

СОГЛАСОВАНО

Первый заместитель генерального
директора – заместитель по научной
работе ФГУП «ВНИИФТРИ»



[Handwritten signature]
04

А.Н. Щипунов

2026 г.

«ГСИ. Установка для измерения объемной активности бета-излучающих инертных газов
УДГБ-203. Методика поверки»

МП 651-26-020

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на установки для измерения объемной активности бета-излучающих инертных газов УДГБ-203 (далее – установка), предназначенные для измерения объемной активности (далее - ОА) бета-излучающих инертных радиоактивных газов (далее - ИРГ) и используемые в качестве средств измерений в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений активности и объемной активности бета-активных газов, утвержденной приказом Росстандарта от 29.05.2025 № 1039.

1.2 В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические требования, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические требования к установкам

Наименование характеристики	Диапазон измерений, Бк/м ³	Пределы допускаемой относительной погрешности измерения ОА бета-излучающих ИРГ, %
Диапазон измерений ОА ⁸⁵ Kr	от $3,7 \cdot 10^6$ до $3,7 \cdot 10^{16}$	± 20
Диапазон измерений ОА ¹³³ Xe	от $3,7 \cdot 10^5$ до $3,7 \cdot 10^{16}$	± 20

1.3 При проведении поверки обеспечивается прослеживаемость установки к Государственному первичному эталону единиц активности и объёмной активности нуклидов в бета-активных газах ГЭТ 20-2025 в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений активности и объемной активности бета-активных газов, утвержденной приказом Росстандарта от 29.05.2025 № 1039.

1.4 Определение метрологических характеристик поверяемых установок осуществляется одним из методов:

- методом непосредственного сличения с применением эталонного радиометра ОА нуклидов в бета-активных газах;
- методом косвенных измерений с применением эталонов, заимствованных из других поверочных схем: установки дозиметрической – рабочего эталона 1-го или 2-го разрядов.

Примечание – Реализация метода косвенных измерений возможна при условии определения коэффициента перехода от мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения к ОА нуклидов в бета-активных газах, которое выполняется при поверке методом непосредственного сличения.

2 Перечень операций поверки средства измерений

2.1 Для поверки установки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – 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	
Внешний осмотр	Да	Да	7
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	8
Проверка программного обеспечения средства измерений	Да	Да	9
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	10

2.2 Поверка установок прекращается при получении отрицательного результата по любой из операций поверки.

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия, указанные в таблице 3.

Таблица 3 – Условия проведения поверки

Наименование параметра	Значение
Температура окружающего воздуха, °С	от плюс 15 до плюс 35
Относительная влажность, %	до 80
Атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.)	от 86,0 до 106,7 (от 645 до 800)
Мощность амбиентного эквивалента дозы фонового гамма-излучения, мкЗв/ч, не более	0,3

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 Поверка установки проводится лицами, допущенными к работам с источниками ионизирующих излучений в установленном порядке.

4.2 Поверка установки проводится лицами, ознакомленными с руководством по эксплуатации устройства ВШКФ.412668.004 РЭ «Установки УДГБ-203, предназначенные для измерения ОА бета-излучающих инертных газов. Руководство по эксплуатации» (далее – РЭ).

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки применяются основные и вспомогательные средства поверки, приведенные в таблице 4.

Таблица 4 – Метрологические и технические требования к средствам поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п.8. Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Средства измерений температуры окружающей среды от 0 до плюс 55 °С, основная абсолютная погрешность измерения не более $\pm 0,4$ °С	Прибор комбинированный Testo 622, регистрационный номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений (далее - ФИФ) 53505-13
	Средства измерений относительной влажности воздуха до 80 %, основная абсолютная погрешность измерения не более ± 3 %	
	Средства измерений атмосферного давления от 84 до 106 кПа, основная абсолютная погрешность измерения абсолютного давления $\pm 0,5$ кПа	
	Средство измерений объемного расхода воздуха, диапазон измерений от 5 до 50 л/мин, пределы допускаемой относительной погрешности измерений ± 5 %	
	Средства измерений МАЭД гамма-излучения в диапазоне от 0,1 до 10 мЗв/ч, относительная основная погрешность измерения не более ± 20 %	Счетчик газа барабанный ТГ, регистрационный номер в ФИФ 49356-12
	Ноутбук с предустановленным ПО «MASS2»	Дозиметр-радиометр МКС-АТ1117М, регистрационный номер в ФИФ 29551-13.
п.9. Проверка программного обеспечения средства измерений	Ноутбук с предустановленным ПО «MASS2»	
п.10. Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим	Рабочий эталон единицы ОА бета-излучающих инертных газов (эталонный радиометр), диапазон измерений от $5 \cdot 10^3$ до $1 \cdot 10^{16}$ Бк/м ³ с пределами допускаемой относительной погрешности ± 5 %.	Радиометр газов РГБ-08И, регистрационный номер в ФИФ 92855-24
	Радиоактивный газ с радионуклидом ⁸⁵ Kr по ГОСТ 25057 или ¹³³ Xe в ампуле, с	

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
требованиям	активностью в диапазоне от $1 \cdot 10^4$ до $1 \cdot 10^6$ Бк.	
	Шприц инъекционный вместимостью не менее 20 мл	
	Эталон единицы мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения, соответствующий требованиям к эталонам не ниже 2 разряда по государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта № 2273 от 26 сентября 2024 г, в диапазоне от $1,0 \cdot 10^{-5}$ до $1,0$ Зв/ч, доверительные границы основной относительной погрешности при $P=0,95$ не более 12 %.	Установка дозиметрическая гамма-излучения УДГ-АТ130 с набором источников гамма-излучения на основе ^{137}Cs и/или ^{60}Co , регистрационный номер в ФИФ 44761-15
	Ноутбук с предустановленным ПО «MASS2»	
Допускается использовать при поверке другие средства измерений утвержденного типа, применяемые в качестве эталонов единиц величин, аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.		

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При подготовке и проведении поверки установок необходимо соблюдать требования безопасности, предусмотренные документами «Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок» (утвержденные Приказом Минтруда России № 903н от 15.12.2020 г.), СанПин 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009», ОСПОРБ-99-2010 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности», правилами техники безопасности, устанавливаемыми действующими инструкциями предприятия, указаниями по безопасности, изложенными АБЛК.412113.404 РЭ (далее - РЭ), а также в эксплуатационной документации на применяемые средства поверки, указанные в разделе 5.

7 Внешний осмотр средства измерений

7.1 При внешнем осмотре установки должно быть установлено:

- соответствие комплектности установки;
- соответствие маркировки установки;
- соответствие пломб предусмотренной схеме пломбировки;
- отсутствие видимых механических повреждений и следов коррозии.

7.2 Результаты операции поверки считаются положительными, если:

- комплектность соответствует оговоренной в разделе 1.4 РЭ и описании типа;
- маркировка соответствует оговоренной в разделе 1.6 РЭ и описании типа;

- наличие пломб соответствует схеме пломбировки, указанной в описании типа;
- видимые механические повреждения и следы коррозии отсутствуют.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 При опробовании проводится проверка работоспособности установки в соответствии с руководством по эксплуатации. Включить установку без подачи воздуха, подключить ноутбук с предустановленным ПО «MASS2». Выдержать установку во включенном состоянии не менее 15 мин. Убедиться в том, что значения контролируемых параметров отображаются, а ошибки состояния установки отсутствуют. Осуществить 10 измерений фоновой силы тока I_{ϕ} , А. По десяти измеренным значениям фоновой силы тока вычислить среднее значение по формуле:

$$\bar{I}_{\phi} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I_{\phi i}, \quad (1)$$

где n — количество измерений.

8.2 Результат операции поверки считается положительным, если среднее значение фоновой силы тока не превышает $4 \cdot 10^{-14}$ А и по истечению времени установления рабочего режима (15 мин) после включения зафиксировано отображение значений контролируемых параметров и отсутствие ошибок состояния установки.

8.3 Отсоединить гибкий шланг от измерительной камеры установки и от входа насоса и с помощью гибкого шланга соединить вход средства измерений объемного расхода воздуха (счетчика) с выходом камеры, а выход — с входом насоса.

8.3.1 Включить установку и насос. С помощью вентиля установить объемный расход воздуха по каналу «Flow» установки последовательно 5, 25, 50 л/мин. Снять показания со счетчика.

8.3.2 Результат операции поверки считается положительным, если отклонение результатов измерений по счетчику от установленных значений объемного расхода не превышает $\pm 10\%$.

9 Проверка программного обеспечения средства измерений

9.1 В программе «MASS2» открыть окно «Software information». Сравнить идентификационные признаки ПО установки приведенными в описании типа.

9.2 Результаты операции поверки считаются положительными, если идентификационные данные ПО установки при поверке соответствуют данным, приведенным в описании типа установки.

10 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1 Определение относительной погрешности измерения ОА бета-излучающих ИРГ осуществляется:

- при проведении первичной поверки: методом непосредственного сличения результатов измерений ОА, полученных на установке, с результатами измерений ОА на эталонном радиометре газов с применением радиоактивного газа ^{85}Kr или ^{133}Xe (далее — радиоактивный газ) в соответствии с процедурами, описанными в 10.2;
- при проведении периодической поверки: методом непосредственного сличения

результатов измерений ОА, полученных на установке, с результатами измерений ОА на эталонном радиометре газов с применением радиоактивного газа в соответствии с процедурами, описанными в 10.2, или методом косвенных измерений с применением эталонной дозиметрической установки с источником на основе радионуклида ^{137}Cs и/или ^{60}Co в соответствии с процедурами, описанными в 10.4.

Процедура поверки косвенным методом с применением эталонной дозиметрической установки предусматривает использование коэффициента перехода от мощности AMBIENTНОГО эквивалента дозы гамма-излучения (далее – МАЭД) к объемной активности бета-излучающих ИРГ и может осуществляться только при наличии в паспорте и/или в свидетельстве о поверке значения данного коэффициента, определенного при первичной или периодической поверке с применением эталонной дозиметрической установки в соответствии с процедурами, описанными в 10.3.

10.2 Проверка относительной погрешности измерений ОА бета-излучающих ИРГ с использованием эталонного радиометра и радиоактивного газа.

10.2.1 Соединить с помощью двух шлангов выход эталонного радиометра с входом проточной измерительной ионизационной камеры (измерительной камерой) установки, а вход эталонного радиометра – с выходом измерительной камеры.

10.2.2 Ввести в измерительный контур радиоактивный газ в количестве, необходимом для создания в контуре объемной активности в диапазоне от $4 \cdot 10^6$ до $1 \cdot 10^8$ Бк·м⁻³.

10.2.3 Включить воздуходувку эталонного радиометра и в течение семи минут прокачать воздух по замкнутому контуру, обеспечивая равномерность распределения по всему замкнутому контуру.

10.2.4 Выполнить не менее 10-ти измерений ОА радиоактивного газа, каждый раз записывая значения показаний эталонного радиометра и поверяемой установки.

10.2.5 Среднее арифметическое значение ОА радиоактивного газа, Бк·м⁻³, вычислить по результатам измерений с использованием эталонного радиометра и на поверяемой установке по формуле:

$$\overline{A_V} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n A_{V_i}, \quad (2)$$

где A_{V_i} – значение ОА, полученное при i -ом измерении, Бк·м⁻³;

n – количество измерений.

10.2.6 Вычислить относительное среднее квадратическое отклонение (далее - СКО), %, результатов измерений ОА радиоактивного газа на эталонном радиометре и на поверяемой установке по формуле:

$$\sigma = \frac{1}{\overline{A_V}} \cdot \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \cdot \sum_{i=1}^n (A_{V_i} - \overline{A_V})^2} \cdot 100, \quad (3)$$

где n – количество измерений;

A_{V_i} – значение ОА, полученное при i -ом измерении, Бк·м⁻³;

$\overline{A_V}$ – среднее арифметическое значение ОА радиоактивного газа по результатам измерений с использованием установки, Бк·м⁻³, рассчитанное по формуле (2).

10.2.7 Вычислить систематическую составляющую относительной погрешности установки по формуле, %:

$$\delta_c = \frac{|\overline{A_V} - \overline{A_{V_0}}|}{\overline{A_{V_0}}} \cdot 100, \quad (4)$$

где $\overline{A_V}$ – среднее арифметическое значение ОА радиоактивного газа по результатам измерений с использованием установки, Бк·м⁻³, рассчитанное по формуле (2);

$\overline{A_{V_0}}$ – среднее арифметическое значение ОА радиоактивного газа по результатам измерений с использованием эталонного радиометра, Бк·м⁻³, рассчитанное по формуле (2).

10.2.8 Вычислить относительную погрешность установки, %, по формуле:

$$\delta = \pm(\delta_c + 2 \cdot \sqrt{\left(\frac{\delta_0}{\sqrt{3}}\right)^2 + \sigma^2 + \sigma_0^2}), \quad (5)$$

где σ_0 – СКО результатов измерений ОА радиоактивного газа на эталонном радиометре, %, рассчитанное по формуле (3);

σ – СКО результатов измерений ОА на установке, %, рассчитанное по формуле (3);

δ_0 – погрешность эталонного радиометра, %, из свидетельства о поверке (свидетельства об аттестации).

10.2.9 Операции по пунктам 10.2.2-10.2.8 повторить, последовательно создав в измерительном контуре объемные активности радиоактивного газа в диапазонах от 1·10⁹ до 1·10¹¹ Бк·м⁻³ и от 1·10¹¹ до 1·10¹³ Бк·м⁻³.

10.2.10 Результат операции поверки считать положительным, а установку считать соответствующей установленным требованиям, если относительная погрешность установки, рассчитанная по формуле (5), не выходит за пределы ±20 %.

10.3 Определение коэффициента перехода от МАЭД гамма-излучения, создаваемой установкой дозиметрической с источником на основе радионуклида ¹³⁷Cs и/или ⁶⁰Co, к ОА бета-излучающих ИРГ.

10.3.1 Включить установку и дать ей прогреться в течение 15 мин.

10.3.2 Извлечь измерительную камеру установки из защиты и разместить её на установку дозиметрическую гамма-излучения таким образом, чтобы геометрический центр измерительной камеры находился в центре пучка излучения.

10.3.3 Воспроизвести на установке дозиметрической значение МАЭД гамма-излучения \dot{H} , Зв/ч, соответствующее первой контрольной точке из таблицы 5.

Таблица 5 – Контрольные точки

№ контрольной точки	Диапазон МАЭД, в пределах которого выбирается значение \dot{H} , Зв/ч
1	от 2,8·10 ⁻⁵ до 6,0·10 ⁻⁵
2	от 1,0·10 ⁻³ до 1,0·10 ⁻²
3	от 1,0·10 ⁻¹ до 1,0·10 ⁰

10.3.4 Вывести на экран ПК в виде гистограммы опцию «historical trend» (развитие во времени) средней за одну минуту ОА.

10.3.5 По десяти измеренным значениям, отображенным на гистограмме ОА, вычислить ее среднее значение по формуле (2).

10.3.6 Определить значение коэффициента перехода от МАЭД гамма-излучения, создаваемой установкой дозиметрической с источником на основе радионуклида ^{137}Cs и/или ^{60}Co , к ОА бета-излучающих ИРГ, $\text{Бк}\cdot\text{м}^{-3}\cdot\text{Зв}^{-1}\cdot\text{ч}$, по формуле:

$$k = \frac{\bar{A}_V}{\dot{H}}, \quad (6)$$

где \bar{A}_V – среднее арифметическое значение ОА бета-излучающих ИРГ по результатам измерений с использованием установки, $\text{Бк}\cdot\text{м}^{-3}$, рассчитанное по формуле (2);

\dot{H} – значение МАЭД, воспроизводимое на установке дозиметрической, $\text{Зв}/\text{ч}$.

10.3.7 Повторить операции по 10.3.3 – 10.3.6 для остальных контрольных точек из таблицы 5.

10.3.8 Вычислить среднее значение коэффициента перехода по формуле:

$$\bar{k} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n k_i. \quad (7)$$

где k_i – коэффициент перехода от МАЭД гамма-излучения, создаваемой установкой дозиметрической с источником на основе радионуклида ^{137}Cs и/или ^{60}Co , к ОА бета-излучающих ИРГ для i -й контрольной точки, рассчитанное по формуле (2);

n – количество контрольных точек, $n = 3$.

10.4 Определение относительной погрешности установки при измерении ОА бета-излучающих ИРГ с использованием установки дозиметрической гамма-излучения.

10.4.1 Включить установку и дать ей прогреться в течение 15 мин.

10.4.2 Извлечь измерительную камеру установки из защиты и разместить её на установке дозиметрической гамма-излучения таким образом, чтобы геометрический центр измерительной камеры находился в центре пучка излучения.

10.4.3 Воспроизвести на установке дозиметрической значение МАЭД гамма-излучения \dot{H} , $\text{Зв}/\text{ч}$, соответствующее первой контрольной точке из таблицы 5.

10.4.4 Вывести на экран ПК в виде гистограммы опцию «historical trend» (развитие во времени) средней за одну минуту ОА.

10.4.5 По десяти измеренным значениям, отображенным на гистограмме ОА, вычислить ее среднее значение \bar{A}_V по формуле (2).

10.4.6 Вычислить относительную погрешность установки при измерении ОА бета-излучающих ИРГ с использованием установки дозиметрической, %, по формуле:

$$\delta = \pm \left(\left| \frac{\bar{A}_V - \bar{k} \cdot \dot{H}}{\bar{k} \cdot \dot{H}} \right| \cdot 100 + 2 \cdot \sqrt{\left(\frac{\delta_{\text{уст}}}{\sqrt{3}} \right)^2 + \sigma^2} \right), \quad (8)$$

где \bar{k} – коэффициент перехода от МАЭД гамма-излучения к ОА бета-излучающих ИРГ, $\text{Бк}\cdot\text{м}^{-3}\cdot\text{Зв}^{-1}\cdot\text{ч}$, определенный по п. 10.3

$\delta_{\text{уст}}$ – основная погрешность установки дозиметрической, указанная в свидетельстве о ее аттестации (или свидетельстве о поверке), %;

σ – СКО результатов измерений ОА на установке, %, рассчитанное по формуле (3).

10.4.7 Повторить операции по 10.4.3 – 10.3.6 для остальных точек из таблицы 5.

10.5 Результат операции поверки считается положительным, а установка считается соответствующей установленным требованиям, если относительная погрешность установки при измерении ОА бета-излучающих ИРГ с использованием установки дозиметрической, определенная для всех точек из таблицы 5 по формуле (8), не выходит за пределы $\pm 20\%$.

11 Оформление результатов поверки

11.1 Результаты поверки установки оформляются в соответствии с приказом Министерства промышленности и торговли Российской Федерации № 2510 от 31 июля 2020 г.


11.2 По результатам поверки оформляется протокол.

11.3 Сведения о результатах поверки установки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

11.4 По заявлению владельца установки или лица, представившего ее на поверку, при положительных результатах поверки выдается свидетельство о поверке и (или) в формуляр установки вносится запись о проведенной поверке или электронный адрес ссылки на результаты поверки в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений.

11.5 В случае отрицательных результатов поверки по заявлению владельца установки или лица, представившего ее на поверку, выдается извещение о непригодности к применению средства измерений.

Начальник НИО-4 ФГУП «ВНИИФТРИ»

 О.А. Картавенко

Заместитель начальника НИО-4 по научной работе
ФГУП «ВНИИФТРИ»

 О.И. Коваленко