

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

СОГЛАСОВАНО

Генеральный директор

ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

А.Н. Пронин

«24» февраля 2022 г.



Государственная система обеспечения единства измерений

Трубки напорные Промэкоприбор

Методика поверки

МП 2550-0398-2022

Руководитель научно-исследовательского отдела
эталонов и научных исследований физических
процессов в воздушной и жидких средах
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

К.В. Попов

«24» 02 2022 г.

г. Санкт-Петербург
2022 г.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на трубки напорные Промэкоприбор (далее – трубки напорные), выпускаемые ООО «Промэкоприбор», и устанавливает методику их первичной и периодической поверки.

1.2 Методика поверки обеспечивает прослеживаемость поверяемых трубок напорных к Государственному первичному эталону единицы скорости воздушного потока ГЭТ 150-2012 в соответствии с Государственной поверочной схемой, утвержденной Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 25 ноября 2019 г. № 2815 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений скорости воздушного потока».

1.3 Методика поверки реализуется методом непосредственного сличения поверяемого СИ с эталонами той же величины.

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

1.5 Методика поверки предусматривает проведение поверки трубок напорных Промэкоприбор двумя методами:

- а) метод 1 – с применением эталонного приемника полного и статического давления;
- б) метод 2 – с применением установки аэродинамической измерительной.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

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

Таблица 1 – Перечень операций поверки

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Обязательность проведения при поверке	
		первичной	периодической
Внешний осмотр средства измерений	7	да	да
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8	да	да
Определение метрологических характеристик средства измерений	9		
Определение среднего коэффициента преобразования динамического (скоростного) давления: - с применением эталонного приемника полного и статического давления; - с помощью установки аэродинамической измерительной	9.1.1	да	да
	9.2.1		
Определение относительной погрешности определения среднего коэффициента преобразования динамического (скоростного) давления: - с применением эталонного приемника полного и статического давления; - с помощью установки аэродинамической измерительной	9.1.2	да	да
	9.2.2		
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	10	да	да

2.2 Выбор метода определения метрологических характеристик средства измерений зависит от наличия тех или иных средств поверки.

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

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С 20±5;
- относительная влажность окружающего воздуха, % от 30 до 80;
- атмосферное давление, кПа от 84,4 до 106,7.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

К проведению поверки допускаются лица, изучившие настоящую методику, ознакомленные с приказом Росстандарта от 31.12.2020 № 2315 и эксплуатационной документацией на поверяемые трубки напорные и средств поверки, и прошедшие инструктаж по технике безопасности.

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки применяют средства, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Перечень средств поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п.8.1 Контроль условий проведения поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от -10 до +40 °С, с абсолютной погрешностью не более ±1 °С; средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 10 до 90 %, с абсолютной погрешностью не более ±3 %; средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 80 до 110 кПа, с абсолютной погрешностью не более ±0,5 кПа	Прибор комбинированный Testo 622, рег. № 53505-13
п.9.1 Определение метрологических характеристик с применением эталонного приемника полного и статического давления	Рабочий эталон в соответствии с Приказом Росстандарта от 25.11.2019 № 2815 об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений скорости воздушного потока	Аэродинамическая измерительная установка, диапазон измерений скорости воздушного потока (2-60) м/с, ПГ ±(0,2+0,04·V) м/с, где V – измеренное значение скорости потока
	Средство измерений разности давлений, диапазон измерений от 0 до 2500 Па, пределы допускаемой основной приведенной погрешности ±0,02 %	Микроманометр жидкостный компенсационный с микрометрическим винтом МКВ-250 по ТУ 14-13-015-79, рег. № 968-74

	Приемник полного и статического давления	Приемник полного и статического давления, диапазон измерений скорости воздушного потока (2-60) м/с, $ПГ \pm (0,006 + 0,024 \cdot V)$ м/с, где V – измеренное значение скорости потока; диапазон измерений скорости воздушного потока (2-60) м/с
	Кран шаровой полнопроходной трехходовой *	AISI 316 КШ-3х-L-010-316
п.9.2 Определение метрологических характеристик с помощью установки аэродинамической измерительной	Рабочий эталон в соответствии с Приказом Росстандарта от 25.11.2019 № 2815 об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений скорости воздушного потока	Установка аэродинамическая измерительная ЭМС 0,05/60-240 по ГСУА.402134.001 ТУ, рег. № 70034-17
п. 9.1, п. 9.2	Трубка поливинилхлоридная *	Трубка поливинилхлоридная (ПВХ) 6х1,5 мм по ТУ 64-2-286-79

5.2 Допускается применение других средств поверки, не приведенных в таблице 2, но обеспечивающих определение (контроль) метрологических характеристик поверяемых трубок напорных с требуемой точностью.

5.3 Все средства поверки, кроме отмеченных «*», должны иметь действующие свидетельства о поверке.

6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны быть соблюдены:

- требования безопасности, указанные в эксплуатационной документации на поверяемые трубки напорные и средства поверки;
- правила пожарной безопасности, действующие на предприятии, на территории которого проводится поверка.

Примечание – При пользовании настоящей методикой следует в установленном порядке проверить действие нормативных документов, перечисленных в разделе 6. Если нормативный документ заменен или частично изменен, то следует руководствоваться положениями заменяющего или частично заменяющего документа. Если нормативный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяют в части, не затрагивающей эту ссылку.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 При внешнем осмотре поверяемых трубок напорных должно быть установлено:

- отсутствие механических повреждений и загрязнений, влияющих на работоспособность или препятствующих чтению маркировки;
- соответствие внешнего вида и маркировки, в том числе места нанесения знака утверждения типа, требованиям, указанным в описании типа.

7.2 Результаты внешнего осмотра считают положительными, если трубки напорные соответствуют перечисленным выше требованиям.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Перед проведением поверки выполняют следующие подготовительные работы:

- выполняют мероприятия по обеспечению условий безопасности;
- подготавливают поверяемые трубки напорные и средства поверки к работе в соответствии с их эксплуатационной документацией;
- проверяют (регистраруют) соблюдение требований п. 3, осуществляют контроль температуры окружающего воздуха, относительной влажности окружающего воздуха и атмосферного давления;

- в помещении, где проводится поверка, исключают перемещение персонала, закрывание и открывание дверей, окон и других возможных источников воздушных колебаний.

8.2 При опробовании проверяют работоспособность трубок напорных:

- поверяемую трубку напорную устанавливают в рабочую часть установки аэродинамической приемной частью (отверстием приемника полного давления) навстречу воздушному потоку и подключают к эталонному микроманометру или системе измерений параметров потока установки;
- задают несколько значений скорости воздушного потока с помощью установки аэродинамической.

Результаты опробования считают положительными, если показания давления эталонного микроманометра, подключенного к поверяемой напорной трубке, или системы измерений параметров потока установки изменяются.

9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

В зависимости от наличия тех или иных средств поверки выбирается один из методов определения метрологических характеристик:

- с применением эталонного приемника полного и статического давления (п. 9.1);
- с помощью установки аэродинамической измерительной (п. 9.2).

9.1 Метод 1 – Определение метрологических характеристик средства измерений с применением эталонного приемника полного и статического давления

9.1.1 Определение среднего коэффициента преобразования динамического (скоростного) давления

9.1.1.1 Определение среднего коэффициента преобразования динамического (скоростного) давления с применением эталонного приемника полного и статического давления (далее – ППСД) проводят при следующих значениях скорости воздушного потока (точках поверки), в зависимости от модификации и исполнения поверяемой трубки напорной, м/с:

- | | |
|-----------------------------------|--------------------|
| - модификация Пито, исполнение Д1 | 2; 10; 15; 20; 30; |
| - модификация Пито, исполнение Д2 | 2; 15; 30; 45; 60; |
| - модификация Пито цилиндрическая | 4; 10; 15; 20; 30. |

9.1.1.2 Определение среднего коэффициента преобразования динамического (скоростного) давления проводят в следующем порядке:

1) Устанавливают поверяемую трубку напорную и эталонный ППСД в рабочую часть установки аэродинамической приемной частью (отверстием приемника полного давления) навстречу воздушному потоку и подключают к эталонному микроманометру согласно схеме, изображенной на рисунке Б.1 или Б.2 (в зависимости от модификации трубки) Приложения Б к настоящей методике.

2) Задают на установке аэродинамической значение скорости воздушного потока, соответствующее первой точке поверки согласно п. 9.1.1.1 настоящей методики.

3) После выхода установки на режим производят три отсчета значений перепада давления поверяемой трубки напорной ($P_{и1}$, $P_{и2}$, $P_{и3}$, Па) и эталонного ППСД ($P_{э1}$, $P_{э2}$, $P_{э3}$, Па) с помощью эталонного микроманометра с интервалом около 10 секунд.

4) Повторяют операции 2) и 3) настоящего пункта для остальных точек поверки.

5) Вычисляют средние значения перепада давления поверяемой трубки напорной ($P_{И\text{ср}i}$, Па) и эталонного ППСД ($P_{Э\text{ср}i}$, Па) в i -той точке поверки по формулам:

$$P_{И\text{ср}i} = \frac{P_{И1} + P_{И2} + P_{И3}}{3} \quad (1)$$

$$P_{Э\text{ср}i} = \frac{P_{Э1} + P_{Э2} + P_{Э3}}{3} \quad (2)$$

6) Вычисляют коэффициент преобразования динамического (скоростного) давления поверяемой трубки напорной в i -той точке поверки (K_{Ti}) по формуле:

$$K_{Ti} = \frac{P_{Э\text{ср}i}}{P_{И\text{ср}i}} \cdot K_K, \quad (3)$$

где:

K_K - коэффициент преобразования динамического (скоростного) давления эталонного ППСД.

7) Вычисляют средний коэффициент преобразования динамического (скоростного) давления поверяемой трубки напорной (K_T) по формуле:

$$K_T = \frac{\sum(K_{Ti})}{m}, \quad (4)$$

где:

m - количество значений скорости воздушного потока (точек поверки).

9.1.1.3 Результаты определения считают положительными, если полученное значение среднего коэффициента преобразования динамического (скоростного) давления не превысило пределов, указанных в таблице А.1 Приложения А к настоящей методике.

9.1.2 Определение относительной погрешности определения среднего коэффициента преобразования динамического (скоростного) давления

9.1.2.1 Определение относительной погрешности определения среднего коэффициента преобразования динамического (скоростного) давления проводят одновременно с определением среднего коэффициента преобразования динамического (скоростного) давления в соответствии с п. 9.1.1 настоящей методики.

9.1.2.2 Значение среднего абсолютного отклонения коэффициента преобразования динамического (скоростного) давления поверяемой трубки напорной от среднего коэффициента преобразования (ΔK_T) по всем точкам поверки рассчитывают по формуле:

$$\Delta K_T = \frac{\sum(|K_{Ti} - K_T|)}{m} \quad (5)$$

9.1.2.3 Значение среднего относительного отклонения коэффициента преобразования динамического (скоростного) давления поверяемой трубки напорной от среднего коэффициента преобразования (δ_{K_T} , %), рассчитывают по формуле:

$$\delta_{K_T} = \frac{\Delta K_T}{K_T} \cdot 100 \quad (6)$$

9.1.2.4 Значение относительной погрешности определения среднего коэффициента преобразования динамического (скоростного) давления поверяемой трубки напорной (δ , %) для всего диапазона скоростей рассчитывают по формуле:

$$\delta = \sqrt{(\delta_{K_T})^2 + (\delta K_{TV})^2}, \quad (7)$$

где:

δK_{TV} - относительная погрешность определения коэффициента преобразования динамического (скоростного) давления поверяемой трубки напорной, определяемая погрешностью эталонных средств поверки и рассчитываемая по формуле, %:

$$\delta K_{TV} = 1,1 \cdot \sqrt{\delta K_K^2 + \delta_M^2}, \quad (8)$$

где:

δK_K - относительная погрешность определения коэффициента преобразования давления эталонной ППСД (указана в свидетельстве о поверке на ППСД), %;

δ_M - относительная погрешность эталонного микроманометра, %.

9.1.2.5 Результаты определения считают положительными, если полученное значение относительной погрешности определения среднего коэффициента преобразования динамического (скоростного) давления не превысило пределов, указанных в таблице А.1 Приложения А к настоящей методике.

9.2 Метод 2 – Определение метрологических характеристик средства измерений с применением установки аэродинамической измерительной

9.2.1 Определение среднего коэффициента преобразования динамического (скоростного) давления

9.2.1.1 Определение среднего коэффициента преобразования динамического (скоростного) давления с помощью установки аэродинамической измерительной проводят при следующих значениях скорости воздушного потока (точках поверки), в зависимости от модификации и исполнения поверяемой трубки напорной, м/с:

- | | |
|-----------------------------------|--------------------|
| - модификация Пито, исполнение Д1 | 2; 10; 15; 20; 30; |
| - модификация Пито, исполнение Д2 | 2; 15; 30; 45; 60; |
| - модификация Пито цилиндрическая | 4; 10; 15; 20; 30. |

9.2.1.2 Определение среднего коэффициента преобразования динамического (скоростного) давления проводят в следующем порядке:

1) Устанавливают поверяемую трубку напорную в рабочую часть установки аэродинамической измерительной приемной частью (отверстием приемника полного давления) навстречу воздушному потоку и подключают к системе измерений параметров потока установки согласно схеме, изображенной на рисунке Б.3 или Б.4 (в зависимости от модификации трубки) Приложения Б к настоящей методике.

2) Задают на установке аэродинамической измерительной значение скорости воздушного потока, соответствующее первой точке поверки согласно п. 9.2.1.1 настоящей методики.

3) После выхода установки на режим производят три отсчета значений перепада давления поверяемой трубки напорной ($P_{И1}$, $P_{И2}$, $P_{И3}$, Па) и установки аэродинамической измерительной ($P_{Э1}$, $P_{Э2}$, $P_{Э3}$, Па) с интервалом около 10 секунд между отсчетами.

4) Повторяют операции 2) и 3) настоящего пункта для остальных точек поверки.

5) Вычисляют средние значения перепада давления поверяемой трубки напорной ($P_{Иср}$, Па) и установки аэродинамической измерительной ($P_{Эср}$, Па) в i -той точке поверки по формулам (1) и (2).

6) Вычисляют коэффициент преобразования динамического (скоростного) давления поверяемой трубки напорной в i -той точке поверки (K_{Ti}) по формуле (3),

где:

K_K - коэффициент преобразования динамического (скоростного) давления установки аэродинамической измерительной.

7) Вычисляют средний коэффициент преобразования динамического (скоростного) давления поверяемой трубки напорной (K_T) по формуле (4),

где:

m - количество значений скорости воздушного потока (точек поверки).

9.2.1.3 Результаты определения считают положительными, если полученное значение среднего коэффициента преобразования динамического (скоростного) давления не превысило пределов, указанных в таблице А.1 Приложения А к настоящей методике.

9.2.2 Определение относительной погрешности определения коэффициента преобразования динамического (скоростного) давления

9.2.2.1 Определение относительной погрешности определения среднего коэффициента преобразования динамического (скоростного) давления проводят одновременно с определением среднего коэффициента преобразования динамического (скоростного) давления в соответствии с п. 9.2.1 настоящей методики.

9.2.2.2 Значение среднего абсолютного отклонения коэффициента преобразования динамического (скоростного) давления поверяемой трубки напорной от среднего коэффициента преобразования (ΔK_T) по всем точкам поверки рассчитывают по формуле (5).

9.2.2.3 Значение среднего относительного отклонения коэффициента преобразования динамического (скоростного) давления поверяемой трубки напорной от среднего коэффициента преобразования (δ_{K_T} , %), рассчитывают по формуле (6).

9.2.2.4 Значение относительной погрешности определения среднего коэффициента преобразования динамического (скоростного) давления поверяемой трубки напорной (δ , %) для всего диапазона скоростей рассчитывают по формуле (7),

где:

δK_{TV} - относительная погрешность определения коэффициента преобразования динамического (скоростного) давления поверяемой трубки напорной, определяемая погрешностью установки аэродинамической измерительной, рассчитываемая по формуле, %:

$$\delta K_{TV} = 1,1 \cdot \sum_{i=1}^m \sqrt{\delta K_{Vi}^2}, \quad (9)$$

где:

δK_{Vi} - относительная погрешность установки аэродинамической измерительной в i -той точке поверки, %.

9.2.2.5 Результаты определения считают положительными, если полученное значение относительной погрешности определения среднего коэффициента преобразования динамического (скоростного) давления не превысило пределов, указанных в таблице А.1 Приложения А к настоящей методике.

10 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

Напорные трубки признают соответствующими метрологическим требованиям, указанным в описании типа, если результаты определения метрологических характеристик по п. 9 настоящей методики положительные.

11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

11.1 При проведении поверки оформляют протокол результатов поверки, рекомендуемая форма которого приведена в Приложении В к настоящей методике.

11.2 Трубки напорные, удовлетворяющие требованиям настоящей методики поверки, признают годными к применению. При отрицательных результатах трубки напорные не допускают к применению.

11.3 Результаты поверки трубок напорных вносят в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в установленном порядке.

11.4 По заявлению владельца трубки напорной или лица, представившего его на поверку, выдается свидетельство о поверке трубки напорной и (или) в паспорт трубки напорной вносится запись о проведенной поверке, заверяемая подписью поверителя, с указанием даты поверки или выдается извещение о непригодности к применению средства измерений.

11.5 Знак поверки наносится на свидетельство о поверке (в случае оформления) или в паспорт. Нанесение знака поверки на трубки напорные не предусмотрено.

Приложение А
(обязательное)
Метрологические характеристики трубок напорных

Таблица А.1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Модификация		
	Пито		Пито цилиндрическая
	Исполне- ние Д1	Исполне- ние Д2	
Диапазон измерений скорости воздушного (газового) потока, м/с	от 2 до 30	от 2 до 60	от 4 до 30
Средний коэффициент преобразования динамического (скоростного) давления, Кт	от 0,95 до 1,05		от 0,35 до 0,55
Пределы допускаемой относительной погрешности определения среднего коэффициента преобразования динамического (скоростного) давления, %	±3		±5

Приложение Б
(рекомендуемое)
Рекомендуемые схемы соединений

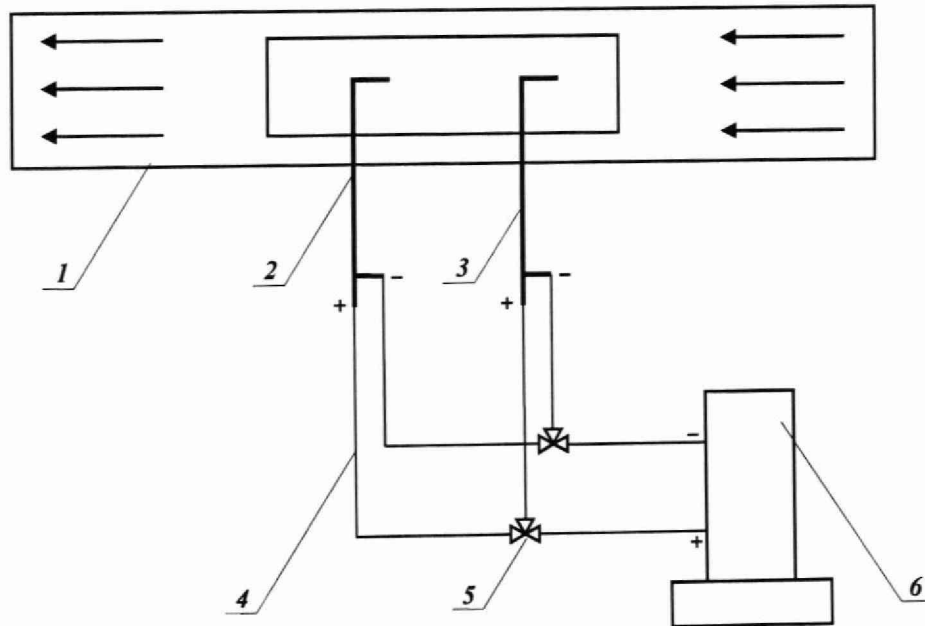


Рисунок Б.1 – Рекомендуемая схема соединений при проверке трубок напорных модификации Пито с применением эталонного ППСД

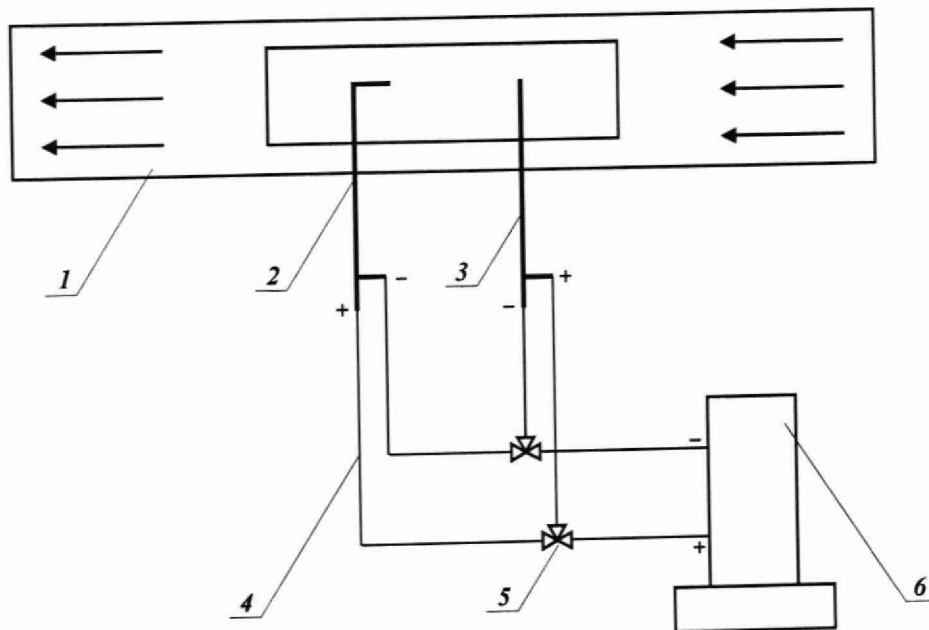


Рисунок Б.2 – Рекомендуемая схема соединений при проверке трубок напорных модификации Пито цилиндрическая с применением эталонного ППСД

- 1 – установка аэродинамическая;
- 2 – эталонный ППСД;
- 3 – проверяемая трубка напорная;
- 4 – трубка поливинилхлоридная;
- 5 – кран шаровой полнопроходной трехходовой;
- 6 – эталонный микроанометр.

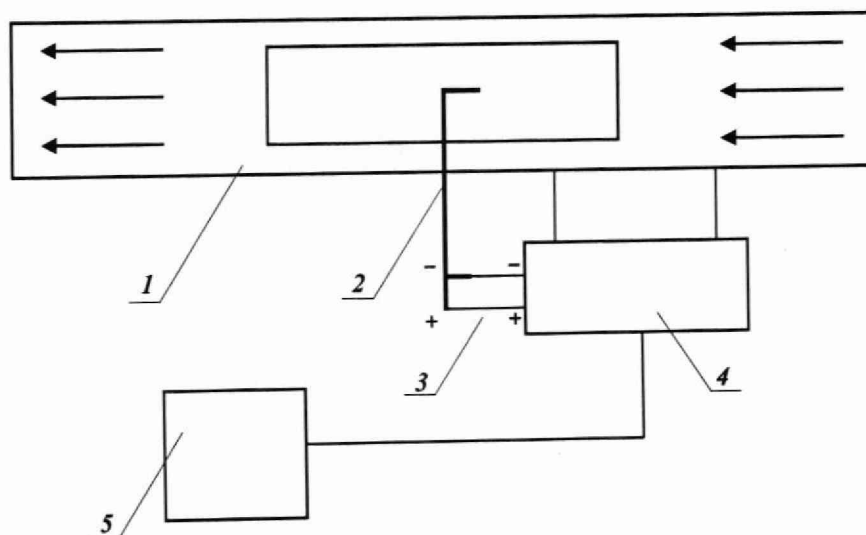


Рисунок Б.3 – Рекомендуемая схема соединений при проверке трубок напорных модификации Пито с помощью установки аэродинамической измерительной

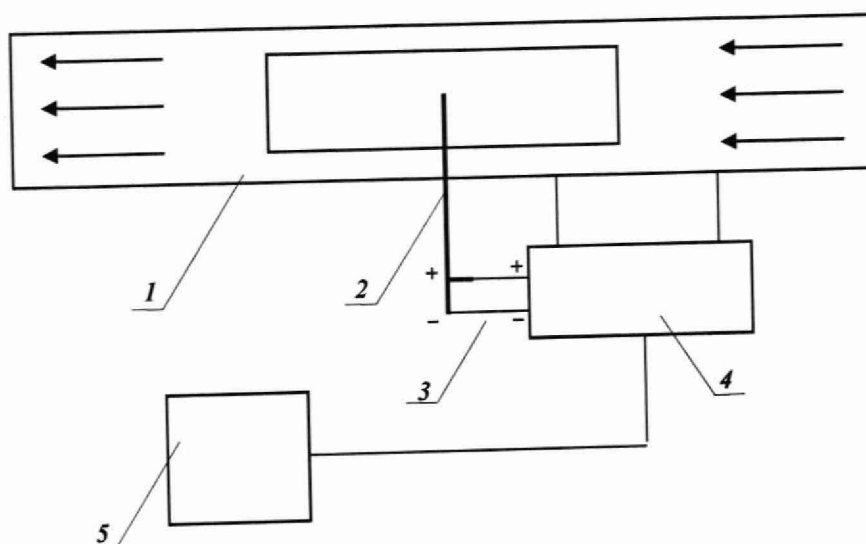


Рисунок Б.4 – Рекомендуемая схема соединений при проверке трубок напорных модификации Пито цилиндрическая с помощью установки аэродинамической измерительной

- 1 – установка аэродинамическая измерительная;
- 2 – проверяемая трубка напорная;
- 3 – трубка поливинилхлоридная;
- 4 – система измерений параметров потока, входящая в состав установки;
- 5 – персональный компьютер, входящий в состав установки.

Приложение В
(рекомендуемое)
Форма протокола поверки

Протокол поверки

№ _____ от _____

Наименование, тип, модификация СИ	
Регистрационный номер в ФИФ ОЕИ	
Заводской (серийный) номер	
Изготовитель	
Год выпуска	
Владелец СИ	
Наименование нормативного документа по поверке	
Вид поверки	

Условия проведения поверки:

Контролируемый параметр	Требования документа по поверке	Измеренное значение
Температура окружающего воздуха, °С		
Относительная влажность окружающего воздуха, %		
Атмосферное давление, кПа		

Средства поверки:

Результаты поверки:

Внешний осмотр средства измерений: _____

Подготовка к поверке и опробование средства измерений: _____

Определение метрологических характеристик средства измерений:

Диапазон измерений скорости воздушного (газового) потока, м/с	Заданное значение скорости воздушного (газового) потока, м/с	Среднее значение перепада давления эталона, $P_{эри}$, Па	Среднее значение перепада давления поверяемой трубки напорной, $P_{иэри}$, Па	Коэффициент преобразования динамического давления поверяемой трубки напорной, K_t	Средний коэффициент преобразования динамического давления поверяемой трубки напорной, K_t	Относительная погрешность определения K_t , δ , %

Заключение: _____

Поверитель (ФИО, подпись): _____