

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

СОГЛАСОВАНО

И.о. генерального директора
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

ЗАМЕСТИТЕЛЬ
ГЕНЕРАЛЬНОГО ДИРЕКТОРА
КРИВЦОВ Е.П.
ДОВЕРЕННОСТЬ
ОТ 17.06.2021
А.Н. Пронин
«26» июня 2021 г.



Государственная система обеспечения единства измерений

Установки аэродинамические АТ-60

Методика поверки

МП 254-0119-2021

И.о. руководителя
научно-исследовательского отдела
госэталонов в области аэрогидрофизических параметров
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

А.Ю. Левин

Руководитель лаборатории испытаний
в целях утверждения типа средств измерений
аэрогидрофизических параметров
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»
П.К. Сергеев

г. Санкт-Петербург
2021 г.

1. Общие положения

Данная методика поверки распространяется на установки аэродинамические АТ-60 (далее – установки АТ-60), предназначенные для воспроизведения параметров воздушного потока (скорость, направление) и применяющиеся для поверки средств измерений скорости и направления воздушного потока в лабораторных условиях, и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверки.

Методика поверки должна обеспечивать прослеживаемость установок аэродинамических к государственному первичному специальному эталону единицы скорости воздушного потока (ГЭТ 150-2012).

Методы, обеспечивающие реализацию методики поверки:

- непосредственное сличение - при проверке скорости воздушного потока
- прямые измерения – при проверке направления воздушного потока

Установки аэродинамические АТ-60 подлежат первичной и периодической поверке. Методикой поверки не предусмотрена возможность 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.

2. Перечень операций поверки средства измерений

Таблица 1

Наименование операции	Пункт МП	Операции проводимые при поверке	
		Первичной поверке	Периодической поверке
Внешний осмотр	7.1	да	да
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8	да	да
Подтверждение соответствия ПО	9	да	нет
Определение метрологических характеристик:	10		
погрешности измерений скорости воздушного потока	10.1	да	нет
диапазона задаваемых скоростей воздушного потока	10.2	да	нет
неравномерности поля скоростей в выходном сечении конфузора (сопла)	10.3	да	да
нестабильности поддержания задаваемых скоростей воздушного потока	10.4	да	да
погрешности измерения направления воздушного потока	10.5	да	да

2.1. При отрицательных результатах одной из операций поверка прекращается.

3. Требования к условиям проведения поверки

При поверке должны быть соблюдены следующие условия:

- температура воздуха, °С от +18 до +23;
- относительная влажность воздуха, % от 30 до 85;
- атмосферное давление, гПа от 900 до 1067.

4. Требования к специалистам, осуществляющим поверку.

К проведению поверки допускаются лица, допущенные к работе в качестве поверителей, изучившие настоящую методику и эксплуатационную документацию (далее ЭД), прилагаемую к установкам аэродинамическим АТ-60.

5. Метрологические и технические требования к средствам поверки

Таблица 2

Номер пункта документа по поверке	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, метрологические и основные технические характеристики средства поверки
9	Персональный компьютер
10	Государственный специальный эталон единицы скорости воздушного потока ГЭТ 150-2012, диапазон от 0,05 м/с до 100 м/с, диаметр рабочего участка 700 мм, расширенная неопределенность (коэффициент охвата $k=2$) $(0,00032 + 0,002V)$ м/с Государственный рабочий эталон 1 разряда единицы плоского угла при угловом перемещении твердого тела в диапазоне $0^\circ \dots 360^\circ$, доверительная погрешность эталона δ при доверительной вероятности 0,95 не превышает 0,3", регистрационный номер 3.1.ZZB.0125.2015

5.1. Средства поверки должны иметь действующие свидетельства о поверке, эталоны - действующие свидетельства об аттестации.

5.2. Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик с требуемой точностью.

6. Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

- требования безопасности по ГОСТ 12.3.019;
- требования безопасности, изложенные в эксплуатационной документации;
- «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей»;
- «Правила ТБ при эксплуатации электроустановок потребителей»;
- в целях обеспечения безопасности работ и возможности выполнения процедур поверки достаточно одного специалиста.

7. Проведение поверки

7.1 Внешний осмотр средства измерений

При проведении внешнего осмотра должно быть установлено соответствие АТ-60 следующим требованиям:

- соответствие внешнему виду СИ описанию типа СИ;
- четкость и хорошая различимость маркировок и заводского номера;
- наличию знака утверждения типа в месте, указанном в описании типа СИ;
- комплектность должна соответствовать эксплуатационной документации на данную модификацию установки аэродинамической АТ-60;
- установка аэродинамическая АТ-60 не должна иметь дефектов, способных оказать влияние на безопасность проведения поверки и на результаты поверки.

8. Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1. Проверить комплектность установки аэродинамической АТ-60.

8.2. Проверить электропитание установки аэродинамической АТ-60.

Опробование АТ-60 должно осуществляться в следующем порядке:

8.3. Подготовить к работе и включить установку аэродинамическую АТ-60 согласно ЭД.

- 8.4 Запустите автономное ПО «АТ-60». Установите скорость 7 м/с и запустите воспроизведение воздушного потока. Должны отсутствовать сообщения об ошибках.

9. Проверка программного обеспечения средства измерений

- 9.1. Подтверждение соответствия программного обеспечения выполняется в следующем порядке.
- 9.1.1. Идентификация ПО осуществляется путем проверки номера версии ПО.
- 9.1.2. Выполните подключение к установке аэродинамической АТ-60, используя программу «AirTube», порядок работы с ПО указан в ЭД на установку аэродинамическую АТ-60.
- 9.1.3 Номер версии ПО «AirTube», отображается на рабочем поле программы.

Таблица 3

Идентификационные данные (признаки)	Значение
	Автономное ПО
Идентификационное наименование ПО	AirTube
Номер версии (идентификационный номер) ПО	не ниже 0.0.0.0

10. Определение метрологических характеристик средства измерений

Определение погрешности измерений скорости воздушного потока.

- 10.1 Определение погрешности измерений скорости воздушного потока проводится посредством определения метрологических характеристик средств измерений, входящих в состав АТ-60: анемометра электронного ЭА-70, манометра дифференциального цифрового типа ДМЦ-01, трубки Пито напорной дифференциальной цилиндрической (далее – трубки Пито) на ГЭТ 150-2012 в следующем порядке.
- 10.1.1 Подготовьте к работе анемометр электронный ЭА-70, манометр дифференциальный цифровой ДМЦ-01, трубку Пито в соответствии с ЭД.
- 10.1.2 Разместите зонд «обогреваемая струна» анемометра электронного ЭА-70 в рабочей зоне ГЭТ 150-2012. Задавайте ГЭТ 150-2012 пять значений скорости воздушного потока, $V_{эти}$, в диапазоне от 0,1 до 5 м/с.
- 10.1.3 На каждом заданном значении произведите измерения анемометром электронным ЭА-70, $V_{измi}$, измеренные значения фиксируйте с дисплея анемометра электронного ЭА-70.
- 10.1.4 Разместите зонд «крыльчатка» анемометра электронного ЭА-70 в рабочей зоне ГЭТ 150-2012. Задавайте ГЭТ 150-2012 пять значений скорости воздушного потока, $V_{эти}$, в диапазоне от 5 до 40 м/с.
- 10.1.5 На каждом заданном значении произведите измерения анемометром электронным ЭА-70, $V_{измi}$, измеренные значения фиксируйте с дисплея анемометра электронного ЭА-70.
- 10.1.6 Разместите трубку Пито в рабочей зоне ГЭТ 150-2012. Задавайте ГЭТ 150-2012 пять значений скорости воздушного потока, $V_{эти}$, в диапазоне от 40 до 60 м/с. На каждом заданном значении произведите измерения, $V_{измi}$, измеренные значения фиксируйте с дисплея манометра дифференциальный цифровой ДМЦ-01.
- 10.1.7 Вычислите абсолютную погрешность измерения скорости воздушного потока по формуле:

$$\Delta V = V_{измi} - V_{эти}$$

- 10.1.8 Результаты считают положительными, если абсолютная погрешность измерений скорости воздушного во всех выбранных точках не превышает:

$$\Delta V \leq \pm(0,015 + 0,015 \cdot V) \text{ м/с,}$$

V – измеренная скорость воздушного потока м/с

10.2 Определение диапазона задаваемых скоростей воздушного потока

10.2.1 Разместите зонд «обогреваемая струна» анемометра электронного ЭА-70 (СИ из состава АТ-60) в рабочей зоне АТ-60. Задавайте значение скорости воздушного потока, соответствующее нижнему пределу задания скорости воздушного потока (0,1 м/с).

10.2.2 Проведите измерение скорости воздушного потока $V_{\text{ниж}(i)}$ не менее 10 раз.

10.2.3 Разместите трубку Пито в рабочей зоне АТ-60. Задавайте значение скорости воздушного потока, соответствующее верхнему пределу задания скорости воздушного потока (60 м/с).

10.2.4 Проведите измерение скорости воздушного потока $V_{\text{верх}(i)}$ не менее 10 раз.

10.2.5 Вычислите средние значения $\bar{V}_{\text{ниж}}$ и $\bar{V}_{\text{верх}}$ по формуле:

$$\bar{V} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_i$$

10.2.6 Результаты считаются положительными, если:

$$0,0835 \text{ м/с} \leq \bar{V}_{\text{ниж}} \leq 0,1165 \text{ м/с}$$

$$59,085 \text{ м/с} \leq \bar{V}_{\text{верх}} \leq 60,915 \text{ м/с}$$

10.3 Определение неравномерности поля скоростей в выходном сечении конфузора (сопла) выполняется в следующем порядке:

10.3.1 Для определения неравномерности поля скоростей в выходном сечении сопла проводят измерения скоростей воздушного потока в точках расположенных на горизонтальной оси симметрии измерительного сопла при скоростях воздушного потока: 0,5 м/с, 15 м/с, 50 м/с. Расположение точек представлено на рисунке 1, расстояние от оси симметрии до крайних точек должно быть не менее 120 мм. Измерения производят в трех плоскостях в соответствии с рисунком 1 с расстоянием не менее 180 мм.

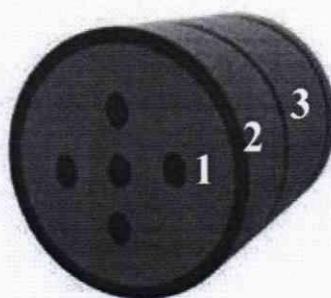


Рисунок 1

10.3.2 Подготовьте к работе анемометр электронный ЭА-70, манометр дифференциальный цифровой ДМЦ-01, трубку Пито в соответствии с ЭД.

10.3.3 На скорости 0,5 и 15 м/с в качестве измерителя используйте анемометр ЭА-70, на скорости 50 м/с манометр дифференциальный цифровой ДМЦ-01 с трубкой Пито.

Затем для каждой скорости рассчитывается средний коэффициент $\mu_{\text{ср}}$,

$$\mu_{\text{ср}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \mu_i, \text{ N-число точек в сечении}$$

μ_i – i-ое значение скорости,

а также для каждой точки параметр η_i

$$\eta_i = \frac{\mu_i}{\mu_{\text{ср}}}$$

и его среднее квадратическое отклонение S_η

$$S_\eta = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N \left(\frac{\mu_i}{\mu_{cp}} - 1 \right)^2}$$

Оценка случайной составляющей погрешности определения параметра η при доверительной вероятности $P = 0,95$ и объеме выборки $N = 15$ представляется соотношением $\delta\eta = 2S_\eta$. Требования к неравномерности поля скоростных напоров формируются в виде соотношения:

$$1.1 \geq \frac{\mu_i}{\mu_{cp}} \geq 0.90$$

Отсюда следует, что неравномерность поля скоростных напоров будет допустимой, если $\delta\eta \leq 0,10$.

10.4 Определение нестабильности поддержания задаваемых скоростей воздушного потока

10.4.1 Разместите зонд «крыльчатка» анемометра электронного ЭА-70 в рабочей зоне АТ-60.

10.4.2 Задавайте АТ-60 значение скорости воздушного потока 0,5 м/с

10.4.3 Проведите измерение скорости воздушного потока $V_{изм}(i)$ не менее 20 раз.

10.4.4 Вычислите среднее значение скорости воздушного потока $\bar{V}_{изм}$

10.4.5 Рассчитайте среднее квадратическое отклонение по формуле:

$$СКО_V = \sqrt{\frac{\sum (V_{изм_i} - \bar{V}_{изм})^2}{n - 1}}$$

10.4.6 Повторите действия пунктов 10.4.3-10.4.5 задавая значение скорости воздушного потока 50 м/с.

10.4.7 Результаты считают положительными если СКО для всех выбранных точек не превышает 1,0 %.

10.5 Проверка диапазона и определение погрешности измерения направления воздушного потока выполняется в следующем порядке:

10.5.1 Государственный рабочий эталон 1 разряда единицы плоского угла (далее – эталон) установите на координатный стол из состава АТ-60 таким образом, чтобы начальные значения отсчета соответствовали нулю градусов.

10.5.2 Проведите измерения плоского угла координатного стола, задавая угол поворота стола при помощи программного обеспечения АТ-60 (далее – ПО) с дискретностью 20 градусов. Пройдите полный оборот в 360 градусов.

10.5.3 На каждом измеренном значении фиксируйте показания координатного стола $\alpha_{изм_i}$, с ПО, эталонные значения $\alpha_{эт_i}$, фиксируйте с эталона.

10.5.4 Вычислите абсолютную погрешность измерения угла поворота по формуле:

$$\Delta\alpha = \alpha_{изм_i} - \alpha_{эт_i}$$

10.5.5 Результаты считаются положительными, если абсолютная погрешность измерения угла поворота во всех точках не превышает:

$$\Delta\alpha \leq \pm 1 \text{ градус.}$$

11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям.

В результате оценки значений характеристик, полученных в результате поверки, делается вывод о пригодности дальнейшего использования средства измерений. Критериями пригодности являются соответствие погрешности средства измерений п.10.1.8, п. 10.2.6, п.10.3.3, п.10.4.7, п.10.5.5 настоящей методики поверки и требования государственной по-

верочной схемы для средств измерения скорости воздушного потока, утверждённой Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 25.11.2019 г. № 2815.

12 Оформление результатов поверки

- 12.1 Сведения о результатах поверки установок аэродинамических АТ-60 передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в установленном порядке. Знак поверки при необходимости наносится на свидетельство о поверке (в случае его оформления) и/или на титульный лист паспорта.
- 12.2 При отрицательных результатах поверки выдаётся извещение о непригодности средства измерений в установленном порядке, с обязательным указанием причины непригодности.
- 12.3 Протокол поверки оформляется по запросу.
- 12.4 В процессе поверки пломбировка не нарушается.