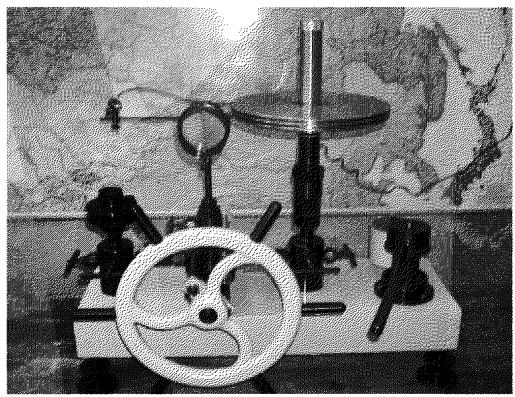


Рисунок Г.7 – Рабочий эталон единицы давления МП-600 класса точности 0,005

Г.2 Грузопоршневые манометры зарубежного производства

Г.2.1 Гидравлический грузопоршневой манометр STIKO DOS0008 предназначен для калибровки и поверки средств измерений избыточного

давления. Применяется в метрологических центрах и лабораториях в качестве ОСИ избыточного давления 1-го разряда. Имеет встроенную ручную помпу и встроенный регулятор объема.

Технические характеристики гидравлического грузопоршневого манометра STIKO DOS0008 приведены в таблице Г.6.

Таблица Г.6 – Технические характеристики гидравлического грузопоршневого манометра STIKO DOS0008

Характеристика	Значение
Диапазоны измерений, МПа	От 0,5 до: 2,5; 5; 7,5; 12,5; 17,5; 22,5; 27,5; 32,5; 37,5; 42,5; 50,5 От 2 до: 10; 20; 30; 50; 70; 90; 110; 130; 150; 170; 202
Погрешность измерения, %	±0,008
Единицы измерения	МПа, бар, кгс/см^2, psi
Дискретность стандартная, МПа	0,05
Дискретность с разновесками, МПа	0,005
Рабочая среда	Минеральное масло DWT 812
Диапазон рабочих температур, °С	От 15 до 28
Диапазон допустимой относительной влажности, %	От 20 до 75

Гидравлический грузопоршневой манометр STIKO DOS0008 поставляется в следующей комплектации:

– базовый блок;

– комплект грузов;

– регистрируемый Сертификат национального и международного стандарта (по заказу);

– комплект переходников: ½ BSP, 3/8 BSP, ¼ BSP, 1/8 BSP;

– рабочая жидкость – масло DWT 812 (0,5 л);

– руководство по эксплуатации;

– свидетельство о поверке;

– методика поверки.

Внешний вид гидравлического грузопоршневого манометра STIKO DOS0008 приведен на рисунке Г.8.

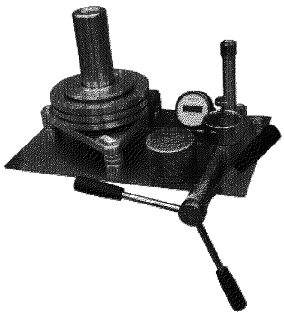


Рисунок Г.8 – Гидравлический грузопоршневой манометр STIKO DOS0008

Г.2.2 Грузопоршневой манометр CPB 5000 (Wilka) может применяться в качестве:

– первичного эталона для воспроизведения единицы давления в диапазонах до 100 бар (пневматика) или до 4000 бар (гидравлика);

– эталонного прибора для испытаний, настройки и калибровки средств измерения давления в лабораториях и производственных помещениях;

– замкнутой системы;

– также подходит для измерений на местах.

Специальные особенности грузопоршневого манометра CPB 5000 (Wilka):

– возможность изготовления индивидуальных измерительных систем (поршневых пар);

– патентованный принцип быстрой и безопасной смены измерительной системы;

– полная неопределенность измерения, менее 0,01 % (от измеряемой величины);

– адаптация к условиям заказчика и отражение данных в калибровочном сертификате (прослеживаемость вплоть до государственного эталона);

– высокая временная стабильность – рекомендуемый цикл рекалибровки 5 лет;

– дополнительно: CalibratorUnit для калибровки преобразователей давления.

Запатентованная измерительная система ConTect, используемая в CPB 5000, позволяет производить замену поршневых пар в соответствии с требованиями измерений, используя общее универсальное основание. Высококачественные поршневые пары хорошо защищены в системе ConTect.

При необходимости возможна быстрая и несложная смена поршневой пары на необходимую без использования дополнительного инструмента.

Внешний вид грузопоршневого манометра СРВ 5000 приведен на рисунке Г.9.

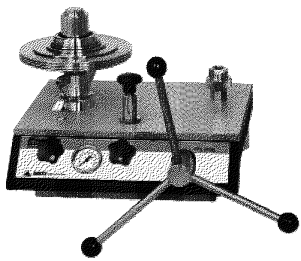


Рисунок Г.9 – Грузопоршневой манометр СРВ 5000

Библиография

[1] Федеральный закон от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений»

[2] Государственный первичный эталон единицы температуры ГЭТ 34-2007 [Текст] / А.И. Походун, Н.В. Разикова // Мир измерений. 2011. № 1. С. 32–40

Ключевые слова: СТД-зонды, средства измерения, поверка, гидростатическое давление, соленость, температура, электрическая проводимость, эталоны, нормы погрешности измерений

Лист регистрации изменений

Номер изменения	Номер страницы				Номер документа (ОРН)	Подпись	Дата	
	измененной	замененной	новой	аннулированной			внесения изменений	введения изменений

Руководящий документ
РД 52.17.780–2013

Эталоны и оборудование для проведения поверки СТД-зондов

Общие технические требования

Редактор О.В.Лапина

Подписано в печать 03.03.2014. Формат 60×90 1/16
Печ. л. 3,0. Печать офсетная.
Заказ №11660b. Тираж 100 экз.
Типография издательства Политехнического университета
195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29

gost.e-ecolog.ru