



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ПРИКЛАДНОЙ МЕТРОЛОГИИ – РОСТЕСТ»
(ФБУ «НИЦ ПМ – РОСТЕСТ»)**

СОГЛАСОВАНО

Заместитель генерального директора
ФБУ «НИЦ ПМ – Ростест»

С.А. Денисенко

« 19 » _____ 2025 г.



Государственная система обеспечения единства измерений

Преобразователи уровня радиоволновые бесконтактные ТЭК-РБУ

**Методика поверки
РТ-МП-802-208-2025**

1. Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на преобразователи уровня радиоволновые бесконтактные ТЭК-РБУ (далее преобразователи) и устанавливает объем и методы их первичной и периодической поверки.

1.2 Реализация данной методики обеспечивает метрологическую прослеживаемость преобразователей к Государственному первичному эталону единицы длины - метра ГЭТ 2-2021, в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений уровня жидкости и сыпучих материалов, согласно Приказу Росстандарта от 30.12.2019 № 3459 и к Государственному первичному эталону единицы силы постоянного электрического тока ГЭТ 4-91 согласно Приказу Росстандарта от 01.10.2018 г. № 2091. Реализован метод прямых измерений и непосредственного сличения с рабочими эталонами.

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

Таблица 1 – Метрологические характеристики

| Наименование характеристики | Значение |
|--|-----------------------------------|
| Диапазон измерений уровня, мм ¹⁾ | от 0 до 30000 |
| Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений уровня, мм ²⁾ | $\pm 3,0; \pm 3,5; \pm 5; \pm 10$ |
| Пределы допускаемой приведенной к диапазону изменений выходного аналогового сигнала погрешности преобразования измеренного значения уровня в выходной аналоговый сигнал, % | $\pm 0,15$ |
| ¹⁾ Указан максимальный диапазон измерений. Фактический диапазон измерений указывается в паспорте | |
| ²⁾ Фактическое значение указывается в паспорте | |

1.4 Допускается проведение периодической поверки в диапазоне измерений, указанном в описании типа, или фактически обеспечивающимся при поверке диапазоне измерений с обязательной передачей сведений об объеме проведенной поверки в ФИФОЕИ.

2. Перечень операций поверки средств измерений

2.1 При проведении первичной и периодической поверок выполняют операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Операции поверки

| Наименование операции | Обязательность выполнения операций поверки при | | Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки |
|--|--|-----------------------|--|
| | первичной поверке | периодической поверке | |
| Внешний осмотр средства измерений | Да | Да | 7 |
| Подготовка к поверке и опробование средства измерений | Да | Да | 8 |
| Проверка программного обеспечения | Да | Да | 9 |
| Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия СИ метрологическим требованиям | | | 10 |
| Определение абсолютной погрешности измерений уровня | Да | Да | 10.1 |
| Определение абсолютной погрешности измерений уровня на месте эксплуатации (без демонтажа) | Нет | Да | 10.2 |
| Определение приведенной погрешности преобразования измеренного значения уровня в выходной аналоговый сигнал | Да | Да | 10.3 |
| Оформление результатов поверки | Да | Да | 11 |
| Примечание - При периодической поверке преобразователей поверка проводится либо в лаборатории, либо на месте эксплуатации. | | | |

3. Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки в лабораторных условиях должны соблюдаться следующие условия проведения поверки:

- температура окружающего воздуха, °C от + 15 до + 25
- относительная влажность окружающего воздуха, % от 30 до 80
- атмосферное давление, кПа от 84 до 106,7

При проведении поверки без демонтажа в условиях эксплуатации должны быть соблюдены следующие условия проведения поверки:

- температура окружающего воздуха, °C от - 5 до + 40
- относительная влажность окружающего воздуха, % от 30 до 80
- атмосферное давление, кПа от 84 до 106,7

- измеряемая среда является жидкостью и допускает разгерметизацию меры вместимости (среда не является токсичной, кипящей или воспламеняющейся при атмосферном давлении и температуре окружающей среды, в мере вместимости отсутствует избыточное давление);

- технологический процесс должен быть остановлен;

- поверхность измеряемой среды должна быть спокойной;
- поверка преобразователей во время грозы категорически запрещена.

Внешние электрические и магнитные поля (кроме земного), вибрации, тряска и удары, влияющие на работу преобразователя, отсутствуют.

Условия поверки не должны противоречить условиям эксплуатации средств поверки и поверяемого преобразователя.

Контроль климатических условий проводят непосредственно перед проведением поверки и в процессе её выполнения. Измеренные значения климатических условий заносят в протокол поверки и проверяют их соответствие условиям, указанным в п. 3. При обнаружении несоответствий дальнейшие работы по поверке приостанавливают до устранения причин, вызвавших несоответствия.

4. Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки допускаются лица, ознакомившиеся с настоящей методикой поверки и с эксплуатационной документацией на преобразователи и средства поверки и работающие в организации, аккредитованной на право проведения поверки средств измерений.

4.2 Поверители обязаны иметь профессиональную подготовку и опыт работы с преобразователями, а также обязаны знать требования настоящей методики.

4.3 Для проведения поверки преобразователя достаточно одного поверителя.

5. Метрологические и технические требования к средствам поверки

При проведении поверки должны применяться средства поверки, приведенные в таблице 3.

Таблица 3 – Средства поверки, применяемые при проведении поверки

| Операции поверки, требующие применение средств поверки | Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки | Перечень рекомендуемых средств поверки |
|--|--|--|
| 10 | Рабочий эталон 1-го, 2-го или 3-го разряда согласно Государственной поверочной схеме (часть 1), утверждённой приказом Росстандарта от 30 декабря 2019 г. № 3459 | Стенд для поверки и калибровки средств измерений уровня ЭЛМЕТРО СПУ-А-30 (рег. № 56506-14) |
| | Рабочий эталон 2-го и 3-го разряда согласно Государственной поверочной схеме (часть 1), утверждённой приказом Росстандарта от 30 декабря 2019 г. № 3459, рулетка измерительная металлическая по ГОСТ 7502-98 класс точности 2 (3), диапазон измерений не менее диапазона измерений поверяемого преобразователя | Рулетка измерительная металлическая Р50Н2Г (рег. № 60606-15) |
| | Рабочий эталон 2-го разряда согласно Государственной поверочной схеме (часть 2), утверждённой приказом Росстандарта от 30 декабря 2019 г. № 3459, дальномер, с диапа- | Дальномер лазерный LDM51 (рег. № 60607-15) |

| Операции поверки, требующие применение средств поверки | Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки | Перечень рекомендуемых средств поверки |
|--|--|--|
| | зоном измерений, соответствующим диапазону измерений поверяемого преобразователя | |
| | Рабочий эталон 2-го разряда силы постоянного электрического тока, диапазон измерений силы постоянного электрического тока от 0 до 20 мА, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений не более 0,01 мА | Калибратор-измеритель унифицированных сигналов прецизионный «ЭЛЕМЕР-ИКСУ-2012» (рег. № 56318-14) |
| Вспомогательное оборудование | | |
| 8 9 10 | Источник питания постоянного тока с диапазоном воспроизведения напряжения постоянного тока от 18 до 32 В с абсолютной погрешностью $\pm 0,5$ В | Источник питания постоянного тока GPR-30H10D (рег. № 20188-07) |
| | Средство измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений с пределами допускаемой абсолютной погрешности ± 1 °С; Средство измерений относительной влажности окружающей среды с пределами допускаемой абсолютной погрешности $\pm 2\%$; Средство измерений атмосферного давления с пределами допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,5$ кПа | Термогигрометр автономный мод. ИВА-6А-Д (рег. № 82393-21) |
| | Имитатор уровня (пластина-отражатель радиоволнового сигнала), соответствующий конструкции зонда, представляющий собой отражательный диск (либо лист) из металла (дюралюминий, сталь, латунь), имитирующий положение уровня измеряемой среды, диаметром не менее 1000 мм (размером не менее 1000×1000 мм) При использовании пластины-отражателя должны соблюдаться следующие требования: - отклонение от вертикали контактной поверхности пластины-отражателя, измеренное СИ вертикального положения плоских поверхностей с ценой деления продольной ампулы уровня 0,02 мм/м, длиной рабочей поверхности 200 мм, в точках, указанных на рис. А.1 приложения А (при использовании прямоугольной пластины-отражателя места проверки отклонения: 4 угла и точка пересечения диагоналей), не более 0,4 мм/м; - отклонение от вертикали устройства для крепления преобразователя, измеренное СИ вертикального положения плоских поверхностей с ценой деления продольной ампулы уровня 0,02 мм/м, длиной рабочей поверхности 200 мм, в точках, указанных на рис. А.2 приложения А, не более 0,4 мм/м; - поверяемый преобразователь и пластина-отражатель должны быть расположены в соответствии с рис. А.3 приложения А | |
| | | |

| Операции поверки, требующие применение средств поверки | Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки | Перечень рекомендуемых средств поверки |
|---|---|--|
| | Персональный компьютер с ПО «RBU_конфигуратор» HART- коммуникатор Преобразователь интерфейса RS-485- USB | |
| Примечания - При поверке допускается использовать другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, поверенные средства измерений утвержденного типа, вспомогательное оборудование, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице. | | |

6. Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 Перед началом поверки и в процессе ее проведения необходимо выполнять требования безопасности, изложенные в эксплуатационной документации на поверяемое средство измерений.

6.2 При проведении поверки должны соблюдаться требования ГОСТ 12.3.019 и требования безопасности, изложенные в эксплуатационной документации применяемых средств поверки.

6.3 При проведении поверки на объекте в условиях эксплуатации необходимо выполнять требования охраны труда и правила техники безопасности проведения работ в соответствии с действующими на объекте документами.

ВНИМАНИЕ! При проведении работ во взрывоопасной зоне поверяемое средство измерений должно быть подключено к схеме проверки через соответствующий барьер искрозащиты.

6.4 Средства поверки, которые подлежат заземлению, должны быть надежно заземлены. Подсоединение зажимов защитного заземления к контуру заземления должно производиться ранее других соединений, а отсоединение – после всех отсоединений.

7. Внешний осмотр средства измерений

7.1 Внешний осмотр проводить визуально.

При внешнем осмотре проверяют:

- соответствие внешнего вида средства измерений описанию и изображению, приведенному в описании типа;
- маркировку согласно требованиям эксплуатационной документации;
- отсутствие механических повреждений и других дефектов, влияющих на эксплуатационные и метрологические характеристики изделия;
- комплектность, в соответствии с руководством по эксплуатации.

7.2 Результат внешнего осмотра считают положительным, если преобразователь соответствует перечисленным требованиям. В противном случае результат считают отрицательным.

8. Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Контроль условий поверки

Перед проведением работ средство измерений и средства поверки должны быть подготовлены к работе в соответствии с эксплуатационной документацией на них и выдержаны не менее 3 часов, в условиях, приведённых в п. 3 настоящей методики.

8.2 Перед проведением поверки в лабораторных условиях выполняют следующие подготовительные работы.

Если преобразователь поверяется на поверочной уровнемерной установке с непосредственным изменением уровня жидкости или имитацией уровня, то его монтаж выполнять в соответствии с руководством по эксплуатации установки.

Если преобразователь поверяют при помощи лазерного дальномера и вспомогательной пластины-отражателя, то преобразователь должен быть установлен в рабочее положение с соблюдением указаний руководства по эксплуатации на них.

8.3 Перед проведением поверки на месте эксплуатации выполняют следующие подготовительные работы.

При поверке с полным демонтажем:

- демонтировать преобразователь с технологического процесса;
- провести подготовку, руководствуясь п. 8.1 данной методики.

При поверке без демонтажа в условиях эксплуатации:

- остановить технологический процесс и обеспечить перекачку измеряемой среды из одного резервуара в другой (при технической возможности);
- провести отстой измеряемой среды в резервуаре не менее 2 ч.

Если среда, где установлены преобразователи, соответствует требованиям эксплуатационной документации на уровнемеры, и измеряемый продукт допускает разгерметизацию меры вместимости (продукт не является токсичным и кипящим при атмосферном давлении и температуре окружающей среды, в мере вместимости отсутствует избыточное давление), допускается проводить определение погрешности измерений уровня непосредственно на мере вместимости (без демонтажа преобразователя). При этом поверхность измеряемого продукта должна быть спокойной, перемешивающее устройство в резервуаре (при его наличии) отключено.

Проводят измерение уровня при исходном уровне жидкости в мере вместимости. Измерение уровня осуществляется с помощью рулетки измерительной с грузом. Если имеется возможность заполнения/опорожнения меры вместимости до определенных уровней, значения которых однозначно определены, например, конструкцией резервуара, проходящих трубопроводов или технологическим процессом, то поверка может производиться по данным уровням.

8.4 Опробование преобразователя проводят путем изменения уровня жидкости, либо перемещением пластины-отражателя относительно антенны, от нижнего предельного значения до верхнего предельного значения диапазона измерений преобразователя. При периодической поверке опробование допускается проводить на объекте эксплуатации без демонтажа.

Опробование допускается совмещать с определением метрологических характеристик.

8.5 Аналоговый выходной сигнал преобразователя контролировать калибратором тока, измеренное значение уровня по цифровому выходному сигналу контролировать с помощью ПО «RBU_конфигуратор» (далее – ПО), настроенного в режиме, соответствующему исполнению по выходному сигналу. Измеренные значения уровня отображаются в поле «Величина 1».

При увеличении уровня измеренное значение уровня в поле «Величина 1» должно

увеличиваться, при уменьшении должно уменьшаться.

В лабораторных условиях данную операцию проводить на всем возможном диапазоне измерений поверяемого преобразователя, в условиях эксплуатации в максимально возможных условиями эксплуатации диапазонах.

Результат опробования считают положительным, если при увеличении (уменьшении) уровня показания преобразователя изменялись соответствующим образом. В противном случае результат считают отрицательным.

9. Проверка программного обеспечения средства измерений

В рамках процедуры проверки необходимо вывести на показывающее устройство преобразователя номер версии встроенного микропрограммного обеспечения (далее – МПО) средства измерений. Идентификация встроенного МПО обеспечивается индикацией соответствующих данных на экран жидкокристаллического преобразователя дисплея и на экране подключенного к преобразователю компьютера.

Идентификация ПО преобразователей осуществляется при их включении. Номер версии указывается в строке «vers» стартового сообщения преобразователя.

Идентификацию ПО преобразователя, подключенного к персональному компьютеру, проводят в следующем порядке:

- подключают преобразователь к персональному компьютеру с помощью преобразователя интерфейса;
- включают преобразователь;
- запускают ПО «RBU_конфигуратор»;
- конфигурируют порт и считывают информацию о приборе;
- в верхней части окна ПО выбирают меню «Справка»;
- нажимают кнопку «О приборе»;
- номер версии должен быть указан в строке «Версия».

Результат проверки программного обеспечения считают положительным, если номер версии программного обеспечения соответствует значению не ниже 1.2. XX.XX*, где символы XX.XX – метрологически незначимая часть, где X = 0 - 9. В противном случае результат считают отрицательным.

10. Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия си метрологическим требованиям

10.1 Определение абсолютной погрешности измерений уровня

Определение абсолютной погрешности измерений уровня преобразователей проводят на уровнемерной установке или при помощи дальномера лазерного и вспомогательной пластины-отражателя радиоволнового сигнала.

Значение уровня задают с помощью перемещения подвижной части уровнемерной установки, либо с помощью перемещения пластины-отражателя. В качестве контрольных точек принимают пять равномерно распределенных внутри диапазона измерений преобразователя точек, включая крайние точки диапазона измерений. Первая контрольная точка должна выбираться с учетом слепой зоны, равной 500 мм. Максимально удаленная контрольная точка должна выбираться с учетом возможностей уровнемерной установки.

В настройках преобразователя выбрать параметр «расстояние до уровня»

Измеренные значения расстояния до уровня фиксируют в поле «Величина 1» ПО или непосредственно на дисплее преобразователя.

Измерение проводить с настроенным параметром «времени демпфирования» не менее 10 с.

Измеренное расстояние до уровня фиксировать по прошествии не менее 1 минуты после того, как была установлена необходимая контрольная точка.

Определить поправку на несоответствие показаний преобразователя и средства поверки ΔH_0 , мм, по формуле:

$$\Delta H_0 = H_0 - H_{03}, \quad (1)$$

где H_0 – значение расстояния до уровня, измеренное преобразователем в нулевой контрольной точке, мм;

H_{03} – значение расстояния до уровня, измеренное средством поверки в нулевой контрольной точке, мм.

Абсолютную погрешность измерений уровня ΔH определяют по формуле:

$$\Delta H = H_{\text{изм.}} - H_{\text{д}}, \quad (2)$$

где $H_{\text{д}}$ – действительное значение расстояния до уровня, определенное по эталону, мм;

$H_{\text{изм.}}$ – измеренное значение расстояния до уровня, определенное преобразователем, мм

Результаты поверки считают положительными, если значения абсолютной погрешности измерений уровня не превышают значений, приведенных в таблице 1 в соответствии с исполнением преобразователя. В противном случае результат считают отрицательным.

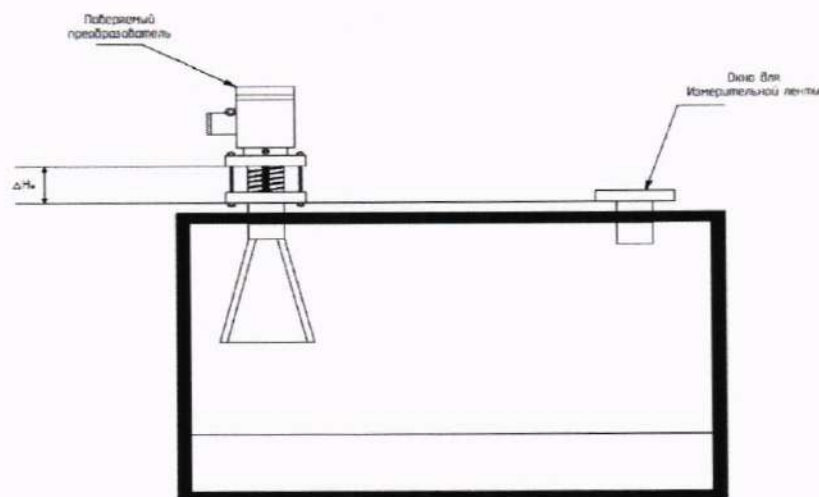
10.2 Определение абсолютной погрешности измерений уровня (без демонтажа)

Подготовить преобразователь, средства поверки, резервуар согласно п.8 настоящей методики.

В настройках преобразователя выбрать параметр «расстояние до уровня».

Количество контрольных точек должно быть не менее двух.

Определить поправку на несоответствие уровня установки преобразователя и средства поверки ΔH_0 , мм.



Определить значение расстояния до уровня по показаниям преобразователя и эталонного средства измерения.

Абсолютную погрешность измерений уровня ΔH определить по формуле:

$$\Delta H = H_{\text{изм.}} - H_{\text{д}}, \quad (3)$$

где $H_{\text{изм.}}$ – измеренное расстояние до уровня, определенное преобразователем, мм

$H_{\text{д}}$ – действительное расстояние до уровня, определенное эталонным СИ, мм

$$H_{\text{д}} = H'_{\text{д}} + \Delta H_0 \quad (4)$$

где $H'_{\text{д}}$ – расстояние до уровня, определенное эталонным СИ, мм;

ΔH_0 – поправка на несоответствие уровня установки преобразователя и средства поверки, мм.

Расстояние до уровня $H'_{\text{д}}$ в каждой контрольной точке при каждом измерении, определить в следующей последовательности:

- рулетку измерительную опустить через измерительный люк резервуара ниже поверхности жидкости на глубину около 1000 мм;
- первый отсчет (верхний) взять по шкале рулетки измерительной, при этом, для облегчения измерений и расчетов, рекомендуется совмещать отметку целых значений метра на шкале ленты рулетки измерительной с верхним краем измерительного люка;
- рулетку измерительную поднять (строго вверх без смещения в стороны) до появления над верхним краем измерительного люка смоченной части ленты и снять отсчёт по шкале ленты (нижний отсчёт) с точностью до 1 мм.

Примечание: для более точного измерения уровня поверхность ленты рулетки измерительной необходимо натереть пастой, чувствительной к продукту, находящемуся в резервуаре.

Измеряют расстояние до уровня в каждой контрольной точке не менее 3 раз.

Уровень жидкости в каждой контрольной точке H_3 , мм, вычисляют по формуле:

$$H'_{\text{д}} = \frac{\sum_{i=1}^m H_{\text{д}}^i}{m} \cdot [1 - \alpha_s \cdot (20 - T)] \quad (5)$$

где α_s – температурный коэффициент линейного расширения материала ленты рулетки измерительной, значение которого принимают равным $12,5 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$ для стали и $23 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$ для алюминия;

T – температура воздуха при измерении расстояния до уровня, $^\circ\text{C}$.

Повысить (понизить) уровень жидкости до каждой контрольной отметки, снять показания преобразователя и результаты измерений рулеткой измерительной. Полученные результаты внести в протокол поверки.

Результаты поверки считают положительными, если значения абсолютной погрешности преобразователя не превышают значений, указанных в таблице 1. В противном случае результат считают отрицательным.

10.3 Определение приведенной погрешности преобразования измеренного значения уровня в выходной аналоговый сигнал

Определение приведенной погрешности преобразования измеренного значения

уровня в выходной аналоговый сигнал от 4 до 20 мА проводят в пяти контрольных точках диапазона измерений, соответствующих 4, 8, 12, 16 и 20 мА.

Выходной сигнал преобразователя контролируют калибратором процессов в режиме измерений силы постоянного электрического тока.

В каждой контрольной точке с помощью ПО, в окне «Настройки прибора» на выходном аналоговом канале преобразователя устанавливают требуемое значение выходного аналогового сигнала, соответствующего уровню контрольной точки, и вычисляют приведенную погрешность γ_{I_j} , %, по формуле

$$\gamma_{I_j} = \frac{I_{\text{изм}_j} - I_{\text{зад}_j}}{16} \cdot 100 \%, \quad (6)$$

где $I_{\text{изм}_j}$ – значение силы постоянного тока, измеренное калибратором, мА;

$I_{\text{зад}_j}$ – значение силы постоянного тока, установленное с помощью ПО, мА.

Результаты поверки считают положительными, если значения приведенной погрешности преобразования измеренного значения уровня в выходной аналоговый сигнал преобразователем не превышают значений, приведенных в таблице 1. В противном случае результат считают отрицательным.

11. Оформление результатов поверки

Сведения о результате и объёме поверки средств измерений должны быть переданы в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

При положительных результатах поверки средство измерений признается годным к применению.

Выдача свидетельства о поверке средства измерений осуществляется в соответствии с действующим законодательством в области обеспечения единства измерений.

Нанесение знака поверки на средство измерений не предусмотрено. Пломбирование средства измерений не производится.

При отрицательных результатах поверки, средство измерений признается непригодным к применению.

Выдача извещения о непригодности к применению средства измерений с указанием основания (причин непригодности) осуществляется в соответствии с действующим законодательством в области обеспечения единства измерений.

Начальник отдела 208
ФБУ «НИЦ ПМ – Ростест»

Ведущий инженер
ФБУ «НИЦ ПМ – Ростест»

Начальник бюро сертификации
и общей документации ООО «Инвард»

Б.А. Иполитов

В.И. Никитин

Ю.В. Гершман

Приложение А

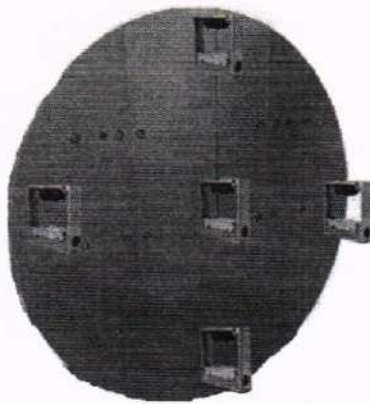


Рисунок А.1

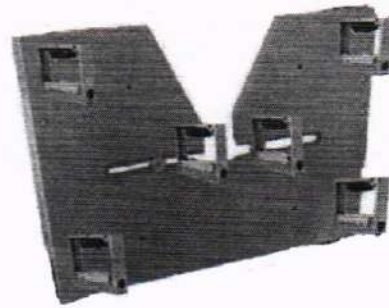


Рисунок А.2

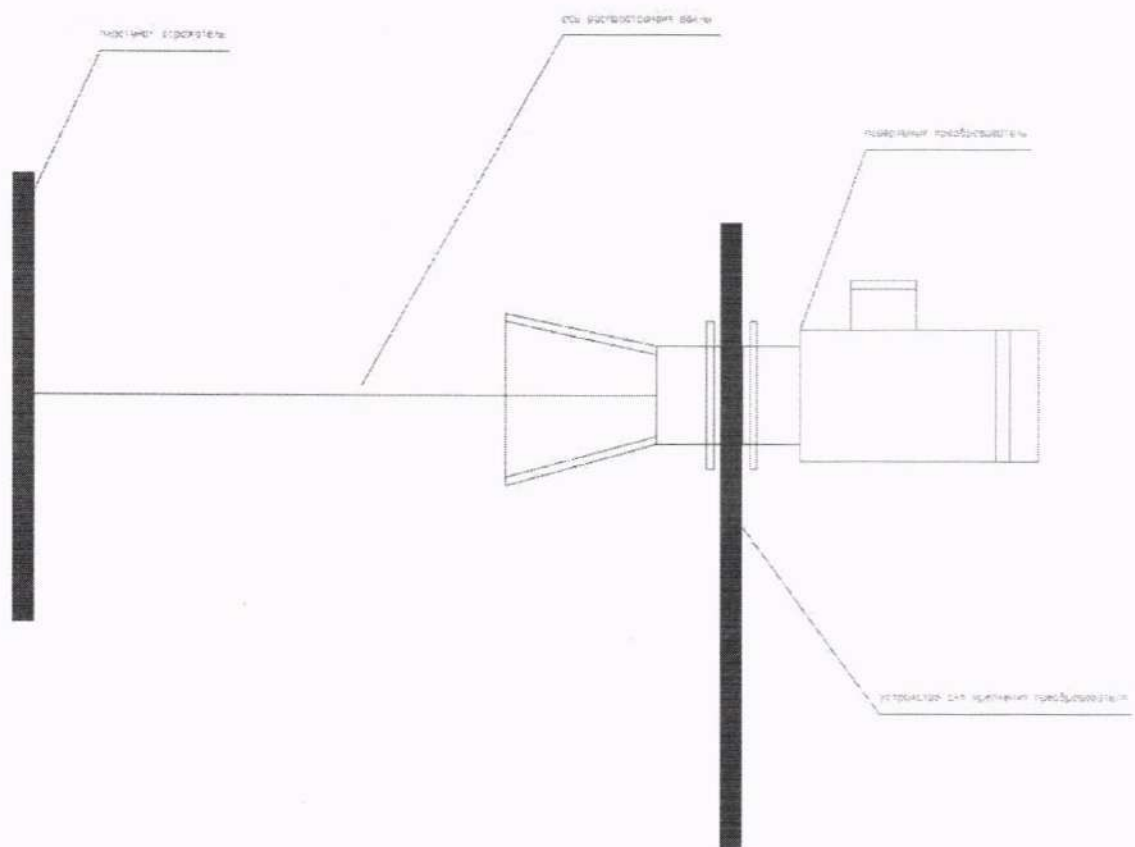


Рисунок А.3.