

СОГЛАСОВАНО

Врио первого заместителя генерального
директора – заместителя по научной работе
ФГУП «ВНИИФТРИ»



В.В. Швыдун

2026 г.

«ГСИ. Установка для измерения объемной активности бета-излучающих инертных газов
УДГБ-209М. Методика поверки»

МП 651-25-040

2026

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на установки УДГБ-209М (далее – установки), предназначенные для измерения объемной активности (далее - ОА) бета-излучающих инертных радиоактивных газов (далее - ИРГ), используемые в качестве средств измерений в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений активности и объемной активности бета-активных газов, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 мая 2025 г. № 1039 (далее – ГПС).

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

Таблица 1

Диапазон измерений ОА ИРГ, Бк/м ³	Пределы допускаемой относительной основной погрешности измерения ОА ИРГ (при доверительной вероятности равной 0,95), %
от $3,7 \cdot 10^4$ до $3,7 \cdot 10^9$	± 50

1.3 При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивается передача единиц ОА ИРГ, в соответствии с ГПС, подтверждающая прослеживаемость к Государственному первичному эталону единиц активности и объемной активности нуклидов в бета-активных газах ГЭТ 20-2025.

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 (радионуклидных источников фотонного излучения).

Примечание – Реализация метода косвенных измерений возможна при условии наличия коэффициентов перехода от активности радионуклидных источников фотонного излучения к ОА нуклидов в бета-активных газах, которые определяются при поверке методом непосредственного сличения.

2 Перечень операций поверки

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

Таблица 2

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	при первичной поверке	при периодической поверке	
Внешний осмотр	Да	Да	7.1
Контроль условий поверки	Да	Да	7.2
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	7.4
Проверка программного обеспечения средства измерений	Да	Да	7.3
Определение диапазона измерения и пределов допускаемой относительной погрешности измерений	Да	Да	7.5.2-7.5.4
Определение относительной погрешности установки при измерении объемного расхода прокачиваемого воздуха	Да	Да	7.5.5
Оформление результатов поверки	Да	Да	8

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

Наименование параметра	Диапазон значений
Температура окружающего воздуха, °С	от 0 до плюс 55
Относительная влажность, %	до 80
Атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.)	от 84,0 до 106,7 (от 630 до 800)
Мощность амбиентного эквивалента дозы (далее – МАЭД) 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.412668.465 РЭ «Установки УДГБ-209М, предназначенные для измерения объемной активности 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

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
7.2 Контроль условий поверки	Средства измерений температуры окружающей среды от 0 до 55 °С, основная погрешность не более $\pm 0,4$ °С. Средства измерений относительной влажности воздуха до 80 %, основная погрешность не более ± 3 %. Средства измерений атмосферного давления от 84 до 106 кПа, основная погрешность $\pm 0,5$ кПа Средства измерений МАЭД гамма-излучения в диапазоне от 0,1 до 10 мЗв/ч, относительная основная погрешность не более ± 20 %	Прибор комбинированный Testo 622, рег. № 53505-13 Дозиметр-радиометр МКС-АТ1117М, рег. № 29551-13.
7.5 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Рабочий эталон единицы объемной активности бета-излучающих инертных газов (эталонный радиометр), диапазон измерений от $5 \cdot 10^4$ до $5 \cdot 10^9$ Бк/м³ с погрешностью, ± 10 % при доверительной вероятности 0,95. Источники фотонного излучения на основе радионуклида цезий-137 с относительной погрешностью измерений не более 6 % в соответствии с ГПС, утверждённой приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 3341 от 30.12.2022, активностями от $5 \cdot 10^3$ до $1 \cdot 10^6$ Бк. Счетчик газа с диапазоном измерений от 5 до 50 л/мин, с погрешностью, 3 %	Радиометры газов РГБ-07, рег. № 10595-07 Источники фотонного излучения радионуклидные закрытые спектрометрические эталонные ОСГИ-3 (далее - ОСГИ), рег. № 46383-11. Счётчики газа барабанные, тип TG, рег. № 30218-05
	Средство измерений длительности интервалов времени с допускаемой основной абсолютной погрешностью $\pm 0,01$ с	Секундомер электронный «Интеграл С-01», рег. № 44154-16.

Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и 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 устройств необходимо соблюдать требования безопасности, предусмотренные документами «Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок» (утверждённые Приказом Минтруда России № 903н от 15.12.2020 г.), НРБ-99/2009 «Нормы радиационной безопасности», ОСПОРБ-99-2010 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности», правилами техники безопасности, устанавливаемыми действующими инструкциями предприятия, указаниями по безопасности, изложенными ВШКФ.412668.003 РЭ (далее - РЭ), а также в эксплуатационной документации на применяемые средства поверки, указанные в разделе 5.

7 Процедуры поверки

7.1 Внешний осмотр

7.1.1 При внешнем осмотре устройства должно быть установлено:

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

7.1.2 Результаты операции поверки считаются положительными, если:

- комплектность соответствует, оговорённой в разделе 1.4 РЭ и описании типа;
- маркировка соответствует, оговорённой в разделе 1.6 РЭ и описании типа;
- наличие пломб соответствует схеме пломбировки, указанной в описании типа;
- видимые механические повреждения и следы коррозии отсутствуют.

7.2 Контроль условий поверки

7.2.1 Измерить температуру, относительную влажность, давление воздуха и МАЭД фоновое гамма-излучения в месте расположения устройства.

7.2.2 Результаты поверки считаются положительными, если температура, относительная влажность, давление воздуха в месте расположения устройства и МАЭД соответствуют требованиям раздела 3 настоящей методики поверки.

7.3 Проверка программного обеспечения средства измерений

7.3.1 Программное обеспечение (далее – ПО) возможно идентифицировать при включении установки. Производителем не предусмотрен иной способ идентификации ПО.

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

7.4 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

7.4.1 При опробовании проводится проверка работоспособности установки в соответствии с руководством по эксплуатации. Включают установку без подачи воздуха. На дисплее должно отражаться последнее измеренное значение ОА.

7.4.2 Выдерживают установку во включенном состоянии не менее 15 мин. Осуществляют измерение скорости счета фоновых импульсов в бета-канале. По десяти измеренным значениям скорости счета фона $N_{\text{ф}}$ и объемной активности, обусловленной фоном, $A_{\text{Vф}}$ вычисляют средние значения по формулам (1) и (2):

$$\overline{N}_{\Phi} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n N_{\Phi i}, \quad (1)$$

$$\overline{A}_{V\Phi} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n A_{V\Phi i}, \quad (2)$$

где n — количество измерений.

7.4.3 Результаты измерений заносят в протокол поверки

Примечание — при осуществлении операций поверки здесь и далее измеренные значения допускается получать как из отображаемых на дисплее блока первичной обработки данных, так и с использованием специализированного ПО, выводя на экран персонального компьютера в виде гистограммы опцию «historical trend» (развитие во времени).

7.4.3 Результаты поверки считаются положительными, если на дисплее блока первичной обработки данных (далее - БПОД) отражается последнее измеренное значение ОА, а из акустического элемента после включения издается звуковой сигнал.

7.5 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

7.5.1 Проверка основной относительной погрешности установки при измерении ОА ИРГ осуществляется:

- при проведении первичной поверки: методом непосредственного сличения результатов измерений ОА полученных на установке УДГБ-209М с результатами измерений ОА эталонным радиометром газов с применением радиоактивного газа ^{85}Kr в соответствии с процедурами, описанными в 7.5.2.

- при проведении периодической поверки: методом непосредственного сличения результатов измерений ОА полученных на установке УДГБ-209М с результатами измерений эталонным радиометром газов с применением радиоактивного газа ^{85}Kr в соответствии с процедурами, описанными в 7.5.2, или методом косвенных измерений с применением эталонов на основе закрытых радионуклидных источников фотонного излучения с радионуклидом цезий-137 в соответствии с 7.5.4.

Процедура поверки косвенным методом с применением эталонов на основе закрытых радионуклидных источников фотонного излучения с радионуклидом цезий-137 предусматривает использование коэффициента перехода от активности закрытых радионуклидных источников к ОА ИРГ и может осуществляться только при наличии значения данного коэффициента в паспорте и/или в свидетельстве о поверке, определенного при первичной или периодической поверке с применением эталонного радиометра газов и радиоактивного газа ^{85}Kr , как это описано в 7.5.3.

7.5.2 Проверку основной относительной погрешности измерений ОА ИРГ с использованием эталонного радиометра и радиоактивного газа ^{85}Kr проводить в следующей последовательности.

7.5.2.1 Соединить с помощью двух шлангов выход эталонного радиометра с входом измерительной камеры установки, а вход эталонного радиометра — с выходом измерительной камеры.

7.5.2.2 Открыть вентиль баллона с предварительно разбитой внутри него ампулой ^{85}Kr , иглой шприца проколоть вакуумный шланг, надетый на кольцо горловины баллона.

7.5.2.3 Произвести отбор пробы ^{85}Kr . Закрыть вентиль баллона. Проколоть иглой шприца шланг на входе в эталонный радиометр и всю набранную пробу ввести внутрь закольцованных радиометров.

7.5.2.4 Включить воздухоподушку эталонного радиометра и, в течение десяти минут, прокачать воздух по замкнутому контуру, обеспечивая равномерность распределения ^{85}Kr по всему замкнутому контуру.

7.5.2.5 Выполнить не менее 10-ти измерений ОА ^{85}Kr в точке 1 из таблицы 5, каждый раз записывая значения показаний эталонного радиометра и поверяемой установки.

Таблица 5

№ точки	ОА, Бк·м ⁻³
1	от $3,7 \cdot 10^4$ до $1 \cdot 10^6$
2	от $1 \cdot 10^6$ до $1 \cdot 10^7$
3	от $1 \cdot 10^7$ до $1 \cdot 10^8$
4	от $1 \cdot 10^8$ до $3,7 \cdot 10^9$

7.5.2.6 Вычислить среднее арифметическое значение ОА, Бк·м⁻³, по результатам измерений с использованием эталонного радиометра и на поверяемой установке по формуле:

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

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

n – количество измерений.

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

$$\sigma = \frac{1}{\overline{A_V}} \cdot \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (A_{V_i} - \overline{A_V})^2} \cdot 100, \quad (4)$$

где n – количество измерений;

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

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

7.5.2.8 Вычислить систематическую составляющую основной относительной погрешности установки по формуле, %:

$$\delta_c = \frac{|\overline{A_V} - \overline{A_{V_0}}|}{\overline{A_{V_0}}} \cdot 100, \quad (5)$$

где $\overline{A_V}$ – среднее арифметическое значение ОА ИРГ по результатам измерений с использованием установки, Бк·м⁻³, оценивается по формуле (3).

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

7.5.2.9 Вычислить границы основной относительной погрешности установки при доверительной вероятности $P=0,95$, %, по формуле:

$$\delta = \pm(\delta_c + 2 \cdot \sqrt{\left(\frac{\delta_0}{\sqrt{3}}\right)^2 + \sigma^2 + \sigma_0^2}), \quad (6)$$

где σ_0 – СКО результатов измерений ОА ИРГ на эталонном радиометре, %, определенное по формуле (4);

σ – СКО результатов измерений ОА на установке, %, определенное по формуле (4);

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

7.5.2.10 Повторить 7.5.2.5- 7.5.2.9 для остальных точек из таблицы 5.

7.5.2.11 Результат операции поверки считается положительным, и установка считается соответствующей установленным требованиям, если основная относительная погрешность измерений ОА ИРГ, оцененная по формуле (6), не выходит за пределы ± 50 %.

7.5.3 Определение коэффициента перехода от активности закрытых радионуклидных источников к ОА ИРГ проводить в следующей последовательности.

7.5.3.1 Перед извлечением сборки детекторов на блоке БПОД поставить переключатель в положение OFF. Выключить насос с помощью переключателя, расположенного на электротехническом блоке.

7.5.3.2 Открутить болт и снять колесо, расположенное со стороны разъема связи БПОД с БД (рисунок 1).

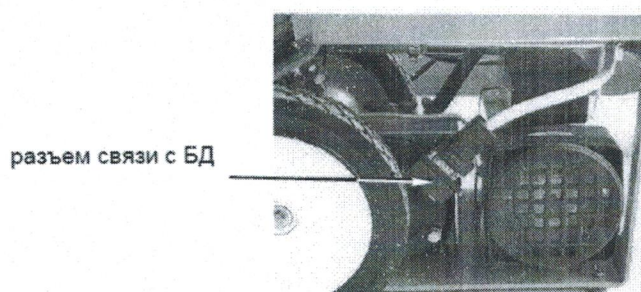


Рисунок 1 – Разъем связи с БД.

7.5.3.3 Открутить 3 болта (рисунок 2) и осторожно, чтобы не повредить кольцевое уплотнение, снять сборку детекторов (рисунок 3).

ВНИМАНИЕ: ПРИ РАБОТЕ СО СБОРКОЙ ДЕТЕКТОРОВ ПРОЯВЛЯТЬ ОСОБУЮ ОСТОРОЖНОСТЬ.



Рисунок 2 – Вид нижней части установки после снятия колеса

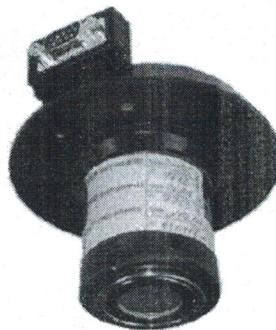


Рисунок 3 – Сборка детекторов

7.5.3.4 Используя дистанцирующее устройство, разместить сборку детекторов на таком расстоянии от источника, закрытого радионуклидного ОСГИ активностью от $1 \cdot 10^4$ до $1 \cdot 10^6$ Бк, так чтобы измеренное значение ОА соответствовало точке 1 из таблицы 5.

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

7.5.3.6 Вывести на дисплей БПОД значение измеренной ОА в бета-канале.

7.5.3.7 По истечению времени не менее 10 с зафиксировать десять измеренных значений ОА, отображённых на дисплее БПОД. Вычислить их среднее значение по формуле (3).

Примечание - следующим значением считается значение ОА, выведенное на дисплей БПОД и отличное от предыдущего.

7.5.3.8 Значение коэффициента перехода от активности закрытых радионуклидных источников к ОА ИРГ, $1/\text{м}^3$, определить по формуле :

$$\eta = \frac{\bar{A}_V - \bar{A}_{V\phi}}{A_{\text{ист}}}, \quad (7)$$

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

$\bar{A}_{V\phi}$ – ОА, обусловленная фоном, $\text{Бк} \cdot \text{м}^{-3}$, оценивается по формуле (2);

$A_{\text{ист}}$ – активность радионуклида цезий-137, принятая в соответствии со свидетельством о поверке с учетом распада на дату проведения поверки, Бк, и полученная по формуле (8):

$$A_{Cs} = A_0 \cdot \exp\left(-0,693 \cdot \frac{\Delta t}{T_{1/2}}\right), \quad (8)$$

где A_0 – активность радионуклида цезий-137, принятая в соответствии со свидетельством о поверке, Бк.

Δt – время в днях, прошедшее с момента аттестации эталона (поверки) до момента измерений;

$T_{1/2}$ – период полураспада цезий-137, $T_{1/2} = 10979$ сут.

7.5.3.9 Процедуры по пп. 7.5.3.4 - 7.5.3.8 повторить для прочих точек из таблицы 5, изменяя расстояние от источника до сборки детекторов и/или используя источник ОСГИ с иным значением активности в указанном диапазоне.

7.5.4 Определение основной относительной погрешности установки при измерении ОА ИРГ с использованием рабочих эталонов на основе закрытых радионуклидных источников проводить в следующей последовательности.

7.5.4.1 Перед извлечением сборки детекторов на блоке БПОД поставить переключатель в положение OFF. Выключить насос с помощью переключателя, расположенного на электротехническом блоке.

7.5.4.2 Открутить болт и снять колесо, расположенное со стороны разъема связи БПОД с БД (рисунок 1).

7.5.4.3 Открутить 3 болта (рисунок 2) и осторожно, чтобы не повредить кольцевое уплотнение, снять сборку детекторов (рисунок 3).

ВНИМАНИЕ: ПРИ РАБОТЕ СО СБОРКОЙ ДЕТЕКТОРОВ ПРОЯВЛЯТЬ ОСОБУЮ ОСТОРОЖНОСТЬ.

7.5.4.4 Используя дистанцирующее устройство, разместить сборку детекторов на таком расстоянии от источника закрытого радионуклидного ОСГИ активностью от $1 \cdot 10^3$ до $1 \cdot 10^6$ Бк, так чтобы измеренное значение ОА соответствовало точке 1 из таблицы 5.

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

7.5.4.6 Вывести на дисплей БПОД значение измеренной ОА в бета-канале.

7.5.4.7 По истечению времени не менее 10 с зафиксировать десять измеренных значений ОА, отображенных на дисплее БПОД. Вычислить ее среднее значение по формуле (3).

Примечание - следующим значением считается значение ОА, выведенное на дисплей БПОД и отличное от предыдущего.

7.5.4.8 Вычислить основную относительной погрешности установки при измерении ОА ИРГ с использованием рабочих эталонов на основе закрытых радионуклидных источников при доверительной вероятности $P=0,95$, %, по формуле:

$$\delta = \left| \frac{A_V - \eta \cdot A_{\text{ист}}}{\eta \cdot A_{\text{ист}}} \right| \cdot 100 + 2 \cdot \sqrt{\left(\frac{\delta_{\text{ист}}}{\sqrt{3}} \right)^2 + \delta_{\eta}^2}, \quad (10)$$

где η — коэффициент перехода от активности закрытых радионуклидных источников к ОА ИРГ для соответствующего расстояния от источника до детектора, $1/\text{м}^3$, определенный по 7.5.3;

$\delta_{\text{ист}}$ — основная погрешность источника, указанная в свидетельстве о его аттестации (или свидетельстве о поверке), %.

δ_{η} — погрешность определения коэффициента перехода, %, рассчитанная по формуле: $\delta_{\eta} = \sqrt{\sigma^2 + \sigma_{\phi}^2}$, где σ и σ_{ϕ} — СКО результатов измерений объемной активности и фона поверяемой установки, %, вычисленные по формуле (4).

7.5.4.9 Процедуры по 7.5.4.4-7.5.4.8 повторить для прочих точек из таблицы 5, изменяя расстояние от источника до сборки детекторов и/или используя источник ОСГИ с иным значением активности в указанном диапазоне.

7.5.4.10 Результат операции поверки считается положительным и установка считается соответствующей установленным требованиям, если основная относительная погрешность установки при измерении ОА ИРГ в диапазоне измерений от $3,7 \cdot 10^4$ до $3,7 \cdot 10^9$ Бк/ м^3 с использованием рабочих эталонов на основе закрытых радионуклидных источников, оцененная для каждого из используемых источников по формуле (10), не выходит за пределы 50 %.

7.5.5 Определение относительной погрешности установки при измерении объемного расхода прокачиваемого воздуха проводить в следующей последовательности.

7.5.5.1 Отсоединить гибкий шланг от выхода камеры блока детектирования и от входа насоса, и с помощью гибкого шланга длиной 10 см соединить вход ротаметра с выходом камеры, а гибким шлангом длиной – 200 см соединить выход счетчика газа с входом насоса.

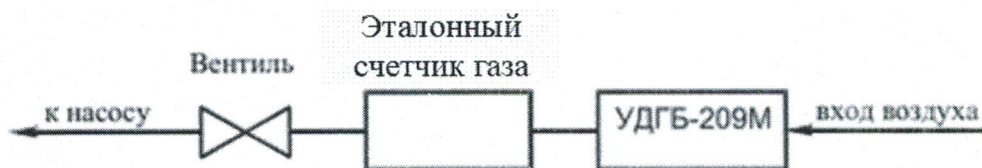


Рисунок 2 - Схема подключения счетчика газа

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

7.5.5.3 Вычислить для каждого значения объемного расхода относительную погрешность установки при измерении объемного расхода прокачиваемого воздуха по следующей формуле:

$$\delta_v = \left| \frac{W - W_0}{W_0} \right| \cdot 100, \quad (11)$$

где W – показания установки, л/мин
 W_0 – показания счетчика газа, л/мин.

7.5.5.4 Результаты поверки по определению относительной погрешности установки при измерении объемного расхода прокачиваемого воздуха считаются положительными, если каждая из найденных по формуле (11) значений погрешности измерений не превышает $\pm 10\%$.

8 Оформление результатов поверки

8.1 Результаты поверки средств измерений подтверждаются сведениями о результатах поверки средств измерений, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства средств измерений. По заявлению владельца установки или лица, представившего его на поверку, на средство измерений наносится знак поверки, и (или) выдается свидетельство о поверке средства измерений, и (или) в паспорт (формуляр) средства измерений вносится запись о проведенной поверке, заверяемая подписью поверителя с расшифровкой подписи (указываются фамилия и инициалы поверителя), нанесенным знаком поверки, с указанием даты поверки, или выдается извещение о непригодности установки.

8.2 При отрицательных результатах поверки установка УДГБ-209М признаётся непригодной к применению (не подтверждено соответствие метрологическим требованиям) и выдается извещение о непригодности.

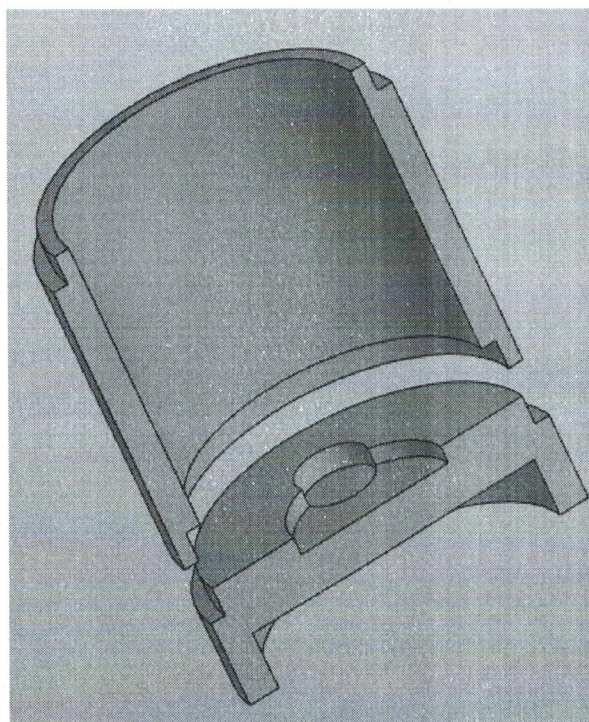
Начальник НИО-4 ФГУП «ВНИИФТРИ»

О.А. Картавенко

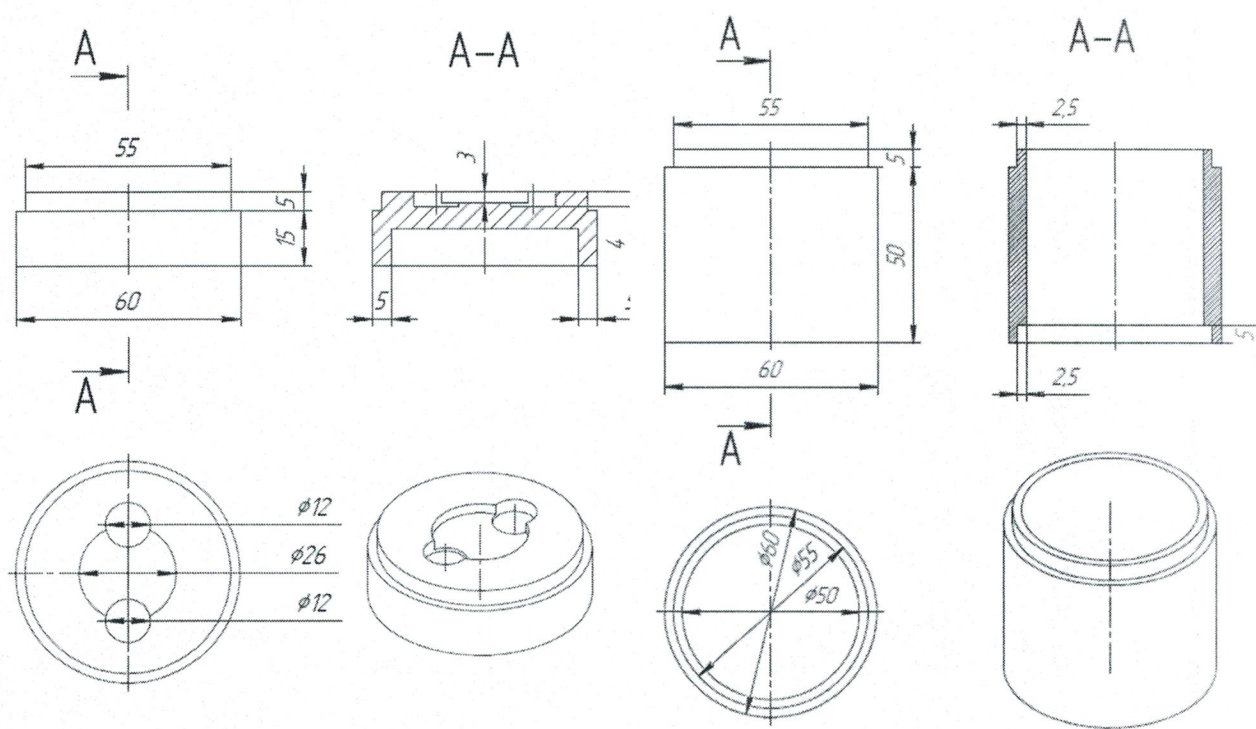
Заместитель начальника НИО-4 по научной работе
ФГУП «ВНИИФТРИ»

О.И. Коваленко

Приложение А
Дистанцирующее устройство для рабочих эталонов



а)



б)

в)

Рисунок А.1 - Дистанцирующее устройство для рабочих эталонов