

Федеральное государственное унитарное предприятие
«Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии
им. Д. И. Менделеева»
ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»

СОГЛАСОВАНО

Генеральный директор
ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»

Заместитель генерального директора

Е. П. Кривцов

доверенность № 54/2021

от 24.12.2021

М. п. 25 марта 2024 г.



Государственная система обеспечения единства измерений

Пылеизмерители лазерные ЛПИ-05

Методика поверки

МП 242-2573-2024

Руководитель научно-исследовательского
отдела госэталонов в области физико-
химических измерений

А. В. Колобова

Руководитель лаборатории госэталонов и
научных исследований в области измерений
параметров дисперсных сред

Д. Н. Козлов

Научный сотрудник лаборатории госэталонов
и научных исследований в области измерений
параметров дисперсных сред

Ю. А. Крамаренко

1. Общие положения

1.1. Настоящий документ устанавливает методику первичной и периодической поверки пылеизмерителей лазерных ЛПИ-05 (далее – пылеизмерители).

1.2. Методика поверки обеспечивает прослеживаемость к:

– Государственному первичному специальному эталону единицы массовой концентрации частиц в аэродисперсных средах ГЭТ 164-2016 согласно Государственной поверочной схеме для средств измерений дисперсных параметров аэрозолей, взвесей и порошкообразных материалов, утверждённой приказом Росстандарта от 30 декабря 2021 г. № 3105;

– Государственному первичному эталону единиц спектральных коэффициентов направленного пропускания, диффузного и зеркального отражений в диапазоне длин волн от 0,2 до 20,0 мкм ГЭТ 156-2015 согласно Государственной поверочной схеме для средств измерений спектральных, интегральных, редуцированных коэффициентов направленного пропускания, диффузного и зеркального отражений и оптической плотности в диапазоне длин волн от 0,2 до 20,0 мкм, утверждённой приказом Росстандарта от № 2517 от 27 ноября 2018 г.

1.3. Методы, обеспечивающие реализацию методики поверки: непосредственное сличение поверяемого средства измерений с эталоном той же единицы величины и прямые измерения.

1.4. Методикой поверки не предусмотрена возможность проведения поверки отдельных измерительных каналов и (или) отдельных автономных блоков из состава средства измерений для меньшего числа измеряемых величин или на меньшем числе поддиапазонов измерений.

1.5. При пользовании настоящей методикой поверки целесообразно проверить действие ссылочных документов по соответствующему указателю стандартов, составленному по состоянию на 1 января текущего года и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году.

1.6. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящей методикой следует руководствоваться заменяющим (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

2. Перечень операций поверки средства измерений

2.1. При проведении поверки должны быть выполнены следующие операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
1	2	3	4
Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	7
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	8
Проверка программного обеспечения средства измерений	Да	Да	9

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям			10
1) по каналу измерений массовой концентрации пыли	Да	Нет	10.1
2) по каналу измерений спектрального коэффициента направленного пропускания	Да	Да	10.2

2.2. Если при проведении той или иной операции поверки получен отрицательный результат, дальнейшая поверка прекращается.

3. Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С от +15 до +25
- относительная влажность окружающего воздуха, %, не более 80

4. Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1. К проведению поверки допускаются поверители, имеющие квалификацию не ниже инженера и прошедшие инструктаж по технике безопасности.

4.2. Допускается привлекать к проведению работ по поверке сотрудников предприятия-владельца пылеизмерителя, организации, представившей его на поверку, или иных организаций, при условии выполнения ими работ под контролем поверителя.

5. Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1. При проведении поверки должны быть применены средства, указанные в таблице 2.

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
п. 8	1. Средство измерений температуры окружающего воздуха в диапазоне измерений от плюс 15 °С до плюс 25 °С, с пределами допускаемой абсолютной погрешности ± 1 °С. 2. Средство измерений относительной влажности воздуха с верхней границей диапазона измерений не менее 80 %, с пределами допускаемой абсолютной погрешности ± 3 %.	Прибор комбинированный Testo 622, рег. № в ФИФ ОЕИ 53505-13
пп. 8, 10.2	Стойка проверочная производства ООО НТЦ «ПРОМПРИБОР»	

Продолжение таблицы 2

1	2	3
п. 10.1	Рабочий эталон (эталон) единицы массовой концентрации аэрозольных частиц с диапазоном (поддиапазоном) измерений не менее, чем у пылеизмерителя, с пределами допускаемой относительной погрешности $\pm 10\%$ в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений дисперсных параметров аэрозолей, взвесей и порошкообразных материалов, утверждённой приказом Росстандарта от 30 декабря 2021 г. № 3105.	1. Государственный рабочий эталон единицы массовой концентрации частиц в аэродисперсных средах в диапазоне от 0,02 до 1500 мг/м ³ , рег. № в ФИФ ОЕИ 3.1.ZZB.0161.2015. 2. Государственный рабочий эталон единицы массовой концентрации частиц в аэродисперсных средах в диапазоне от 1 до 15·10 ³ мг/м ³ , рег. № в ФИФ ОЕИ 3.1.ZZB.0230.2016.
п. 10.2	Набор мер единицы спектрального коэффициента направленного пропускания с диапазоном воспроизведения не менее, чем у пылеизмерителя, с пределами допускаемой абсолютной погрешности $\pm 1\%$ в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений спектральных, интегральных, редуцированных коэффициентов направленного пропускания, диффузного и зеркального отражений и оптической плотности в диапазоне длин волн от 0,2 до 20,0 мкм, утвержденной Приказом Росстандарта от 27 ноября 2018 г. № 2517.	Комплект светофильтров КСФ-01, рег. № в ФИФ ОЕИ 19696-00
Примечание – Допускается использовать при поверке другие утверждённые и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утверждённого типа, поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.		

5.2. При определении (контроле) метрологических характеристик пылеизмерителей применяются тестовые аэрозоли. Требования к оборудованию и материалам, применяемым при создании тестовых аэрозолей, приведены в Приложении А к настоящей методике поверки.

6. Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

При проведении поверки должны соблюдаться требования безопасности, изложенные в эксплуатационной документации (далее – ЭД) на средства поверки и пылеизмеритель, а также требования правил техники безопасности при работе с напряжением до 250 В.

7. Внешний осмотр средства измерений

7.1. Проверить соответствие внешнего вида пылеизмерителя описанию типа средства измерений.

7.2. Проверить наличие знака утверждения типа в месте, указанном в описании типа средства измерений.

7.3. Проверить отсутствие дефектов, способных оказать влияние на безопасность проведения поверки и (или) на результаты поверки.

Результаты внешнего осмотра считаются положительными, если пылеизмеритель соответствует требованиям пп. 7.1 – 7.3.

8. Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1. Выдержать пылеизмеритель в помещении при температуре, соответствующей условиям проведения поверки, не менее 8 ч. В случае, если пылеизмеритель находился при температуре ниже 0 °С, время выдержки должно быть не менее 24 ч.

8.2. Осуществить контроль условий проведения поверки на соответствие требованиям, приведённым в п. 3.

8.3. Подготовить средства поверки и пылеизмеритель к работе в соответствии с их ЭД.

8.4. Выполнить монтаж блоков пылеизмерителя на стойку проверочную согласно ЭД. Запустить пылеизмеритель и перевести в режим измерений.

Результаты опробования считаются положительными, если функционирование пылеизмерителя соответствует требованиям ЭД, отсутствуют сообщения об ошибках и прочие неисправности, влияющие на его работоспособность и препятствующие дальнейшему проведению поверки.

9. Проверка программного обеспечения средства измерений

Перейти в меню «Контроль» встроенного программного обеспечения, выбрать пункт «Версия». Номер версии будет указан в открывшемся окне меню.

Результаты проверки программного обеспечения считаются положительными, если версия встроенного программного обеспечения соответствует требованиям описания типа средства измерений.

10. Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1. Канал измерений массовой концентрации пыли

10.1.1. Подготовить к работе систему генерации аэрозольных частиц на основе водных растворов и суспензий в составе генератора аэрозоля и камеры смесительной (таблица А.1 приложения А к методике поверки).

10.1.2. Выполнить монтаж пылеизмерителя на камере смесительной согласно рекомендациям по монтажу, приведённым в его ЭД, таким образом, чтобы поток тестового аэрозоля проходил между блоками излучателя и приёмника или приёмопередатчика и отражателя (в зависимости от модификации пылеизмерителя).

10.1.3. Подключить пробоотборное устройство (анализатор пыли) из состава рабочего эталона к камере смесительной.

10.1.4. Перевести систему генерации аэрозольных частиц в режим создания тестового аэрозоля. В соответствии с ЭД на пылеизмеритель выполнить установку градуировочного коэффициента, установив на генераторе производительность тестового аэрозоля, обеспечивающую значение массовой концентрации пыли в камере смесительной (25 ± 10) мг/м³. Контроль массовой концентрации осуществлять с помощью рабочего эталона. Продуть камеру смесительную чистым воздухом после окончания измерений.

10.1.5. Произвести пылеизмерителем и рабочим эталоном одновременное измерение массовой концентрации пыли в камере смесительной, последовательно устанавливая на генераторе производительности тестового аэрозоля, обеспечивающие следующие значения массовой концентрации пыли в камере смесительной: $(1,0 \pm 0,5)$; (25 ± 5) и (45 ± 5) мг/м³. Записать в протокол поверки (Приложение Б к настоящей методике поверки) полученные по результатам измерений значения.

10.1.6. Подготовить к работе систему генерации аэрозольных частиц на основе порошков в составе порошкового генератора аэрозоля и камеры смесительной (таблица А.2 приложения А к методике поверки).

10.1.7. Выполнить пп. 10.1.2 – 10.1.4, установив на генераторе производительность тестового аэрозоля, обеспечивающую значение массовой концентрации пыли в камере смесительной (2000 ± 1000) мг/м³.

10.1.8. Выполнить п. 10.1.5, последовательно устанавливая на генераторе производительности подачи аэрозоля, обеспечивающие следующие значения массовой концентрации пыли в камере смесительной: (200 ± 100) ; (2000 ± 500) и (4000 ± 1000) мг/м³.

10.1.9. Приведённую погрешность измерений массовой концентрации пыли (γ , %) в поддиапазоне измерений от 0 до 5 мг/м³ включ. (для модификаций ЛПИ-05.1.1, ЛПИ-05.1.1В, ЛПИ-05.1.2) или в поддиапазоне измерений от 0 до 2 мг/м³ включ. (для модификаций ЛПИ-05.2.1, ЛПИ-05.2.1В, ЛПИ-05.2.2) вычислить по формуле (1):

$$\gamma = \frac{C_{и} - C_{д}}{C_{пд}} \cdot 100 \quad (1)$$

где:

- $C_{и}$, мг/м³ – измеренное значение массовой концентрации пыли, полученное пылеизмерителем;
- $C_{д}$, мг/м³ – действительное значение массовой концентрации пыли, полученное на рабочем эталоне;
- $C_{пд}$, мг/м³ – верхняя граница поддиапазона измерений массовой концентрации пыли пылеизмерителя.

10.1.10. Относительную погрешность измерений массовой концентрации пыли (δ , %) в поддиапазоне измерений св. 5 до $1 \cdot 10^4$ мг/м³ (для модификаций ЛПИ-05.1.1, ЛПИ-05.1.1В, ЛПИ-05.1.2) или в поддиапазоне измерений св. 2 до $5 \cdot 10^3$ мг/м³ (для модификаций ЛПИ-05.2.1, ЛПИ-05.2.1В, ЛПИ-05.2.2) вычислить по формуле (2):

$$\delta = \frac{C_{и} - C_{д}}{C_{д}} \cdot 100 \quad (2)$$

где:

- $C_{и}$, мг/м³ – измеренное значение массовой концентрации пыли, полученное пылеизмерителем;
- $C_{д}$, мг/м³ – действительное значение массовой концентрации пыли, полученное на рабочем эталоне.

Результаты подтверждения соответствия пылеизмерителя метрологическим требованиям считаются положительными, если приведённая и относительная погрешности не превышают допустимых пределов (± 20 %).

10.2. Канал измерений спектрального коэффициента направленного пропускания

10.2.1. Выполнить монтаж блоков пылеизмерителя на стойку проверочную согласно ЭД.

10.2.2. Провести пылеизмерителем измерение спектрального коэффициента направленного пропускания для мер из набора, помещая их поочередно в отсек стойки проверочной.

10.2.3. Абсолютную погрешность измерений спектрального коэффициента направленного пропускания (Δ , %) для длины волны 638 нм вычислить по формуле (3):

$$\Delta = T_{и} - T_{д} \quad (3)$$

где:

– $T_{и}$, % – измеренное значение спектрального коэффициента направленного пропускания для длины волны 638 нм, полученное пылеизмерителем;

– $T_{д}$, % – действительное значение спектрального коэффициента направленного пропускания для длины волны 638 нм.

Результаты подтверждения соответствия пылеизмерителя метрологическим требованиям считаются положительными, если абсолютная погрешность не превышает допускаемых пределов ($\pm 2\%$).

11. Оформление результатов поверки

11.1. Результаты поверки вносят в протокол поверки установленной формы.

11.2. Результатами поверки средств измерений в соответствии с частью 4 статьи 13 Федерального закона № 102-ФЗ являются сведения о результатах поверки средств измерений, включенные в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

11.3. Пылеизмеритель, удовлетворяющий метрологическим требованиям, признается пригодным к применению, и на него по заявлению владельца пылеизмерителя или лица, представившего его на поверку, выдаётся свидетельство о поверке установленной формы. Знак поверки наносится на свидетельство о поверке в случае его оформления.

11.4. Пылеизмеритель, не удовлетворяющий метрологическим требованиям, к дальнейшей эксплуатации не допускается, и на него по заявлению владельца пылеизмерителя или лица, представившего его на поверку, выдаётся извещение о непригодности к применению установленной формы.

Приложение А
(обязательное)

**Требования к оборудованию и материалам,
применяемым при создании тестовых аэрозолей**

При определении (контроле) метрологических характеристик пылеизмерителей лазерных ЛПИ-05 (далее – пылеизмерители) согласно настоящей методике поверки применяются тестовые аэрозоли, создаваемые с помощью систем генерации аэрозольных частиц.

Оборудование и материалы, применяемые при создании тестовых аэрозолей, а также требования к ним приведены в таблицах А.1 и А.2. Допускается применение другого оборудования и материалов с аналогичными характеристиками.

Для пылеизмерителей модификаций ЛПИ-05.1.1, ЛПИ-05.1.1В, ЛПИ-05.1.2 применяются тестовые аэрозоли на основе натрия хлористого *NaCl* (или аналога) в поддиапазоне от 0,5 до 50 мг/м³ включ. и на основе пыли инертной (или аналога) в поддиапазоне св. 50 до 1·10⁴ мг/м³.

Для пылеизмерителей модификаций ЛПИ-05.2.1, ЛПИ-05.2.1В, ЛПИ-05.2.2 применяются тестовые аэрозоли на основе натрия хлористого *NaCl* (или аналога) в поддиапазоне от 0,5 до 50 мг/м³ включ. и на основе пыли инертной (или аналога) в поддиапазоне св. 50 до 5·10³ мг/м³.

Таблица А.1 – Оборудование и материалы, применяемые при создании тестовых аэрозолей на основе натрия хлористого *NaCl* (или аналога)

№	Наименование материала или оборудования, номер документа, регламентирующего технические требования	Требования, предъявляемые к материалу или оборудованию, основные технические и (или) метрологические характеристики
1	Система генерации аэрозольных частиц на основе водных растворов и суспензий в составе генератора аэрозоля и камеры смесительной.	<p>1. Генератор аэрозоля должен обеспечивать возможность непрерывной генерации тестового аэрозоля со стабильными характеристиками не менее 10 мин.</p> <p>2. Камера смесительная должна иметь возможность продувки чистым воздухом. Массовая концентрация пыли в чистом воздухе не должна превышать 0,5 мг/м³. Контроль чистоты воздуха осуществляется рабочим эталоном.</p> <p>3. Конструкция камеры смесительной должна обеспечивать расстояние между смонтированными блоками пылеизмерителя 1 м (оптическая длина пути 1 или 2 м в зависимости от модификации пылеизмерителя).</p>
2	Натрий хлористый <i>NaCl</i> по ГОСТ 4233-77, марка «х.ч.»	При приготовлении растворов для создания тестовых аэрозолей следует руководствоваться рекомендациями эксплуатационной документации на генератор аэрозоля.
	Вода дистиллированная по ГОСТ Р 58144-2018	
	Посуда лабораторная по ГОСТ 25336-82	

Таблица А.2 – Оборудование и материалы, применяемые при создании тестовых аэрозолей на основе пыли инертной (или аналога)

№	Наименование материала или оборудования, номер документа, регламентирующего технические требования	Требования, предъявляемые к материалу или оборудованию, основные технические и (или) метрологические характеристики
1	Система генерации аэрозольных частиц на основе порошков в составе порошкового генератора аэрозоля и камеры смесительной.	<p>1. Генератор аэрозоля должен обеспечивать возможность непрерывной генерации тестового аэрозоля со стабильными характеристиками не менее 10 мин.</p> <p>2. Камера смесительная должна иметь возможность продувки чистым воздухом. Массовая концентрация пыли в чистом воздухе не должна превышать 1 мг/м³. Контроль чистоты воздуха осуществляется рабочим эталоном.</p> <p>3. Конструкция камеры смесительной должна обеспечивать расстояние между смонтированными блоками пылеизмерителя 1 м (оптическая длина пути 1 или 2 м в зависимости от модификации пылеизмерителя).</p>
2	Пыль инертная марки ПИГ по ГОСТ Р 51569-2000	Допускается применение других веществ и материалов для создания тестовых аэрозолей со средним диаметром частиц от 1 до 20 мкм.

Приложение Б
(рекомендуемое)

Протокол поверки №

Наименование средства измерений, тип:

Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений:

Заводской номер:

Год выпуска:

Заказчик:

Методика поверки:

Средства поверки:

Условия поверки:

- температура окружающего воздуха, °С
- относительная влажность окружающего воздуха, %

Результаты поверки:

1. Внешний осмотр средства измерений
2. Подготовка к поверке и опробование средства измерений
3. Проверка программного обеспечения средства измерений
4. Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

4.1. Канал измерений массовой концентрации пыли

Таблица Б.1

$C_{и}, \text{мг/м}^3$	$C_{д}, \text{мг/м}^3$	$\gamma, \%$	$\delta, \%$

В таблице Б.1:

- $C_{и}, \text{мг/м}^3$ – измеренное значение массовой концентрации пыли, полученное пылеизмерителем;
- $C_{д}, \text{мг/м}^3$ – действительное значение массовой концентрации пыли, полученное на рабочем эталоне;
- $\gamma, \%$ – приведённая погрешность измерений.
- $\delta, \%$ – относительная погрешность измерений.

4.2. Канал измерений спектрального коэффициента направленного пропускания

Таблица Б.2

$T_{и}, \%$	$T_{д}, \%$	$\Delta, \%$

В таблице Б.2:

- $T_{и}, \%$ – измеренное значение спектрального коэффициента направленного пропускания для длины волны 638 нм, полученное пылеизмерителем;
- $T_{д}, \%$ – действительное значение спектрального коэффициента направленного пропускания для длины волны 638 нм;
- $\Delta, \%$ – абсолютная погрешность измерений.

Заключение:

Поверку произвёл:

Дата: