

**ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ**  
(в редакции, утвержденной приказом Росстандарта № 917 от 15.05.2018 г.)

Системы для измерения пространственного искривления технологических каналов и каналов системы управления и защиты модернизированные СИПИ-М

**Назначение средства измерений**

Системы для измерения пространственного искривления технологических каналов и каналов системы управления и защиты модернизированные СИПИ-М (далее - системы СИПИ-М) реакторов большой мощности канальных (далее - РБМК) предназначены для:

- измерений внутреннего диаметра канала;
- измерений угла наклона оси канала относительно вертикали в плоскости, проходящей через риску зонда, и в ортогональной плоскости;
- измерений угла между меткой направления центральной оси реактора и риской зонда;
- измерений угла поворота зонда относительно его начального положения;
- измерений глубины положения зонда относительно высотных отметок реакторной установки.

**Описание средства измерений**

Принцип работы систем СИПИ-М заключается в проведении измерений параметров каналов в процессе перемещения зонда измерительного ЗИ-СИПИ-М (далее - зонд) по контролируемому каналу.

Для проведения контроля зонд загружается в контролируемый канал. Перед загрузкой зонда на контролируемый канал устанавливается самоцентрирующееся устройство для транзитной доставки зонда в зону контроля СИПИ-М каналов РБМК (далее - самоцентрирующееся устройство для ТК) или самоцентрирующееся устройство для транзитной доставки зонда в зону контроля СИПИ-М каналов СУЗ РБМК (далее - самоцентрирующееся устройство для СУЗ) в зависимости от типа канала. На самоцентрирующееся устройство устанавливаются устройство для дезактивации. Зонд устанавливается в трубу направляющую устройства загрузочного УЗ-СИПИ-М или устройства загрузочного УЗ-СИПИ-М2, которое стыкуется с устройством для дезактивации. Перед загрузкой зонда в канал измеряется угол между меткой направления центральной оси реактора и риской зонда. Зонд оснащен щупами с датчиками, расположенными в верхнем и нижнем блоках центраторов зонда БЦВ-СИПИ-М и БЦН-СИПИ-М, которые, посредством контакта с внутренней поверхностью канала, позволяют определить действительное значение внутреннего диаметра канала, положение его действительной оси в текущем сечении.

Зонд перемещается вниз, а затем вверх, при этом осуществляются измерения внутреннего диаметра канала, угла наклона оси канала относительно вертикали в плоскости, проходящей через риску зонда, и в ортогональной плоскости, а также угла поворота зонда относительно его начального положения и глубины положения зонда в канале.

По результатам проведенных измерений в соответствии с аттестованной методикой измерений осуществляется определение следующих параметров:

- диаметра вписанной, диаметра описанной окружности канала (эллиптичность);
- отклонения действительной оси канала от номинальной оси канала по осям X и Y;
- стрелы прогиба действительной оси канала;
- азимутального угла стрелы прогиба канала относительно центральной оси реакторной установки;
- радиуса кривизны канала.

Общий вид основного оборудования систем СИПИ-М приведен на рисунках 1, 2 и 3.

Системы СИПИ-М включают в себя следующие группы оборудования, разделяемые по функциональному назначению:

- устройство загрузочное УЗ-СИПИ-М или устройство загрузочное УЗ-СИПИ-М2 (далее УЗ-СИПИ-М или УЗ-СИПИ-М2);
- самоцентрирующееся устройство для ТК;
- самоцентрирующееся устройство для СУЗ;
- устройство для дезактивации ТК;
- аппарат высокого давления с вентилем;
- адаптер с защитным отключением УЗО-ДПА16;
- оборудование передающей части в составе:
  - зонд;
- оборудование приемной части в составе:
  - блок питания и управления БПУ-СИПИ-М (далее - БПУ-СИПИ-М);
  - блок системный компьютера архивирующего и управляющего БСКАУ-СИПИ-М;
  - монитор;
  - манипулятор «мышь»;
  - фильтр сетевой;
  - источник бесперебойного питания;
- линии связи в составе:
  - кабель соединительный зонда КСЗ-СИПИ-ЛМ или кабель соединительный зонда КСЗ-СИПИ-ЛМ2 (далее - КСЗ-СИПИ-ЛМ/КСЗ-СИПИ-ЛМ2) или кабель соединительный КСЗ-СИПИ-Л (далее - КСЗ-СИПИ-Л);
  - жгут монтажный общий ЖМО-СИПИ;
  - кабель питания К-С-450 (из состава УЗ-СИПИ-М);
  - кабель соединительный К-С109-2;
  - кабель питания К-С221Н;
  - кабель питания К-С220А;
  - кабель питания (из состава монитора);
  - кабель DVI (из состава монитора).

УЗ-СИПИ-М или УЗ-СИПИ-М2 используется для загрузки зонда в контролируемый канал и выгрузки из канала.

УЗ-СИПИ-М состоит из:

- барабана кабельного БК-СИПИ-М, предназначенного для намотки и размотки КСЗ-СИПИ-ЛМ (КСЗ-СИПИ-Л);
- блока ввода и защиты БВЗ-СИПИ, предназначенного для питания привода подъема зонда;
- узла лазера, предназначенного для определения углового положения зонда относительно центральной оси реактора;
- привода подъема зонда ППЗ-СИПИ, обеспечивающего его подъем;
- датчика верхнего положения зонда, позволяющего определять его верхнее положение;
- датчика подъема зонда ДПЗ-СИПИ, предназначенного для измерений глубины положения зонда в канале.

УЗ-СИПИ-М2 состоит из:

- модуля приводного МП-СИПИ-М2 в составе:
  - привод вращения барабана;
  - шкаф управления, предназначенный для управления приводами;
  - устройство ручного подъема зонда.
- барабана кабельного БК-СИПИ-М2, предназначенного для намотки и размотки КСЗ-СИПИ-ЛМ2;

- модуля измерительного МИ-СИПИ-М2 в составе:
  - узел лазера УЛ-СИПИ-М2, предназначенный для определения углового положения зонда относительно центральной оси реактора;
  - датчика верхнего положения зонда, предназначенного для контроля положения зонда в верхней точке;
  - датчик положения зонда ДПЗ-СИПИ, предназначенный для контроля перемещения зонда.
- линии связи.

Устройство для дезактивации ТК предназначено для проведения дезактивации зонда и кабеля КСЗ-СИПИ-ЛМ (КСЗ-СИПИ-Л). Устройство для дезактивации ТК предварительно устанавливается на самоцентрирующееся устройство для ТК (СУЗ), а затем стыкуется с УЗ-СИПИ-М или УЗ-СИПИ-М2. При подъеме зонда при прохождении его через устройство для дезактивации ТК осуществляется дезактивация зонда путем одновременной подачи воды и воздуха из форсунок, расположенных в два ряда параллельно друг другу. Вода в устройство для дезактивации ТК подается под давлением, создаваемым аппаратом высокого давления. Сжатый воздух поступает в устройство для дезактивации от воздушной магистрали.

Оборудование передающей части системы СИПИ-М представляет собой зонд. Он предназначен для проведения измерений. Зонд состоит из:

- узла стыковочного УС-СИПИ-М, предназначенного для соединения зонда с УЗ-СИПИ-М или УЗ-СИПИ-М2 с помощью кабеля КСЗ-СИПИ-ЛМ (КСЗ-СИПИ-Л) или КСЗ-СИПИ-ЛМ2;
- двух блоков центраторов (верхнего БЦВ-СИПИ-М и нижнего БЦН-СИПИ-М), предназначенных для измерений внутреннего диаметра канала. Блоки центраторов включают в себя по пять датчиков центратора ДЦ-СИПИ;
- блока датчиков наклона (верхнего БДНВ-СИПИ-М и нижнего БДНН-СИПИ-М), предназначенных для измерений угла наклона оси канала относительно вертикали в плоскости, проходящей через риску зонда, и в ортогональной плоскости. Блок датчиков наклона (верхний БДНВ-СИПИ-М и нижний БДНН-СИПИ-М) состоит из двух датчиков угла наклона электролитических и датчика температуры;
- датчика поворота ДП-СИПИ-М, предназначенного для измерений угла поворота зонда относительно его начального положения при скручивании кабеля, на котором висит зонд. Датчик поворота ДП-СИПИ-М состоит из гироскопа свободного и датчика температуры.

По степени защиты оболочек оборудование передающей части систем соответствует IP68, оборудование приемной части систем соответствует IP20 по ГОСТ 14254.

Сигналы с датчиков зонда передаются по кабелю КСЗ-СИПИ-ЛМ (КСЗ-СИПИ-Л) или КСЗ-СИПИ-ЛМ2 в УЗ-СИПИ-М или УЗ-СИПИ-М2, которое обеспечивает их первичную обработку.

БПУ-СИПИ-М предназначен для формирования питающих напряжений УЗ-СИПИ-М и зонда.

Связь между различными группами оборудования систем СИПИ-М осуществляется посредством кабелей. По кабелям передаются питающие напряжения, управляющие и информационные сигналы, необходимые для работы систем СИПИ-М.

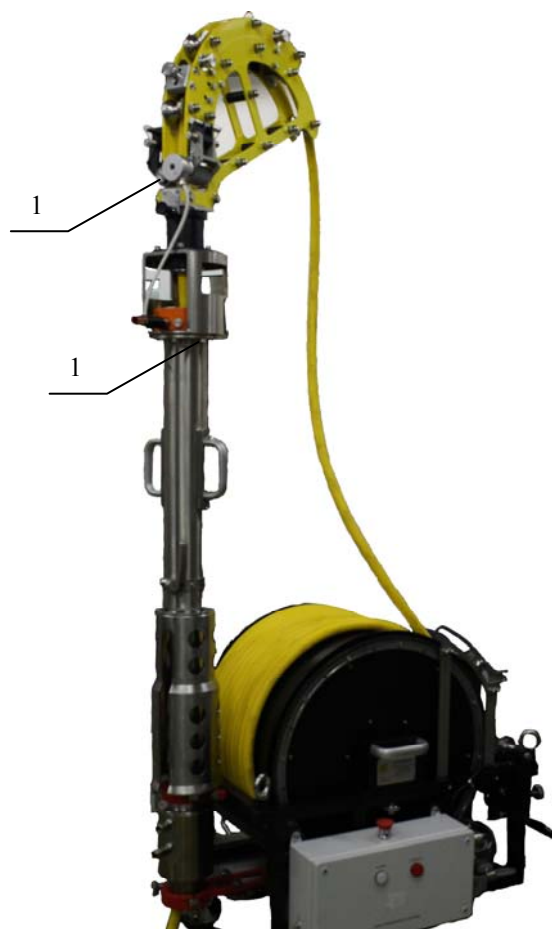


Рисунок 1 - Общий вид зонда



1 - место нанесения краски

Рисунок 2 - Общий вид УЗ-СИПИ-М и схема пломбировки от несанкционированного доступа



1 - место нанесения краски

Рисунок 3 - Общий вид УЗ-СИПИ-М2 и схема пломбировки от несанкционированного доступа

Пломбировка УЗ-СИПИ-М и УЗ-СИПИ-М2 от несанкционированного доступа осуществляется в соответствии с конструкторской документацией заводом-изготовителем методом нанесения краски на контрольные винты:

- в УЗ-СИПИ-М - на один из винтов крепления датчика положения зонда ДПЗ-СИПИ к кронштейну и на один из винтов крепления узла лазера УЛ-СИПИ к раме.

- в УЗ-СИПИ-М2 - на один из винтов крепления датчика положения зонда ДПЗ-СИПИ к кронштейну и на один из винтов крепления узла лазера УЛ-СИПИ-М2 к модулю измерительному МИ-СИПИ-М2.

Зонд работает в агрессивной среде, пломбировка не предусмотрена.

### Программное обеспечение

Системы СИПИ-М поддерживают возможность работы с программным комплексом «Система измерения пространственных искривлений ТК и КСУЗ» (далее - комплекс). Комплекс предназначен для:

- настройки систем СИПИ-М;
- сбора и обработки данных;
- визуализации результатов контроля;
- создания баз данных (далее - БД) контроля.

Программное обеспечение (далее - ПО) разделено на метрологически значимую и незначимую части.

Комплекс включает в себя следующие программы:

- Программа измерения пространственных искривлений каналов (SCMApp.exe, ReactorCellMeasurement.dll);
- Программа калибровки (Calibrator.exe);

Программа контроллера зонда, которая является встроенным программным продуктом (ПО «Программа контроллера зонда») и установлена в УЗ-СИПИ-М или УЗ-СИПИ-М2.

Уровень комплекса соответствует «среднему» уровню защиты от непреднамеренных и преднамеренных изменений в соответствии с Р 50.2.077-2014.

Уровень ПО «Программа контроллера зонда» соответствует «высокому» уровню защиты от непреднамеренных и преднамеренных изменений в соответствии с Р 50.2.077-2014.

Метрологические характеристики нормированы с учетом ПО.

Идентификационные данные ПО метрологически значимой части приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Идентификационные данные ПО

Идентификационное наименование ПО	SCMApp.exe	ReactorCellMeasurement.dll	Calibrator.exe	ПО «Программа контроллера зонда»***
Номер версии ПО (идентификационный номер)*	3.0.X	1.0.X	3.0.X	-
Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма исполняемого кода)**	479c415fe584fc6d935c3ba975c450ae	7a307799d80b659ebe93c2a11193c106	ec2f050b0d087067e6e50c6245cf23a4	-
Алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО	MD5			
Примечание * X - часть номера версии, которая отвечает за метрологически незначимую часть ПО. ** Контрольная сумма ПО «SCMApp.exe» указана для версии ПО 3.0.1859. Контрольная сумма ПО «ReactorCellMeasurement.dll» указана для версии ПО 1.0.1859. Контрольная сумма ПО «Calibrator.exe» указана для версии ПО 3.0.1859. Актуальные данные приведены в ИТЦЯ.463439.114-01 ПС при поставке. *** Цифровой идентификатор не вычисляется, так как ПО устанавливается в контроллер на стадии разработки и не может быть изменено.				

## Метрологические и технические характеристики

Таблица 2 - Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
1	2
Диапазон измерений внутреннего диаметра канала, мм	от 79 до 88
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений внутреннего диаметра канала, мм	$\pm 0,05$
Диапазон измерений угла наклона оси канала относительно вертикали в плоскости, проходящей через риску зонда, и в ортогональной плоскости, градус	$\pm 10$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений угла наклона оси канала относительно вертикали в плоскости, проходящей через риску зонда, и в ортогональной плоскости, в поддиапазоне от $-3^\circ$ до $+3^\circ$ , минуты Пределы допускаемой относительной погрешности измерений угла наклона оси канала относительно вертикали в плоскости, проходящей через риску зонда, и в ортогональной плоскости, в поддиапазонах свыше $-3^\circ$ до $-10^\circ$ и свыше $+3^\circ$ до $+10^\circ$ , %	$\pm 5$ $\pm 3$
Диапазон измерений угла между меткой* направления центральной оси реактора** и риской зонда, градус	от $-170$ до $+180$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений угла между меткой направления центральной оси реактора и риской зонда, градус	$\pm 0,5$

1	2
Диапазон измерений угла поворота зонда относительно его начального положения, градус	$\pm 50$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений угла поворота зонда относительно его начального положения, градус	$\pm 4,5$
Диапазон измерений глубины положения зонда, мм	от 0*** до 17600
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений глубины положения зонда в поддиапазоне от 0 до 1000 мм, мм	$\pm 5$
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений глубины положения зонда в поддиапазоне свыше 1000 до 17600 мм, %	$\pm 0,5$
Примечания: * - метка направления центральной оси реактора устанавливается по оси каждого ряда контролируемых каналов; ** - центральная ось реактора совпадает с осью Y системы координат реакторной установки; *** - За «0» принимается уровень пола центрального зала РУ. Измеренные значения привязываются к высотным отметкам реакторной установки.	

Внутренний диаметр канала, угол между меткой направления центральной оси реактора и риской зонда, глубина положения зонда измеряются в статическом режиме.

Угол наклона оси канала относительно вертикали в плоскости, проходящей через риску зонда, и в ортогональной плоскости, угол поворота зонда относительно его начального положения измеряются в статическом и динамическом\* режиме при максимальной угловой скорости наклона зонда 1,15 градус/с и максимальной угловой скорости поворота зонда 10 градус/с при нагревании зонда от 20°C до 70°C.

Примечание - \*Под динамическим режимом понимается режим наклона и поворота зонда по синусоидальному закону при изменении температуры зонда.

Таблица 3 - Технические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Параметры электрического питания: УЗ-СИПИ-М: – напряжение переменного тока, В – частота переменного тока, Гц Система СИПИ-М, включая УЗ-СИПИ-М2: – напряжение переменного тока, В – частота переменного тока, Гц	от 360 до 390 от 49 до 51 от 187 до 242 от 49 до 51
Потребляемая мощность, кВт, не более: УЗ-СИПИ-М, УЗ-СИПИ-М2 Система СИПИ-М	2 4,7
Габаритные размеры, мм, не более: УЗ-СИПИ-М: – высота – ширина – длина Зонд: – диаметр – высота УЗ-СИПИ-М2: – высота – ширина – длина	2600 1540 2080 91 1350 2150 850 900

Наименование характеристики	Значение
Масса, кг, не более:	
УЗ-СИПИ-М	220
Зонд	30
УЗ-СИПИ-М2	150
Условия эксплуатации:	
Для оборудования передающей части системы СИПИ-М (зонд):	
– рабочая среда	вода, воздух
– температура среды, °С	от 20 до 70
– максимальная скорость изменения температуры рабочей среды, °С/мин	5
– атмосферное давление, кПа	от 84,0 до 106,7
– рабочее давление воды, кПа, не более	200
– мощность гамма-излучения, рад/ч, не более	$3,2 \cdot 10^5$
Для оборудования приемной части системы СИПИ-М, включая устройство загрузочное УЗ-СИПИ-М / УЗ-СИПИ-М2:	
– температура окружающей среды, °С	от 15 до 35
– относительная влажность, %	80
– атмосферное давление, кПа	от 84,0 до 106,7
Средний срок службы, лет	5
Средняя наработка на отказ с учетом технического обслуживания, ч	100
Максимальная скорость перемещения зонда измерительного ЗИ-СИПИ-М, мм/с	100

### Знак утверждения типа

наносится на титульный лист руководства по эксплуатации типографским способом и в виде наклейки на блок питания и управления БПУ-СИПИ-М.

### Комплектность средства измерений

Таблица 4 - Комплектность системы СИПИ-М

Наименование	Обозначение	Кол-во.
1	2	3
Устройство загрузочное УЗ-СИПИ-М	ИТЦЯ.483344.002	1 <sup>1)</sup> шт.
Устройство загрузочное УЗ-СИПИ-М2	ИТЦЯ.483344.008	1 <sup>1)</sup> шт.
Устройство для дезактивации ТК	ИТК-20.50.00	1 шт.
Аппарат высокого давления вентилем	ИТК-00.10.00	1 шт.
Адаптер с защитным отключением УЗО-ДПА16	–	2 шт.
Оборудование передающей части		
Зонд измерительный ЗИ-СИПИ-М, включая:	ИТЦЯ.468224.004	1 <sup>1)</sup> шт.
гироскоп свободный	–	1 шт.
электролитический датчик угла наклона	–	4 шт.
преобразователь индуктивный	–	10 шт.
Оборудование приемной части		
Блок питания и управления БПУ-СИПИ-М	ИТЦЯ.468367.190	1 шт.
Блок системный компьютера архивирующего и управляющего БСКАУ-СИПИ-М	ИТЦЯ.467419.012	1 шт.
Монитор	–	1 шт.
Клавиатура	–	1 шт.
Манипулятор «мышь»	–	1 шт.
Фильтр сетевой	–	1 шт.
Источник бесперебойного питания	–	1 шт.



1	2	3
<b>Линии связи</b>		
Кабель соединительный зонда КСЗ-СИПИ-Л <sup>2)</sup>	ИТЦЯ.685631.265	1 шт.
Кабель соединительный зонда КСЗ-СИПИ-ЛМ <sup>2)</sup>	ИТЦЯ.685631.265-01	1 шт.
Кабель соединительный зонда КСЗ-СИПИ-ЛМ2 <sup>2)</sup>	ИТЦЯ.685631.265-02	1 шт.
Жгут монтажный общий ЖМО-СИПИ	ИТЦЯ.685692.003	1 шт.
Кабель соединительный К-С109-2	ИТЦЯ.685621.010-02	1 шт.
Кабель питания К-С450 <sup>3)</sup>	ИТЦЯ.685669.056	1 шт.
Кабель питания К-С221Н	ИТЦЯ.685631.015	2 шт.
Кабель питания К-С220А	ИТЦЯ.685631.147	1 шт.
Кабель DVI <sup>4)</sup>	-	1 шт.
Кабель питания <sup>4)</sup>	-	1 шт.
<b>Запасные части, инструменты, приспособления и средства измерений</b>		
Комплект запасных частей <sup>5)</sup>	ИТЦЯ.463963.552	1 компл.
Комплект инструмента и принадлежностей <sup>5)</sup>	ИТЦЯ.463964.110	1 компл.
Стенд измерительный <sup>6)</sup>	ИТЦЯ.401234.001	1 шт.
Самоцентрирующееся устройство для транзитной доставки зонда в зону контроля СИПИ каналов РБМК	ИТК-01.35.00	1 шт.
Самоцентрирующееся устройство для транзитной доставки зонда в зону контроля СИПИ каналов СУЗ РБМК	ИТК-01.36.00	1 шт.
<b>Программное обеспечение</b>		
Программный комплекс «Система измерения пространственных искривлений ТК и КСУЗ» <sup>7)</sup>	ИТЦЯ.40057-XX	1 компл.
<b>Эксплуатационная документация</b>		
Комплект эксплуатационных документов <sup>8)</sup>	-	1 компл.
Методика поверки	МП 2512-0011-2013	1 шт.
Методика измерений пространственного искривления технологических каналов и каналов СУЗ реакторов РБМК	ИТЦЯ.463439.114-01 Д1	1 шт.
<b>Примечания</b> 1) Количество определяется договором поставки. 2) Тип поставляемого кабеля определяется договором поставки. Кабель поставляется намотанным на барабан. 3) Из состава устройства загрузочного УЗ-СИПИ-М. 4) Из состава монитора. 5) В соответствии с ведомостью запасных частей, инструментов и принадлежностей ИТЦЯ.463439.114-01 ЗИ. 6) Поставляется по отдельному договору. 7) В соответствии с ведомостью эксплуатационных документов ИТЦЯ.40057-02 20 01. 8) В соответствии с ведомостью эксплуатационных документов ИТЦЯ.463439.114-01 ВЭ.		

## Поверка

осуществляется по документу МП 2512-0011-2013 с изменением № 1 «ГСИ. Системы для измерения пространственного искривления технологических каналов и каналов системы управления и защиты модернизированные СИПИ-М. Методика поверки», утвержденному ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» 26.04.2017 г.

Основные средства поверки:

- стенд измерительный (регистрационный № 49937-12);
- теодолит оптический Geobox OT-05 (регистрационный №. 40186-08 );
- рулетка измерительная металлическая по ГОСТ 7502-98.

Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых СИ с требуемой точностью.

Знак поверки наносится на свидетельство о проверке или в паспорт на систему СИПИ-М.

**Сведения о методиках (методах) измерений**

приведены в эксплуатационном документе и в документе ИТЦЯ.463439.114-01 Д1 «Методика измерений пространственного искривления технологических каналов и каналов СУЗ реакторов РБМК», свидетельство об аттестации № 437/2022-(01.00250-2008)-2013 от 10.09.2013 г.

**Нормативные и технические документы, устанавливающие требования к системам для измерения пространственного искривления технологических каналов и каналов системы управления и защиты модернизированным СИПИ-М**

ИТЦЯ.463439.114-01 ТУ Системы для измерения пространственного искривления технологических каналов и каналов системы управления и защиты модернизированные СИПИ-М. Технические условия

**Изготовитель**

Акционерное общество «Диаконт» (АО «Диаконт»)  
ИНН 7819013502  
Адрес: 198517, г. Санкт-Петербург, г. Петергоф, Ропшинское шоссе, д. 4  
Телефон: (812) 334-00-81, 592-62-35  
Факс: (812) 592-62-65  
E-mail: diakont@diakont.ru

**Испытательный центр**

Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева»  
Адрес: 190005, г. Санкт-Петербург, Московский пр., д. 19  
Телефон: (812) 251-76-01  
Факс: (812) 713-01-14  
Web-сайт: <http://www.vniim.ru>  
E-mail: [info@vniim.ru](mailto:info@vniim.ru)  
Аттестат аккредитации ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» по проведению испытаний средств измерений в целях утверждения типа № RA.RU.311541 от 23.03.2016 г.

Заместитель  
Руководителя Федерального  
агентства по техническому  
регулированию и метрологии

С.С. Голубев

М.п. « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.