

СОГЛАСОВАНО
Заместитель руководителя ЛОЕИ
ООО «ПРОММАШ ТЕСТ»

В.А. Лапшинов

М.П.

2024 г.



Государственная система обеспечения единства измерений

Системы измерения воздушного зазора ротор-статор

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП-680/08-2023

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика предназначена для первичной и периодической поверки системы измерения воздушного зазора ротор-статор (далее – ДВЗ, система), а также поверки после ремонта.

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

1.3 Реализация данной методики обеспечивает метрологическую прослеживаемость систем к Государственному поверочному эталону единицы длины – метра гэт2-2021 – Государственный первичный эталон единиц длины, в соответствии с Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 декабря 2018 г. № 2840 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений длины в диапазоне от $1 \cdot 10^{-9}$ до 100 м и длин волн в диапазоне от 0,2 до 50 мкм».

1.4 Метрологические характеристики систем определяют методом прямых измерений или методом непосредственного сличения с рабочими эталонами.

1.5 На основании письменного заявления владельца преобразователей или лица, представившего на поверку ДВЗ, оформленного в произвольной форме, допускается проведение периодической поверки систем по выходному сигналу только в виде напряжения постоянного тока или силы постоянного тока с обязательным указанием объема проведенной поверки в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений (далее – ФИФОЕИ).

2 Перечень операций поверки средств измерений

2.1 При проведении поверки средств измерений (далее – поверка) должны выполняться 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
1 Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	7
2 Подготовка к поверке и опробование средства измерений			
2.1 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Да	Да	8.1
2.2 Опробование (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Да	Да	8.2
3 Идентификация программного обеспечения	Да	Да	9

Окончание таблицы 1

1	2	3	4
4 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерения метрологическим требованиям			
4.1 Определение действительного значения коэффициента преобразования и его относительного отклонения от номинального значения	Да	Да	10.1
4.2 Определение диапазона измерений и относительной погрешности измерений внутренних размеров (воздушный зазор)	Да	Да	10.2
5 Оформление результатов поверки	Да	Да	11

2.3 Последовательность проведения операций поверки обязательна.

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки в лаборатории соблюдаются следующие условия:

- температура окружающей среды, °С..... 20 ± 5
- относительная влажность окружающего воздуха, % не более..... 75
- атмосферное давление, кПа..... от 84,0 до 106,7

3.2 Напряжение питания постоянного тока, В $24 \pm 2,4$

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки допускаются лица, являющиеся специалистами органа метрологической службы, юридического лица или индивидуального предпринимателя, аккредитованного на проведение поверки.

4.2 К поверке допускаются лица, изучившие эксплуатационную документацию на поверяемые средства измерений, эксплуатационную документацию на средства поверки.

4.3 При проведении поверки достаточно участие одного поверителя.

5 Метрологические и технические требованиям к средствам поверки

5.1 При проведении поверки должны применяться средства поверки и вспомогательное оборудование, приведенные в таблице 2.

Таблица 2 – Средства поверки

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки	Пример возможного средства поверки с указанием наименования, заводского обозначения, а при наличии – обозначения типа, модификации	1	2	3
			Основные средства поверки		
пп. 8.2, 9	Средство измерений электрических сигналов напряжения постоянного тока от 0 до 10 мВ, пределы допускаемой основной погрешности измерения напряжения $\pm (25 \cdot 10^{-6} \cdot D^1 + 3,5 \cdot 10^{-6} \cdot E^1)$. Средство измерений электрических сигналов силы постоянного тока от 4 до 20 мА, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm (25 \cdot 10^{-6} \cdot D^1 + 4 \cdot 10^{-6} \cdot E^1)$. (Рабочий эталон не ниже 3-го разряда в соответствии с Приказом Росстандарта № 1520 от 28.07.2023; Рабочий эталон не ниже 2-го разряда в соответствии с Приказом Росстандарта № 2091 от 01.10.2018)	Мультиметр 3458А, регистрационный № 25900-03 в ФИФОЕИ (далее – мультиметр)			

Окончание таблицы 2

1	2	3
пп. 8.2, 9	Рабочие эталоны 4-го разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений длины в диапазоне от $1 \cdot 10^{-9}$ до 100 м и длин волн в диапазоне от 0,2 до 50 мкм, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 декабря 2018 г. № 2840 – меры длины концевые плоскопараллельные, класс точности 2 по ГОСТ 9038-90;	Меры длины концевые плоскопараллельные Туламаш, регистрационный № 51838-12 в ФИФОЕИ
Вспомогательное оборудование:		
пп. 8.1, 9	Средство измерений температуры окружающей среды с пределами допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,5$ °C	Измеритель температуры и относительной влажности воздуха ИВТМ-7 М 5-Д, регистрационный № 71394-18 в ФИФОЕИ
	Средство измерений относительной влажности окружающей среды с пределами допускаемой абсолютной погрешности ± 2 %	
	Средство измерений атмосферного давления с пределами допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,3$ кПа	
пп. 8.2, 9	Средство воспроизведений и поддержания напряжения постоянного тока ($24 \pm 2,4$) В	Источник питания постоянного тока GPR-76030D, регистрационный № 55898-13 в ФИФОЕИ (далее – источник питания)
пп. 8.2, 9	Две металлические пластины, соответствующие техническим характеристикам из таблицы Б.1, приложения Б	
<p><i>Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.</i></p>		

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 Все операции поверки, предусмотренные настоящей методикой поверки, экологически безопасны. При их выполнении проведение специальных защитных мероприятий по охране окружающей среды не требуется.

6.2 При проведении поверки соблюдаются требования безопасности, определяемые:

- правилами безопасности труда и пожарной безопасности, действующими на предприятии;
- правилами безопасности при эксплуатации используемых эталонных средств измерений, испытательного оборудования и поверяемое устройство, приведенными в эксплуатационной документации.

7 Внешний осмотр средства измерений

7.1 Внешний осмотр проводится визуально.

7.2 Преобразователь допускается к дальнейшей поверке, если:

- внешний вид и комплектность системы соответствует описанию типа и паспорту;
- заводские номера, функциональные надписи и обозначения, нанесенные на маркировочной табличке блока преобразователя сигналов SPA (далее – БПС) и на наклейке на кабеле датчика AGS (далее – датчик), должны восприниматься без затруднений и неоднозначности, а также соответствовать указанным в паспорте;
- отсутствуют механические повреждения корпуса, соединительных кабелей и электрических разъемов, другие дефекты, которые могут повлиять на работу системы и на качество поверки.

Примечание - При выявлении дефектов, способных оказать влияние на безопасность проведения поверки или результаты поверки, устанавливается возможность их устранения до проведения поверки. При наличии возможности устранения дефектов, выявленные дефекты устраняются, и устройство допускается к дальнейшей поверке. При отсутствии возможности устранения дефектов, устройство к дальнейшей поверке не допускается.

7.3 Преобразователь не прошедший внешний осмотр, к поверке не допускают.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)

Перед проведением поверки необходимо выполнить следующие подготовительные работы:

- изучить эксплуатационную документацию (далее по тексту – ЭД) на поверяемую систему и на применяемые средства поверки;
- проверить соответствие условий поверки в месте проведения поверки требованиям, установленным в п. 3.1 (заносят результаты измерений условий поверки в протокол поверки);
- выдержать все элементы системы в условиях окружающей среды, указанных в п. 3.1, не менее 2 ч (если все элементы системы находились в климатических условиях, отличающихся от указанных в п. 3.1), и подготовить систему к работе в соответствии с ЭД. Допускается сокращение времени выдержки до 40 минут если все элементы системы до начала поверки находились с средствами поверки и эталонами в одном помещении, удовлетворяющем условиям проведения поверки;
- подготовить к работе средства поверки в соответствии с указаниями их ЭД.

8.2 Опробование (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений).

8.2.1 При опробовании системы проверяют их работоспособность. Выполняют следующие операции проверки работоспособности, в следующей последовательности:

- установить чувствительный элемент (датчик) на поверхность металлической пластины, которая должна соответствовать техническим характеристикам из таблицы Б.1, приложения Б (см. схему для проверки в соответствии с рисунком В.1, положения В);
- подключить к БПС необходимое оборудование (датчик, источник электропитания, средство поверки) в соответствии с ЭД;
- подсоединить контуры заземления к элементам системы и средствам поверки в соответствии с ЭД.
- включить блок преобразователя сигналов SPA в работу, при этом на лицевой панели блока должен загореться светодиод, индицирующий подачу напряжения на блок;
- используя калиброванные меры длины (далее – КМД, меры длины концевые) установить любой внутренний линейный размер (воздушный зазор) между поверхностями двух металлических пластин в пределах диапазона измерений системы;
- зафиксировать значения выходного сигнала с контактов для соединения электрических проводов с БПС (в соответствии с ЭД). Контроль выходного электрического сигнала производить с помощью мультиметра;

- увеличить или уменьшить воздушный зазор между поверхностями пластин используя меры длины концевые и зафиксировать значения выходного сигнала.

Значения выходного электрического сигнала должны изменяться от полученных при первом установленном значении воздушного зазора.

8.2.2 Результаты опробования считаются положительными, и система считается пригодной к дальнейшей поверке, если:

- БПС корректно включаются в работу и на его лицевой панели загорелся светодиод.
- значение выходного сигнала изменяется и индицируется при изменении внутреннего линейного размера (воздушный зазор) между поверхностями металлических пластин.

В случае несоответствия хотя бы одному из вышеуказанных требований, система считается непригодной к применению, поверка не производится до устранения неисправности.

9 Проверка программного обеспечения средства измерений

9.1. Отображение идентификационных данных встроенного программного обеспечения ДВЗ не производится, и конструкция БПС исключает возможность несанкционированного влияния на встроенное ПО и измерительную информацию, в связи с чем подтверждение идентификационных данных не проводится.

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

10.1 Определение действительного значения коэффициента преобразования и его относительного отклонения от номинального значения

10.1.1 Отклонения действительного значения коэффициента преобразования определяют, устанавливая внутренний линейный размер (воздушный зазор) ($S_{зад}$) между поверхностями металлических пластин в трех значениях длины в пределах диапазона измерений: нижнее значение (S_{min}) +1мм, верхнее значение и (50±10) % диапазона измерений.

10.1.2 Собрать схему для проверки в соответствии с рисунком В.1, приложение В.

10.1.3 Используя КМД установить значение внутреннего линейного размера (воздушный зазор) между поверхностями металлических пластин в выбранном контрольном значении длины по 10.1.1.

10.1.4 Произвести с помощью мультиметра измерение величины выходного сигнала ($N_{вых.i}$) в виде напряжения постоянного тока (В) и(или) силы постоянного тока (mA). Число измерений (n) не менее трех. Фиксировать каждое полученное значение измерений.

10.1.5 Для остальных контрольных значений внутренних линейных размеров (воздушный зазор) по 10.1.1 повторить операции по пп. 10.1.2 – 10.1.4

10.1.6 Рассчитать среднее значение ($N_{вых.ср.}$) величины выходного сигнала в виде напряжения постоянного тока (В) и(или) силы постоянного тока (mA) по формуле (1):

$$N_{вых.ср.} = \frac{\sum_{i=1}^n N_{вых.i}}{n} \quad (1)$$

10.1.7 Рассчитать действительные коэффициенты преобразования системы, по формулам (2) и/или (3):

– с выходным сигналом по напряжению постоянного тока:

$$K_U = \frac{U_{изм} - U_{min}}{S_{зад} - S_{min}}, \text{ В/мм} \quad (2)$$

где: $U_{изм}$ – измеренное значение напряжения постоянного тока на выходе блока преобразователя, В;

$S_{зад}$ – установленное значение внутренних линейных размеров (воздушный зазор) между поверхностями металлических пластин, используя меры длины концевые, мм;

U_{min} – минимальное значение выходного сигнала напряжения постоянного тока;

S_{min} – минимальное значение диапазона измерений воздушного зазора.

– с выходным сигналом по силе постоянного тока:

$$K_1 = \frac{I_{изм} - I_{min}}{S_{зад} - S_{min}}, \text{ мА/мм} \quad (3)$$

где: $I_{изм}$ – измеренное значение силы постоянного тока на выходе преобразователя, мА;

I_{min} – минимальное значение выходного сигнала силы постоянного тока;

$S_{зад}, S_{min}$ – обозначение то же, что и в формуле (2)

10.1.8 Рассчитать среднее действительное значение коэффициента преобразования системы ($K_{пр.ср.}$) для трех значений воздушного зазора, по формуле (4):

$$K_{пр.ср.} = \frac{K_{min} + K_{(50\pm10)\%} + K_{max}}{3} \quad (4)$$

где: K_{min} , K_{max} – полученное значение коэффициента преобразования виде напряжения постоянного тока и(или) силы постоянного тока на выходе блока преобразователя, при заданном значении воздушного зазора между поверхностями металлических пластин – минимального (K_{min}), максимального (K_{max}), $(50\pm10)\%$ ($K_{(50\pm10)\%}$) диапазона измерений воздушного зазора, мА/мм, В/мм;

10.1.9 Рассчитать относительное отклонение действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения (Δ) по формуле (5):

$$\Delta = \frac{K_{пр.ср.} - K_{ном.}}{K_{ном.}} \cdot 100, (\%) \quad (5)$$

где: $K_{ном.}$ – номинальное значение коэффициента преобразования, мА/мм, В/мм;

$K_{пр.ср.}$ – измеренное действительное среднее значение коэффициента преобразования, мА/мм, В/мм.

10.1.10 Результаты поверки считают положительными и системы соответствуют метрологическим требованиям по 10.1, если отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения, не превышает допускаемых значений, указанные в таблице А.1 приложения А.

10.2 Определение диапазона измерений и относительной погрешности измерений внутренних линейных размеров (воздушный зазор)

10.2.1 Определение диапазона измерений и относительной погрешности измерений внутренних линейных размеров (воздушный зазор) между поверхностями металлических пластин определяют, устанавливая воздушный зазор ($S_{зад}$) в шести значениях длины диапазона измерений включая нижнее и верхнее значения и распределенных $(10\pm5)\%$, $(50\pm10)\%$, $(70\pm10)\%$, $(90\pm5)\%$ диапазона.

10.2.2 Собрать схему для проверки в соответствии с рисунком В.1, приложение В.

10.2.3 Используя КМД установить значение внутреннего линейного размера (воздушный зазор) между поверхностями металлических пластин в выбранном контрольном значении длины по 10.2.1.

10.2.4 Произвести с помощью мультиметра измерение величины выходного сигнала ($N_{вых.и.}$) в виде напряжения постоянного тока (В) и(или) силы постоянного тока (мА). Число измерений (n) не менее трех. Фиксировать каждое полученное значение измерений.

10.2.5 Для остальных контрольных значений внутренних линейных размеров (воздушный зазор) по 10.2.1 повторить операции по пп. 10.2.2 – 10.2.4

10.2.6 Рассчитать среднее значение ($N_{вых.ср.}$) величины выходного сигнала в виде напряжения постоянного тока (В) и(или) силы постоянного тока (мА) в каждой контрольной точке по формуле (1).

10.2.7 Рассчитать измеренного системой среднего значения ($S_{\text{ср.}}^{\text{сист}}$) внутреннего линейного размера (воздушный зазор), по формуле (6):

$$S_{\text{ср.}}^{\text{сист}} = S_{\text{min}} + \frac{N_{\text{вых.ср.}} - N_{\text{min}}}{K_{\text{ном}}}, \text{ мм} \quad (6)$$

где: S_{min} – нижнее значение границы диапазона измерений внутреннего линейного размера (воздушный зазор);

$N_{\text{вых.ср.}}$ – полученное среднее значение величины выходного сигнала в виде напряжения постоянного тока (В) и(или) силы постоянного тока (мА) по формуле (1) индицируемое системой при установленном воздушном зазоре;

N_{min} – нижние значение границы диапазона выходного сигнала, мА, В

$K_{\text{ном.}}$ – номинальное значение коэффициента преобразования, мА/мм, В/мм;

10.2.8 Рассчитать относительную погрешность измерений внутреннего линейного размера (воздушный зазор), по формуле (7)

$$\delta_{\text{сист}} = \frac{S_{\text{ср.}}^{\text{сист}} - S_{\text{зад}}}{S_{\text{зад}}} \cdot 100, \% \quad (7)$$

где: $S_{\text{ср.}}^{\text{сист}}$ – среднее значение внутреннего линейного размера (воздушный зазор) измеренное системой, по формуле (6);

$S_{\text{зад}}$ – обозначение то же, что и в формуле (2)

10.2.9 Результаты поверки считают положительными и системы соответствуют метрологическим требованиям по 10.2, если полученные значения относительной погрешности измерения внутреннего линейного размера (воздушный зазор) между поверхностями металлических пластин, в каждом заданном поверяемом значении не превышает пределов, указанные в таблице А.1 приложения А.

11 Оформление результатов поверки

11.1 Результаты поверки оформляются в соответствии с порядком, утвержденным законодательством Российской Федерации в области обеспечения единства измерений.

11.2 Результаты первичной и/или периодической поверки подтверждаются сведениями о результатах поверки в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений (ФИФОЕИ). В случае проведения поверки в сокращенном объеме на системы, в ФИФОЕИ передаются сведения об объеме проведенной поверки.

11.3 Результаты поверки оформляются протоколом поверки в произвольной форме с перечнем состава системы с указанием наименований, заводских номеров компонентов средства измерений.

11.4 В случае положительных результатов первичной и/или периодической поверок, по заявлению владельца системы или лица, представившего ее на поверку, на системы выдается свидетельство о поверке, на которое наносится знак поверки. Конструкция не предусматривает нанесение знака поверки на средство измерений.

11.5 В случае отрицательных результатах поверки система признается непригодной к применению. Сведения об отрицательных результатах поверки передаются в ФИФОЕИ. По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается извещение о непригодности средства измерений.

Инженер по метрологии ЛОЕИ
ООО «ПРОММАШ ТЕСТ»

Гриценко П.А,

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(обязательное)

**Метрологические требования, которые должны быть подтверждены
в результате поверки**

Таблица А.1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений внутреннего линейного размера (воздушный зазор), мм: - для модификации с датчиком AGS-240 совместно с БПС SPA-030 - для модификации с датчиком AGS-340 совместно с БПС SPA-060	от 5 до 30 от 10 до 60
Номинальное значение коэффициента преобразования, мА/мм: - для модификации с датчиком AGS-240 совместно с БПС SPA-030 - для модификации с датчиком AGS-340 совместно с БПС SPA-060	0,64 0,32
Номинальное значение коэффициента преобразования, В/мм: - для модификации с датчиком AGS-240 совместно с БПС SPA-030 - для модификации с датчиком AGS-340 совместно с БПС SPA-060	0,4 0,2
Пределы допускаемого отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения, %	± 3
Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения внутреннего линейного размера (воздушный зазор), %	± 3

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(обязательное)

Требования к образцу материала

Таблица Б.1 – Технические характеристики металлической пластины

Наименование характеристики	Значение
Материал	сталь электротехническая, марка материала образца для поверки датчика должна соответствовать материалу агрегата, на котором устанавливается датчик AGS
Габаритные размеры металлической пластины (длина × ширина × высота), мм, не менее:	
- для датчика модификации AGS-240	$360 \times 160 \times 5$
- для датчика модификации AGS-340	$460 \times 180 \times 5$
Допуск плоскости рабочей поверхности ¹⁾ , не более, мм	0,05

¹⁾Поверхность на которую устанавливается датчик AGS (см. рисунок В.1, приложения В) и/или от которой ведется отсчет измерений внутреннего линейного размера (воздушный зазор).

Таблица Б.2 – Средства контроля технических характеристик

Наименование характеристики	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения контроля	Рекомендуемые средства контроля
Габаритные размеры металлической пластины	Средство измерений длины, длина не менее 500 мм, цена деления 1 мм и 0,5 мм.	Линейки измерительные металлические, Micron (регистрационный номер 43432-09 в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений (далее – ФИФОЕИ))
	Средство измерений внутренних линейных размеров, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений $\pm 0,05$ мм.	Штангенциркули серии 500, модификации AOS ABSOLUTE Digimatic (регистрационный номер 72366-18 в ФИФОЕИ)
Контроль плоскости рабочей поверхности	Средство измерений для проверки плоскости, длина не менее 500 мм, допуск плоскости рабочих поверхностей не более 12 мкм.	Линейки поверочные ЛД, лекальные, ЛД-500 (регистрационный номер 76862-19 в ФИФОЕИ)
	Средство измерений величины зазоров, номинальная толщина 0,05 мм, с допускаемыми отклонениями не более ± 6 мкм.	Щупы торговой марки «Калиброн», набор № 2 (регистрационный номер 79706-20 в ФИФОЕИ)

Примечание – Допускается использовать при контроле другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.

Б1 Проверка габаритных размеров

Б1.1 Проверку габаритных размеров проводят методом прямых измерений с помощью штангенциркуля и измерительной линейки.

Б2 Проверка отклонений от плоскостности

Б2.1 Проверку отклонений от плоскости рабочей поверхности металлической пластины проводят в продольных, поперечных и двух диагональных сечениях с применением линейки лекальной и щупа, толщина которого доведена до 0,05 мм.

Б2.2 Число поверяемых точек, равномерно распределённых по длине с меньшей стороны пластины – 3; с большей стороны пластины – 4, по диагонали – 5.

Б2.3 Линейку лекальную прикладывают измерительной поверхностью на рабочую поверхность металлических пластин в соответствии с Б2.1, приложения Б. В зазор между линейкой лекальной и поверхностью металлической пластины не должны входить щупы в точках по Б2.2, приложения Б, установленной толщины по Б2.1, приложения Б.

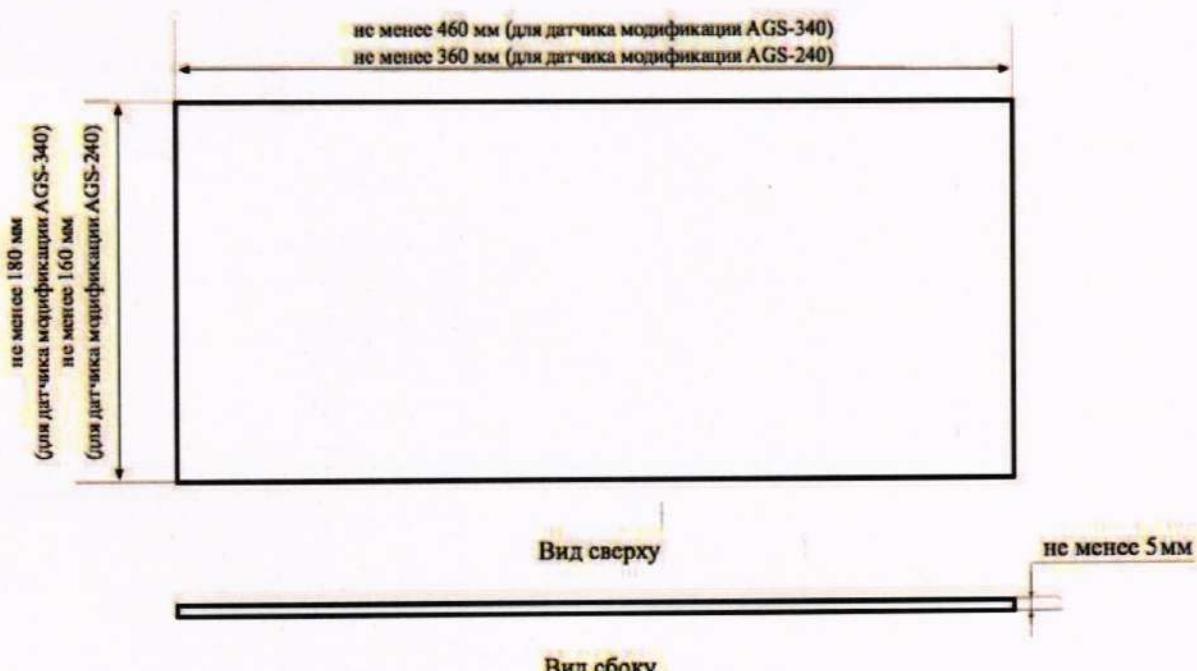


Рисунок Б.1 – Габаритные размеры металлических пластин

Б3 Металлические пластины допускаются к применению для поверки если соблюдены требования к образцам материала по таблице Б.1, приложения Б.

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(обязательное)

Схемы подключения системы при поверке

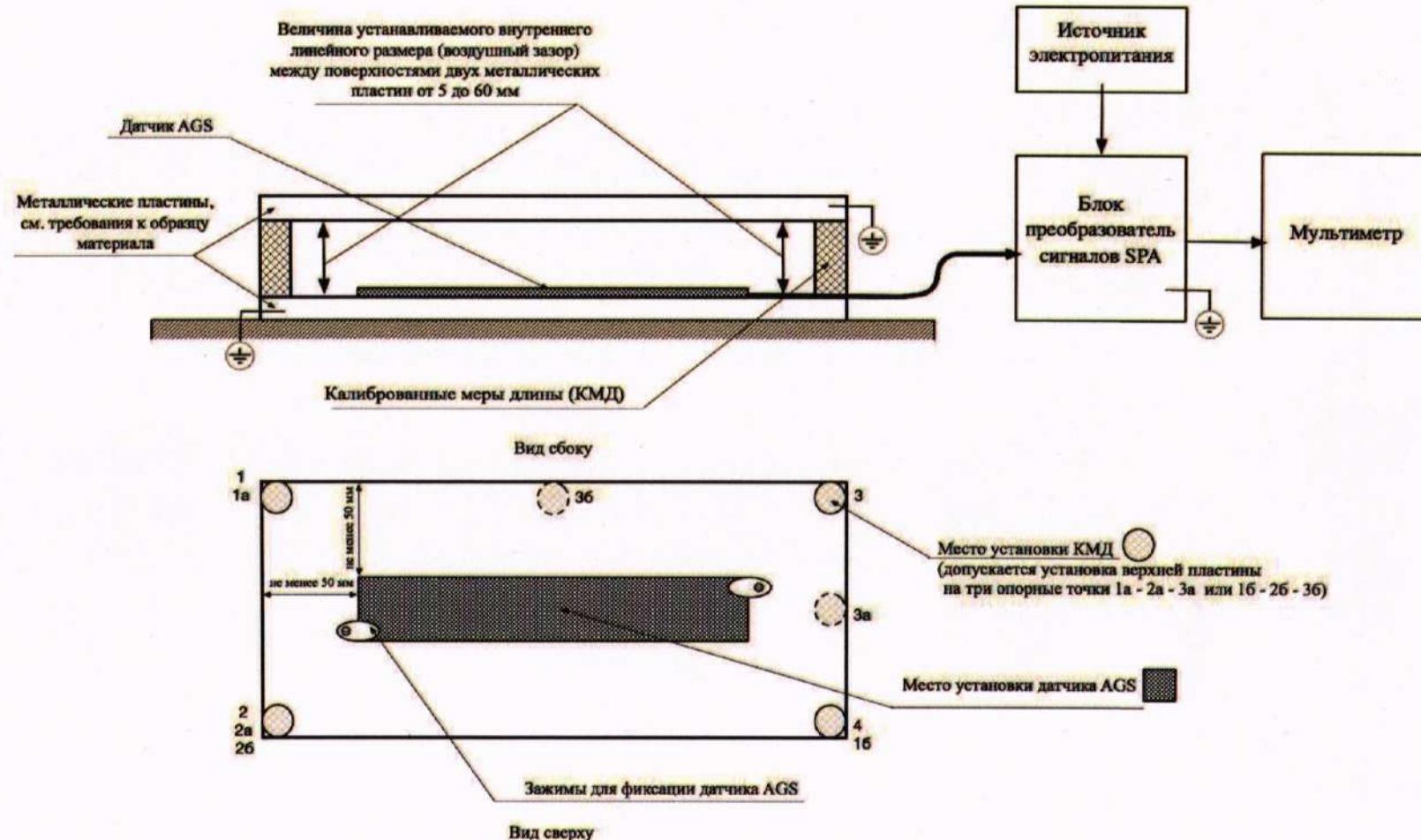


Рисунок В.1 - Схема рабочего места по поверке