

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

УТВЕРЖДАЮ

И.о. директора ФГУП «ВНИИМ
им. Д.И. Менделеева»
А.Н. Пронин
2018 г.



Государственная система обеспечения единства измерений
ИЗМЕРИТЕЛИ СКОРОСТИ ВОДНОГО ПОТОКА ИСВП-ГР-21М1

Методика поверки

МП 2550-0298-2018

Руководитель отдела
скорости и расхода воздушного
и водного потоков ФГУП
«ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

A handwritten signature in blue ink, appearing to be "K.V. Popov", is written below the text of the department head.

К.В. Попов

Санкт-Петербург
2018

Содержание

1	Операции поверки	3
2	Средства поверки	4
3	Требования безопасности и квалификация поверителей	5
4	Условия поверки и подготовка к ней	5
5	Проведение поверки	5
6	Оформление результатов поверки	10
	Приложение А. Форма протокола поверки вертушек в ПГБ	11
	Приложение Б. Расчёт коэффициентов ИФП вертушки методом наименьших квадратов	13

Настоящая методика распространяется на измерители скорости водного потока ИСВП-ГР-21М1, состоящие из гидрометрических вертушек ГР-21М1 (далее ГР-21М1) и измерителей скорости водного потока ИСО-1 (далее ИСО-1), и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок в прямолинейных градуировочных бассейнах (далее - ПГБ) и периодической поверки в установках компараторных для поверки гидрометрических вертушек (далее - УКПГВ).

Допускается:

- проведение поверки ИСВП-ГР-21М1 поэлементно;
- проведение поверки ИСВП-ГР-21М1, как с одним, так и с двумя винтами (120 мм или 70 мм);
- проведение периодической поверки в ограниченном диапазоне измерений.

Интервал между поверками - 2 года.

1 Операции поверки

1.1 При проведении поверки должны выполняться операции, приведенные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1. Внешний осмотр	5.1	+	+
2. Опробование	5.2	+	+
3. Определение относительной погрешности при преобразовании скорости водного потока в электрические сигналы в ПГБ	5.3	+	+
4. Определение относительной погрешности при преобразовании скорости водного потока в электрические сигналы в установке компараторной для поверки гидрометрических вертушек УКПГВ	5.4	+	+
5. Определение погрешностей ИСО-1:			
5.1 Определение относительной погрешности при измерении частоты электрических импульсов с гидрометрической вертушки	5.5.1	+	+
5.2 Определение относительной	5.5.2	+	+

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
погрешности при преобразовании частоты электрических импульсов в значения скорости водного потока			
6 Оформление результатов поверки	6	+	+

2 Средства поверки

2.1 При проведении поверки применяются следующие средства измерений и оборудование:

- Рабочий эталон единицы скорости водного потока в соответствии с РД 52.08.828-2015 «Ведомственная поверочная схема для средств измерений скорости водного потока в диапазоне от 0,01 до 5,00 м/с»)

- вертушка ГР-21М1 эталонная в соответствии с РД 52.08.828-2015 «Ведомственная поверочная схема для средств измерений скорости водного потока в диапазоне от 0,01 до 5,00 м/с» в составе установки компараторной для поверки гидрометрических вертушек УКПГВ:

а) с лопастным винтом диаметром 120 мм с пределами измерений скорости: нижний - 0,04 м/с; верхний – 3,0 м/с;

б) с лопастным винтом диаметром 70 мм с пределами измерения скорости: нижний - 0,10 м/с; верхний – 3,0 м/с;

в) соотношение погрешностей эталонной и рабочей вертушек должно обеспечивать запас точности 1:2

- генератор импульсов: диапазон длительности импульсов от 10^{-9} до 1 с; амплитуда импульсов от 1 до 10 В; период повторения импульсов от 10^{-4} до 20 с; погрешность на канале периода повторения импульсов $\pm 5\%$;

- термометр ртутный метеорологический: диапазон измерений от 0 до 40 °С; погрешность не более $\pm 0,5$ °С;

- психрометр аспирационный: диапазон измерений 10 – 100 %; погрешность $\pm 6\%$;

Примечание:

1. Допускается применять другие средства измерений и оборудование, обеспечивающие требуемую точность измерений и характеристики.

2. Все средства измерений, применяемые при поверке, должны иметь действующие знаки поверки и (или) свидетельства о поверке.

3 Требования безопасности и квалификация поверителей

3.1 Лица, проводящие поверку, должны быть ознакомлены с правилами (условиями) безопасной работы ИСВП-ГР-21М1 и средств поверки, приведенными в их эксплуатационной документации.

3.2 К проведению измерений при поверке и обработке результатов измерений допускаются лица, аттестованные в качестве поверителей в установленном порядке.

4 Условия поверки и подготовка к ней

4.1 При проведении операций, указанных в табл.1, должны соблюдаться следующие условия:

при поверке вертушки

- температура воды от 5 до 35 °С

при поверке ИСО-1

- температура окружающего воздуха от 10 до 35 °С;

- относительная влажность воздуха от 45 до 80 %

4.2 Перед проведением поверки ИСВП-ГР-21М1 и используемые средства поверки должны быть подготовлены к работе согласно техническому описанию и инструкции по эксплуатации на них.

5 Проведение поверки

5.1 Внешний осмотр

При проведении внешнего осмотра ИСВП-ГР-21М1 должно быть установлено отсутствие дефектов, механических повреждений и следов коррозии на деталях вертушки, которые могут повлиять на метрологические характеристики, а также отсутствие повреждений корпуса, клемм, выключателя, кнопок и надписей на ИСО-1.

5.2 Опробование

При опробовании проверяют работу вращения лопастных винтов вертушки совместно с ИСО-1. Для этого вертушку соединяют штатными сигнальными проводами с ИСО-1, нажимают кнопку «СТАРТ» на лицевой панели ИСО-1 и вращают лопастной винт (режим суммирования импульсов).

Критерием годности будут увеличивающиеся, с нарастающим итогом, показания цифрового табло ИСО-1.

5.3 Определение относительной погрешности при преобразовании скорости водного потока в электрические сигналы в ПГБ

5.3.1 Определение индивидуальной функции преобразования (ИФП) производят при следующих заданных значениях скорости перемещения тележки:

при первичной поверке

- винт 120 мм: 0,04; 0,06; 0,10; 0,20; 0,30; 0,50; 1,0; 3,0; 5,0 м/с

- винт 70 мм: 0,10; 0,20; 0,30; 0,50; 1,0; 3,0; 5,0 м/с

при периодической поверке

- винт 120 мм: 0,04; 0,06; 0,10; 0,20; 0,30; 0,50; 1,0; 3,0 м/с; верхний предел диапазона измерений скорости в ПГБ

- винт 70 мм: 0,10; 0,20; 0,30; 0,50; 1,0; 3,0 м/с; верхний предел диапазона измерений скорости в ПГБ

5.3.2 Отклонение задания скорости движения тележки должно быть не более $\pm 10\%$.

5.3.3 При переходе с одной заданной скорости движения тележки к другой должно быть выдержано время, в течение которого вода в бассейне успокаивается.

5.3.4 На каждой заданной скорости движения тележки производится измерение частоты оборотов лопастного винта вертушки n_i и действительной скорости движения тележки V_{Ti} . Результаты заносятся в протокол по форме приложения А.

5.3.5 Первичная обработка измерительной информации сводится к определению в каждом измерении средней скорости движения тележки V_T на участке L_p и средней частоты оборотов лопастных винтов вертушек n_i :

а) среднюю скорость V_T , м/с, вычисляют по формуле

$$V_T = L_p / \tau_p = (m - 1) * l / \tau_p, \quad (1)$$

где τ_p - интервал времени, в течение которого тележка проходит участок L_p , с;

m - число зарегистрированных сигналов датчика пути;

l - расстояние (шаг) между соседними сигналами датчика пути, м.

б) среднюю частоту оборотов лопастного винта вертушки n_i , об/с, вычисляют по формуле

$$n_i = (N_i - 1) / \tau_{Ni}, \quad (2)$$

где N_i - число зарегистрированных сигналов вертушки;

τ_{Ni} - интервал времени, в течение которого зарегистрировано N_i сигналов от вертушки, с.

5.3.6 ИФП определяют по результатам одного измерения в каждой точке диапазона скоростей в соответствии с 5.3.1. в виде формулы

$$V = an + b, \quad (3)$$

где V - скорость водного потока, измеренная вертушкой, м/с;

МП 2550-0298-2018

a и b - коэффициенты ИФП;

n - частота оборотов лопастного винта вертушки, об/с.

5.3.7 ИФП рассчитывается методом наименьших квадратов по методике, приведенной в приложении Б. Допускается кусочно-линейная аппроксимация.

5.3.8 Относительную погрешность вертушки δ_{vi} , %, в заданной точке диапазона измерений скорости определяют по формуле

$$\delta_{vi} = 100(V_i - V_{Ti})/V_{Ti}, \quad (4)$$

где V_i – скорость потока по ИФП вертушки, м/с;

V_{Ti} - скорость тележки, м/с;

i - номер заданной точки скорости движения тележки в диапазоне измерения.

5.3.9 ИСВП-ГР-21М1 считают прошедшим поверку по данному пункту, если δ_{vi} по всему скоростному диапазону удовлетворяют условию

$$|\delta_{vi}| \leq \delta_{vi\text{дон}}, \quad (5)$$

где $\delta_{vi\text{дон}}$ - пределы допускаемой относительной погрешности, %.

Значение $\delta_{vi\text{дон}}$ определяют по следующим формулам:

- для лопастного винта диаметром 70 мм

$$\delta_{vi\text{дон}} = [0,015 + 0,004(5/V - 1)] * 100\% \quad (6)$$

- для лопастного винта диаметром 120мм

$$\delta_{vi\text{дон}} = [0,015 + 0,002(5/V - 1)] * 100\% \quad (7)$$

где V - значение скорости водного потока, м/с

5.4 Определение относительной погрешности при преобразовании скорости водного потока в электрические сигналы в установке компараторной для поверки гидрометрических вертушек УКПГВ.

5.4.1 Поверка ИСВП-ГР-21М1 в УКПГВ осуществляется методом сличения показаний эталонной и рабочей (поверяемой) вертушек одного типа в соответствии с Р 52.08.702-2009 «Вертушки гидрометрические речные. Методика поверки в установке компараторной для поверки гидрометрических вертушек», согласованными ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева».

5.5 Определение погрешностей ИСО-1

5.5.1 Определение относительной погрешности при измерении частоты электрических импульсов с гидрометрической вертушки

5.5.1.1 Измерения проводят согласно таблице 3

Таблица 3

Номер измерений	1	2	3
Действительная частота, Гц	0,05	20	50
Время измерений, с	до остановки счета	до остановки счета	до остановки счета
Тип сигнала	Прямоугольный положительный		

Параметры генератора	Скважность сигнала, %	20	20	30
	или коэффициент заполнения, %	80	80	70
	Амплитуда, В	5	5	5

5.5.1.2 Для каждого номера измерений (1,2,3) необходимо выполнить следующие операции:

- осуществить подключение по схеме (рис. 1);
- настроить генератор по номеру измерений и временно отключить его выход;
- включить ИСО-1 (если был выключен);
- запустить измерение со стороны ИСО-1;
- включить выход генератора;
- с приходом первого сигнала ИСО-1 должен начать счет времени, числа сигналов, частоты сигналов;
- далее необходимо дождаться автоматического завершения измерений.

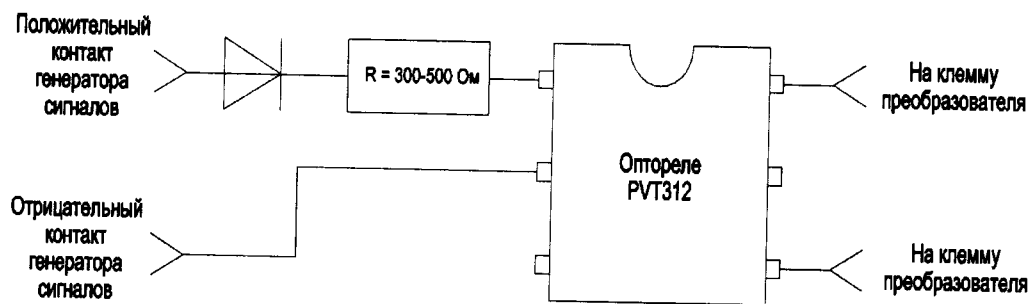


Рис. 1 Схема подключения генератора к преобразователю ИСО-1

5.5.1.3 По завершении измерений занести в протокол значения частоты оборотов в секунду $f_{исо}$ с индикаторов ИСО-1.

5.5.1.4 Определить относительную погрешность по формуле:

$$\delta_f = \pm \left[100 * \left(\frac{f_{исо} - f_{действ}}{f_{действ}} \right) \right] \quad (8)$$

где $f_{действ}$ – действительное значение частоты;

$f_{исо}$ – частота, измеренная ИСО-1.

5.5.1.5 ИСВП-ГР-21М1 считается прошедшим поверку по данному пункту, если выполняется во всем диапазоне измерений частоты условие:

$$\delta_f \leq \delta_{f доп} \quad (9)$$

где δ_f - погрешность при измерении частоты ИСО-1;

$\delta_{f\text{дон}}$ - предел допускаемой относительной погрешности при измерении частоты сигнала на выходе вертушки, об/с

$$\delta_{f\text{дон}} = \pm \left[0.4 + 0.01 \left(\frac{f_b}{f} - 1 \right) \right], \% \quad (10)$$

где f_b – верхняя частота диапазона измерения: для входа «1:1», равная 50 Гц.

f – измеряемая частота сигнала на выходе вертушки, Гц.

5.5.2 Определение относительной погрешности преобразования частоты электрических импульсов в значения скорости водного потока.

5.5.2.1 Проверка вычисления скорости водного потока по ИФП вертушки проводится для контрольных точек частот 0,05; 0,2; 2; 25.

5.5.2.2 Включить прибор, для чего нажать кнопку «ВКЛ», при этом, должен загореться зеленым цветом светодиод «ПИТ».

5.5.2.3 Ввести коэффициенты ИФП вертушки в микроконтроллер прибора ИСО – 1 в соответствии с руководством по эксплуатации МЕКР 402.141.001 РЭ.

5.5.2.4 Нажать кнопку «ТАБ», расположенную около батарейного отсека, при этом:

- на верхнем индикаторе прибора отобразится первое значение контрольной точки частоты по 5.5.2.1;

- на нижнем индикаторе прибора отобразится значение скорости $V_{исо}$

5.5.2.5 Определить погрешность, %, по формуле

$$\delta_m = \left(\frac{V_{исо} - V}{V} \right) \times 100 \% \quad (11)$$

где V – скорость, рассчитанная по коэффициентам ИФП вертушки

5.5.2.6 Повторить 5.5.2.4 для остальных контрольных точек по 5.5.2.1

5.5.2.7 ИСВП-ГР-21М1 считается прошедшим поверку по данному пункту, если погрешности δ_m , определяемые в п. 5.6.2.5, не превышают пределов, приведенных в описании типа

$$\delta_{m\text{дон}} = \pm \left[0,05 + 0,01 \left(\frac{5}{V} - 1 \right) \right], \% \quad (12)$$

6. Оформление результатов поверки

6.1 Результаты поверки оформляют протоколом по форме согласно приложению А.

6.2 Положительные результаты поверки оформляют выдачей свидетельства о поверке в соответствии с Приказом Минпромторга России от 02.07.2015 №1815

МП 2550-0298-2018

6.3 При отрицательных результатах поверки выдается извещение о непригодности, оформленное в соответствии с Приказом Минпромторга России от 02.07.2015 №1815

6.4 Свидетельство о поверке или извещение о непригодности оформляются на измеритель скорости водного потока ИСВП-ГР-21М1.

Знак поверки наносится на свидетельство о поверке и на бумажную пломбу ИСО-1 (рис. 2).

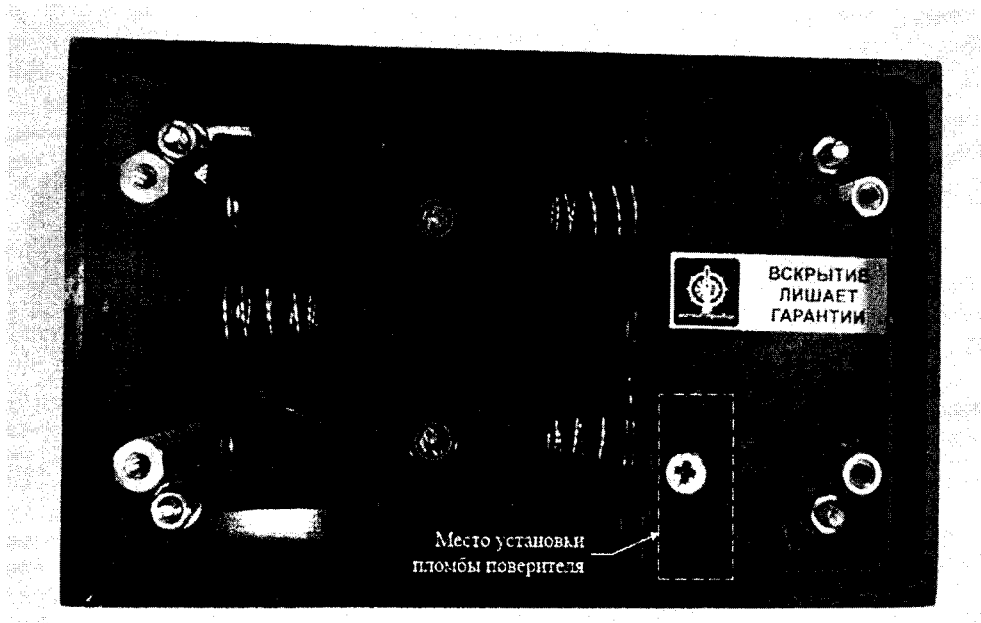


Рис. 2 Место нанесения знака поверки

**Приложение А
(рекомендуемое)
Форма протокола поверки**

Регистрационный номер аттестата аккредитации организации, проводившей поверку

ПРОТОКОЛ № _____

Дата поверки _____ 20 ____ г.

Наименование СИ _____

Зав. номер _____ принадлежит _____

Условия поверки:

- температура окружающего воздуха, °С _____

- относительная влажность, % _____

- температура воды, °С _____

Документ, на основании которого выполнена поверка _____

Средства поверки: _____

Внешний осмотр _____ годен/негоден

Причины: _____

Опробование _____ годен/негоден

Причины: _____

Результаты измерений

Гидрометрическая вертушка

Таблица 1

Номер наблюдения i	Скорость движения тележки V_T , м/с	Частота оборотов лопастного винта вертушки, об/с	Скорость потока, измеренная вертушкой V_i , м/с	Относительная погрешность при преобразовании скорости водного потока в электрические сигналы $\delta_v, \%$	Пределы допускаемой относительной погрешности при преобразовании скорости водного потока в электрические сигналы $\delta_{водн}, \%$
1					
2					

Индивидуальная функция преобразования:

Измеритель скорости водного потока ИСО-1

Определение относительной погрешности при измерении частоты электрических импульсов с гидрометрической вертушки

Таблица 2

Номер измерения	Параметры генератора				Параметры ИСО-1		
	Время, с	Скважность %	Амплитуда, В	Частота сигнала генератора $f_{ген}$, Гц	Частота по ИСО-1, $f_{исо}$, Гц	Относительная погрешность при измерении частоты электрических импульсов, δ_f , %	Пределы допускаемой относительной погрешности при измерении частоты электрических импульсов, $\delta_{доп}$, %
1							
2							
3							

Определение относительной погрешности при преобразовании частоты электрических импульсов в значения скорости водного потока

Таблица 3

Номер измерения	Контрольные точки частот	Скорость потока по ИФП, м/с	Скорость потока по ИСО-1, м/с	Относительная погрешность при преобразовании частоты электрических импульсов в значения скорости водного потока δ_m , %	Пределы допускаемой относительной погрешности при преобразовании частоты электрических импульсов в значения скорости водного потока $\delta_{доп}$, %
1					
2					
3					
4					

Заключение:

Поверитель _____
подпись

_____ фамилия, инициалы

Приложение Б

(обязательное)

Расчет коэффициентов ИФП вертушки методом наименьших квадратов

Результатом наблюдений при определении ИФП вертушки является совокупность значений (V_{Ti}, n_i) , приведенная в протоколе (приложение В). ИФП вертушки имеет вид

$$V = an + b \quad (1)$$

При использовании метода наименьших квадратов требование наилучшего согласования прямой и экспериментальных точек сводится к тому, чтобы сумма квадратов отклонений экспериментальных точек от сглаженной прямой была минимальной:

$$\sum_{i=1}^N [V_{Ti} - f * n_i]^2 = \min \quad (2)$$

Коэффициент a определяется по формуле

$$a = (M_{vn} - V^* n^*) / (D_n - n^{*2}), \quad (3)$$

где M_{vn} - центр распределения:

$$M_{vn} = \sum_{i=1}^N [V_{Ti} * n_i] / N, \quad (4)$$

V^* - среднее арифметическое значение скорости тележки V_{Ti} , м/с, (i изменяется от 1 до N):

$$V^* = \sum_{i=1}^N V_{Ti} / N; \quad (5)$$

n^* - среднее арифметическое значение числа оборотов лопастного винта вертушки n_i , об/с (i изменяется от 1 до N):

$$n^* = \sum_{i=1}^N n_i / N; \quad (6)$$

D_n - дисперсия:

$$D_n = \sum_{i=1}^N n_i^2 / N, \quad (7)$$

где N - число заданных скоростных точек в диапазоне измерения скорости.

Коэффициент b определяют по формуле

$$b = V^* - an^* \quad (8)$$