

СОГЛАСОВАНО

Главный метролог

АО «ПриСТ»



А.Н. Новиков

«11» ноября 2024 г.

«ГСИ. Измерители иммитанса LCR-78200
Методика поверки»

МП-ПР-38-2024

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Настоящая методика распространяется на измерители иммитанса LCR-78200 (далее измерители) и устанавливает методы и средства их поверки.

Прослеживаемость при поверке измерителей обеспечивается в соответствии со следующими государственными поверочными схемами:

- государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 30 декабря 2019 г. № 3456, к государственному первичному эталону единицы электрического сопротивления – ГЭТ 14-2014.

- ГОСТ 8.019-85. «ГСИ. Государственный первичный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений тангенса угла потерь» к государственному первичному эталону единицы угла потерь – ГЭТ 143-85;

- ГОСТ 8.371-80. «ГСИ. Государственный первичный эталон и общесоюзная поверочная схема для средств измерений электрической емкости» к государственному первичному эталону единицы электрической емкости – ГЭТ 25-79;

- ГОСТ Р 8.732-2011. «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений индуктивности» к государственному первичному эталону единицы индуктивности – ГЭТ 15-79.

В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические требования, приведенные в Приложении А.

Для обеспечения реализации методики поверки при определении метрологических характеристик по пунктам 9.1 – 9.7 применяется метод прямых измерений.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
1 Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	Раздел 6
2 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	Раздел 7
3 Проверка программного обеспечения	Да	Да	Раздел 8
4 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям			Раздел 9
5 Определение диапазона и абсолютной погрешности установки частоты тестового сигнала	Да	Да	9.1
6 Определение диапазона и абсолютной погрешности установки уровня тестового сигнала	Да	Да	9.2
7 Определение абсолютной погрешности измерения сопротивления постоянному току	Да	Да	9.3
8 Определение абсолютной погрешности измерения сопротивления переменному току	Да	Да	9.4
9 Определение абсолютной погрешности измерения электрической емкости	Да	Да	9.5
10 Определение основной абсолютной погрешности измерения тангенса угла потерь	Да	Да	9.6
11 Определение абсолютной погрешности измерения индуктивности	Да	Да	9.7
12 Оформление результатов поверки	Да	Да	Раздел 10

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$;
- относительная влажность от 20 % до 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106 кПа;
- напряжение питающей сети от 220 до 240 В;
- частота питающей сети от 47 до 63 Гц.

4 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

Таблица 2 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
7.1	Средства измерений температуры окружающей среды от $+10$ до $+30 ^\circ\text{C}$ с абсолютной погрешностью не более $\pm 1 ^\circ\text{C}$;	Термогигрометр Fluke 1620A (рег. № 36331-07)
	Средства измерений относительной влажности окружающего воздуха от 30 до 80 % с абсолютной погрешностью не более $\pm 3 \%$	
	Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 86 до 106,7 кПа с абсолютной погрешностью не более ± 5 гПа	Измеритель давления Testo 511 (рег. № 53431-13)
	Средства измерений переменного напряжения в диапазоне от 50 до 480 В. Пределы допускаемой относительной погрешности измерений переменного напряжения не более 2 %	Прибор измерительный универсальный параметров электрической сети DMG 800 (рег. № 49072-12)
	Средства измерений частоты от 45 до 60 Гц. Пределы допускаемой относительной погрешности измерений частоты не более 1 %.	
9.1	Диапазон измерения частот от 10 Гц до 400 МГц; допускаемая относительная погрешность $\pm 1 \cdot 10^{-6}$	Частотомер электронно-счетный АКИП-5201/1 (рег. № 57319-14)
9.2	Диапазон измерения напряжения переменного тока от 10 мВ до 750 В (в диапазоне частот 10 Гц до 300 кГц); абсолютная погрешность от $\pm(0,0006 \cdot U_k + 0,0004 U_{\text{пр}})$ до $\pm(0,006 \cdot U_k + 0,0008 U_{\text{пр}})$.	Вольтметр универсальный В7-78/1 (рег. № 52147-12)
9.3	Эталоны единицы электрического сопротивления постоянного тока, соответствующие требованиям к рабочим эталонам не ниже 4 разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений электрического сопротивления постоянного и переменного тока, утвержденной приказом Росстандарта № 3456 от 30.12.2019, в диапазоне значений сопротивления постоянному току от 1 Ом до 100 кОм.	Резисторы прецизионные Fluke 742A (рег. № 62206-15)
9.4, 9.6	Эталоны единицы электрического сопротивления постоянного тока, соответствующие требованиям к рабочим эталонам не ниже 4 разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений электрического сопротивления постоянного и переменного тока, утвержденной приказом Росстандарта № 3456 от 30.12.2019, в диапазоне значений сопротивления переменному току от 1 Ом до 1 МОм.	Набор мер электрического сопротивления Н2-2 (рег. № 76668-19)

Продолжение таблицы 2

1	2	3
9.5, 9.6	Эталоны единицы электрической емкости, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 3 разряда по ГОСТ 8.371-80, в диапазоне значений электрической емкости от 1 нФ до 1 мкФ.	Меры емкости образцовые Р597 (рег. № 2684-70)
9.7	Эталоны единицы индуктивности, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 3 разряда по ГОСТ Р 8.732-2011, в диапазоне значений индуктивности от 1 мГн до 1 Гн.	Меры индуктивности Р5101-Р5115 (рег. № 9046-83)
Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа, поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.		

5 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования ГОСТ 12.27.0-75, ГОСТ 12.3.019-80, ГОСТ 12.27.7-75, требованиями правил по охране труда при эксплуатации электроустановок, утвержденных приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 24 июля 2013 г № 328Н.

5.2 Средства поверки, вспомогательные средства поверки и оборудование должны соответствовать требованиям безопасности, изложенным в руководствах по их эксплуатации.

5.3 Поверитель должен пройти инструктаж по технике безопасности и иметь действующее удостоверение на право работы в электроустановках с напряжением до 1000 В с квалификационной группой по электробезопасности не ниже III.

6 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Перед поверкой должен быть проведен внешний осмотр, при котором должно быть установлено соответствие поверяемого прибора следующим требованиям:

- не должно быть механических повреждений корпуса. Все надписи должны быть четкими и ясными;
- все разъемы, клеммы и измерительные провода не должны иметь повреждений и должны быть чистыми.

При наличии дефектов поверяемый прибор бракуется и подлежит ремонту.

7 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 Средства поверки и поверяемый прибор должны быть подготовлены к работе согласно их руководствам по эксплуатации.

7.2 Контроль условий проведения поверки по пункту 3 должен быть проведен перед началом поверки.

7.3 Опробование измерителя проводят путем проверки его на функционирование в соответствии с руководством по эксплуатации.

8. ПРОВЕРКА ИДЕНТИФИКАЦИОННЫХ ДАННЫХ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Проверка идентификационных данных программного обеспечения измерителя осуществляется путем вывода на дисплей информации о версии программного обеспечения в соответствии с РЭ.

Результат считается положительным, если версия программного обеспечения соответствует данным, приведенным в таблице 3.

Таблица 3 – Идентификационные данные ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	-
Номер версии (идентификационный номер) ПО	не ниже V1.01

9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

Допускается периодическая поверка измерителя на меньшем числе измеряемых величин, по отношению к указанным в разделе «Метрологические и технические характеристики» описания типа.

9.1 Определение диапазона и абсолютной погрешности установки частоты тестового сигнала.

Определение диапазона и абсолютной погрешности установки частоты тестового сигнала проводить при помощи частотомера АКИП-5102/1 (далее по тексту – частотомер) методом прямых измерений в следующей последовательности:

9.1.1 Один штекер кабеля типа «BNC» подключить к гнезду H FORCE измерителя импеданса, а второй штекер к гнезду частотомера.

9.1.2 На измерителе импеданса выбрать параметр «FREQ», цифрами клавиатуры измерителя импеданса набрать нужное значение поверяемой отметки.

9.1.3 Выбрать параметр «LEVEL». Установить значение 1 В.

9.1.4 На измерителе импеданса установить поочередно значения частоты тестового сигнала в соответствии с таблицей 4. Зафиксировать показания частотомера и занести их в таблицу 4.

Результаты операции поверки считать положительными, если показания измерителя импеданса находятся в пределах, приведенных в таблице 4.

Таблица 4 – Поверяемые значения частоты тестового сигнала

Значения установленной частоты	Значения измеренной частоты	Нижний предел допускаемых значений	Верхний предел допускаемых значений
20,000 Гц		19,900 Гц	20,100 Гц
1,0000 кГц		0,999893 кГц	1,000107 кГц
10,000 кГц		9,99983 кГц	10,00017 кГц
100,00 кГц		99,9992 кГц	100,0008 кГц
300,00 кГц		299,9978 кГц	300,0022 кГц
500,00 кГц		499,9964 кГц	500,0036 кГц
1,0000 МГц ¹⁾		0,9999929 МГц	1,0000071 МГц
5,0000 МГц ²⁾		4,9999649 МГц	5,0000351 МГц
10,0000 МГц ³⁾		9,9999299 МГц	10,00007010 МГц

Примечания:

¹⁾ – значение частоты тест-сигнала для LCR 78201;

²⁾ – значение частоты тест-сигнала для LCR 78205/ LCR 78205A;

³⁾ – значение частоты тест-сигнала для LCR 78210, LCR 78220, LCR 78230/ LCR 78210A, LCR 78220A, LCR 78230A, LCR 78250A.

9.2 Определение диапазона и абсолютной погрешности установки уровня тестового сигнала.

Определение диапазона и абсолютной погрешности установки уровня тестового сигнала проводить при помощи вольтметра универсального В7-78/1 (далее по тексту – вольтметр) методом прямых измерения в следующей последовательности:

9.2.1 Штекер BNC кабеля типа «BNC-банан» подключить к гнезду H FORCE измерителя импеданса, а штекер «банан» к вольтметру в соответствии с РЭ вольтметра В7-78/1. На вольтметре установить режим измерения напряжения переменного тока.

9.2.2 Выбрать параметр «LEVEL». Цифрами клавиатуры измерителя импеданса набрать нужное значение поверяемой отметки.

9.2.3 Выбрать параметр «FREQ». Установить значение 1 кГц.

9.2.4 На измерителе импеданса установить поочередно значения напряжения тестового сигнала в соответствии с таблицей 5. Зафиксировать показания вольтметра и занести их в таблицу 5.

Результаты операции поверки считать положительными, если показания измерителя импеданса находятся в пределах, приведенных в таблице 5.

Таблица 5 – Поверяемые значения напряжения тестового сигнала

Значения установленного напряжения	Значения измеренного напряжения	Нижний предел допускаемых значений	Верхний предел допускаемых значений
10 мВ		8,4 мВ	11,6 мВ
100 мВ		83,9999 мВ	116,0001 мВ
1,000 В		0,85 В	1,15 В
2,000 В		1,7 В	2,3 В

9.3 Определение абсолютной погрешности измерения сопротивления постоянному току.

Определение абсолютной погрешности измерения сопротивления постоянному току проводить при помощи мер сопротивления Fluke 742 методом прямых измерений в следующей последовательности:

9.3.1 На измерителе импеданса выбрать вкладку «CORR». Произвести калибровку нуля согласно РЭ измерителя импеданса.

9.3.2 Кабелями типа «BNC-банан» подключить меру сопротивления к измерителю импеданса по четырехпроводной схеме.

9.3.3 Выбрать «Parametr 1». Установить режим «Rdc». Далее выбрать параметр «SPEED», установить скорость измерения «SLOW» или «MED».

9.3.4 Измерить поочередно значения сопротивления в соответствии с таблицей 6. Зафиксировать показания и занести их в таблицу 6.

Результаты операции поверки считать положительными, если показания измерителя импеданса находятся в пределах, приведенных в таблице 6.

Таблица 6 – Поверяемые значения сопротивления постоянному току

Значения сопротивления	Значения измеренного сопротивления	Пределы допускаемой абсолютной погрешности
1 Ом		$\pm 0,007$ Ом
10 Ом		$\pm 0,04$ Ом
100 Ом		$\pm 0,2$ Ом
1 кОм		$\pm 0,002$ кОм
10 кОм		$\pm 0,02$ кОм
100 кОм		$\pm 0,3$ кОм
1 МОм		$\pm 0,01$ МОм

9.4 Определение абсолютной погрешности измерения сопротивления переменному току.

Определение абсолютной погрешности измерения сопротивления переменному току проводить при помощи мер сопротивления Н2-2 методом прямых измерений в следующей последовательности:

9.4.1 На измерителе импеданса нажать кнопку «CORR». Произвести калибровку нуля согласно РЭ измерителя импеданса.

9.4.2 Кабелями типа «BNC» подключить меру сопротивления к измерителю импеданса по четырехпроводной схеме.

9.4.3 Выбрать «Parametr 1». Установить режим «Rs». Далее выбрать параметр «SPEED», установить скорость измерения «SLOW» или «MED».

9.4.4 Измерить поочередно значения сопротивления при соответствующей частоте и напряжении в соответствии с таблицей 7. Зафиксировать показания и занести их в таблицу 7.

Результаты операции поверки считать положительными, если показания измерителя импеданса находятся в пределах, приведенных в таблице 7.

Таблица 7 – Поверяемые значения сопротивления переменному току

Значения сопротивления	Значения частоты сигнала	Значения установленного напряжения	Значения измеренного сопротивления	Пределы допускаемой абсолютной погрешности
1 Ом	100 Гц	1 В		$\pm 0,003475$ Ом
	1 кГц			$\pm 0,002915$ Ом
	10 кГц			$\pm 0,00292$ Ом
	100 кГц			$\pm 0,00292$ Ом
	300 кГц			$\pm 0,00293$ Ом
	500 кГц			$\pm 0,00293$ Ом
	1 МГц ¹⁾²⁾³⁾			$\pm 0,00319$ Ом
	5 МГц ²⁾³⁾			$\pm 0,00319$ Ом
	10 МГц ³⁾			$\pm 0,03451$ Ом
10 Ом	100 Гц	1 В		$\pm 0,0247$ Ом
	1 кГц			$\pm 0,0201$ Ом
	10 кГц			$\pm 0,02015$ Ом
	100 кГц			$\pm 0,02019$ Ом
	300 кГц			$\pm 0,02026$ Ом
	500 кГц			$\pm 0,02034$ Ом
	1 МГц ¹⁾²⁾³⁾			$\pm 0,02289$ Ом
	5 МГц ²⁾³⁾			$\pm 0,05407$ Ом
	10 МГц ³⁾			$\pm 0,09304$ Ом
100 Ом	100 Гц	1 В		$\pm 0,237$ Ом
	1 кГц			$\pm 0,192$ Ом
	10 кГц			$\pm 0,19$ Ом
	100 кГц			$\pm 0,19$ Ом
	300 кГц			$\pm 0,19$ Ом
	500 кГц			$\pm 0,19$ Ом
	1 МГц ¹⁾²⁾³⁾			$\pm 0,22$ Ом
	5 МГц ²⁾³⁾			$\pm 0,42$ Ом
	10 МГц ³⁾			± 1 Ом
1 кОм	100 Гц	1 В		$\pm 0,00238$ кОм
	1 кГц			$\pm 0,00193$ кОм
	10 кГц			$\pm 0,001934$ кОм
	100 кГц			$\pm 0,001947$ кОм
	300 кГц			$\pm 0,00199$ кОм
	500 кГц			$\pm 0,002$ кОм
	1 МГц ¹⁾²⁾³⁾			$\pm 0,0024$ кОм
	5 МГц ²⁾³⁾			$\pm 0,0069$ кОм
	10 МГц ³⁾			$\pm 0,01668$ кОм
10 кОм	100 Гц	1 В		$\pm 0,0248$ кОм
	1 кГц			$\pm 0,0202$ кОм
	10 кГц			$\pm 0,0202$ кОм
	100 кГц			$\pm 0,021$ кОм
	300 кГц			$\pm 0,025$ кОм
	500 кГц			$\pm 0,029$ кОм
	1 МГц ¹⁾²⁾³⁾			$\pm 0,042$ кОм
	5 МГц ²⁾³⁾			$\pm 0,339$ кОм
	10 МГц ³⁾			$\pm 1,1569$ кОм
100 кОм	100 Гц	1 В		$\pm 0,349$ кОм
	1 кГц			$\pm 0,292$ кОм
	10 кГц			$\pm 0,29$ кОм
	100 кГц			$\pm 0,39$ кОм

Продолжение таблицы 7

продолжение таблицы 7

1 МОм	100 Гц	1 В		±0,01193 МОм
	1 кГц			±0,01193 МОм
	10 кГц			±0,0119 МОм

Примечания:

1) – значение частоты тест-сигнала для LCR 78201

2) – значение частоты тест-сигнала для LCR 78205/ LCR 78205A

3) – значение частоты тест-сигнала для LCR 78210, LCR 78220, LCR 78230/ LCR 78210A, LCR 78220A, LCR 78230A, LCR 78250A

9.5 Определение абсолютной погрешности измерения электрической емкости.

Определение абсолютной погрешности измерения электрической емкости проводить при помощи мер емкости P597 методом прямых измерений в следующей последовательности:

9.5.1 На измерителе импеданса нажать кнопку «CORR». Произвести калибровку нуля согласно РЭ измерителя импеданса.

9.5.2 Штекерами «банан» подсоединить меру емкости.

9.5.3 Выбрать «Parametr 1». Установить режим «Cs». Далее выбрать параметр «SPEED», установить скорость измерения «SLOW» или «MED».

9.5.4 Измерить поочередно значения емкости при соответствующей частоте и напряжении в соответствии с таблицей 8. Зафиксировать показания и занести их в таблицу 8.

Результаты операции поверки считать положительными, если показания измерителя импеданса находятся в пределах, приведенных в таблице 8.

Таблица 8 – Поверяемые значения электрической емкости

Значения емкости	Значения частоты сигнала	Значения установленного напряжения	Значения измеренной емкости	Пределы допускаемой абсолютной погрешности
1 нФ	1 кГц	1 В		±0,00384 нФ
10 нФ	1 кГц	1 В		±0,0228 нФ
100 нФ	1 кГц	1 В		±0,214 нФ
1 мкФ	1 кГц	1 В		±0,00213 мкФ

9.6 Определение основной абсолютной погрешности измерения тангенса угла потерь.

Определение основной абсолютной погрешности измерения тангенса угла потерь проводить при помощи мер емкости P597 и мер сопротивления H2-2 методом прямых измерений в следующей последовательности:

9.6.1 На измерителе импеданса нажать кнопку «CORR». Произвести калибровку нуля согласно РЭ измерителя импеданса.

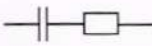
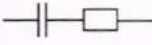
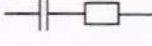
9.6.2 Штекерами «банан» последовательно подключить меры емкости и сопротивления.

9.6.3 Выбрать «Parametr 1». Установить режим «Cs». Выбрать «Parametr 2». Установить режим «D». Далее выбрать параметр «SPEED», установить скорость измерения «SLOW» или «MED».

9.6.4 Измерить поочередно значения тангенса угла потерь при соответствующей частоте в соответствии с таблицей 9. Зафиксировать показания и занести их в таблицу 9.

Результаты операции поверки считать положительными, если показания измерителя импеданса находятся в пределах, приведенных в таблице 9.

Таблица 9 – Поверяемые значения тангенса угла потерь

Номинальное значение	Значения частоты сигнала	Действительное значение тангенса угла потерь D	Значения измеренного тангенса угла потерь	Пределы допускаемой абсолютной погрешности
P597 H2-2  1 нФ 1 кОм	1 кГц	0,0063		±0,0037
P597 H2-2  10 нФ 1 кОм	1 кГц	0,0628		±0,0023
P597 H2-2  40 нФ 1 кОм	1 кГц	0,2513		±0,0027

9.7 Определение основной абсолютной погрешности измерения индуктивности.

Определение основной абсолютной погрешности измерения индуктивности проводить при помощи мер из набора P5101 – P5115 в следующей последовательности:

9.7.1 Кабели типа «BNC-банан» подключить к измерителю импеданса. На измерителе импеданса нажать кнопку «CORR». Произвести калибровку нуля согласно РЭ измерителя импеданса.

9.7.2 Штекерами «банан» подсоединить меру индуктивности.

9.7.3 Выбрать «Parametr 1». Установить режим «Ls». Далее выбрать параметр «SPEED», установить скорость измерения «SLOW» или «MED».

9.7.4 Измерить поочередно значения индуктивности при соответствующей частоте и напряжении в соответствии с таблицей 10. Зафиксировать показания и занести их в таблицу 10.

Результаты операции поверки считать положительными, если показания измерителя импеданса находятся в пределах, приведенных в таблице 10.

Таблица 10 – Поверяемые значения индуктивности

Значения индуктивности	Значения частоты сигнала	Значения установленного напряжения	Значения измеренной индуктивности	Пределы допускаемой абсолютной погрешности
1 мГн	1 кГц	1 В		±0,0023 мГн
10 мГн	1 кГц	1 В		±0,0213 мГн
100 мГн	1 кГц	1 В		±0,213 мГн
1 Гн	1 кГц	1 В		±0,00219 Гн

10 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

10.1 Результаты операции поверки подтверждаются сведениями, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с порядком, установленным действующим законодательством.

10.2 По заявлению владельца или лица, представившего СИ на поверку, положительные Результаты операции поверки оформляют свидетельством о поверке, содержащем информацию в соответствии с действующим законодательством, и (или) нанесением на СИ знака поверки.

10.3 По заявлению владельца или лица, представившего СИ на поверку, отрицательные Результаты операции поверки оформляют извещением о непригодности к применению средства измерений, содержащем информацию в соответствии с действующим законодательством.

10.4 Протоколы поверки оформляются по произвольной форме по заявлению владельца или лица, представившего СИ на поверку.

Начальник отдела испытаний
АО «ПриСТ»

О. В. Котельник

Ведущий инженер по метрологии
отдела испытаний АО «ПриСТ»

Е. Е. Смердов