

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ГЦИ СИ
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»



И.М. Ханов

12 декабря 2011 г.

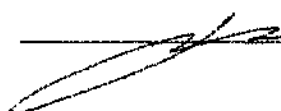
Измеритель скорости потока

ИСП-1М

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

ГМП 17.0000.01-2011

Руководитель НИИ ГЦИ СИ
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

 М.Б. Гуткин

Санкт-Петербург
2011

Настоящая методика распространяется на измерители скорости потока ИСП-1М (далее ИСП-1М) и входящие в его комплект преобразователи скорости вертушки ПСВ-1 (далее ПСВ-1), выпускаемые по ТУ 4312-001-02572345-2011, и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

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 погрешности в диапазоне измерений ИСП-1М:			
3.1 В прямолинейном градуировочном бассейне	5.3	+	+
3.2 В лотке, воспроизводящем скорость водного потока	5.4	+	+
4. Определение погрешности преобразователя сигналов вертушки ПСВ-1	6.0	+	+
5. Оформление результатов поверки	5.5	+	+

2. Средства поверки

2.1. При проведении поверки применяются нижеследующие средства измерений и оборудование:

бассейн градуировочный прямолинейный (далее ПГБ):

нижний предел диапазона измерений - 0,03 м/с;

верхний предел диапазона измерений - 5,0 м/с;

погрешность при измерении скорости $\pm 0,5 \%$;

вертушка ИСП-1М эталонная в составе лотка, воспроизводящего скорость водного потока (далее лоток), с нижним пределом воспроизведения скорости 0,03 м/с и верхним пределом воспроизведения скорости 5,0 м/с:

с лопастным винтом диаметром 120 мм с пределами:

нижний - 0,03 м/с;

верхний - 5,0 м/с;

с лопастным винтом диаметром 70 мм с пределами:

нижний - 0,06 м/с;

верхний – 5,00 м/с;

пределы допускаемой относительной погрешности, %, $\delta_r = 0,5\delta_v$, где δ_v - пределы допускаемой относительной погрешности вертушки ИСП-1М;

генератор импульсов Г-5-60, ТУ 3.269.080: диапазон длительности импульсов от 10^{-9} до 1с, амплитуда импульсов от 1 до 10В, период повторения импульсов от 10^{-4} до 10 с, погрешность установки периода повторения импульсов $\pm 5\%$;

частотомер электронно-счетный ЧЗ-57 ЕЯ2.721.043, диапазон измерений от 0,1 до 100 Гц, погрешность измерений частоты $\pm 0,5\%$;

термометр ртутный метеорологический ТМ-14, диапазон измерений (0-40) °С, погрешность $\pm 0,5$ °С;

психрометр аспирационный М-34, ТУ 25-08-809-70, диапазон измерений (10-100) %, погрешность $\pm 2\%$;

секундомер С-1-2а, цена деления 0,2 с;

вольтметр универсальный цифровой В7-22А ТУ 2.710.005, диапазон измерений постоянного напряжения (0,2-1000) В, кл 0,025/0,005;

источник питания Б5-48, диапазоны напряжения 0-50В.

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 поверительные клейма и (или) свидетельства о поверке.

3. Требования безопасности и квалификации поверителей

3.1 Лица, проводящие поверку, должны быть ознакомлены с правилами (условиями) безопасной работы ИСП-1М и средств поверки, приведенными в их эксплуатационной документации.

При поверке необходимо соблюдать требования:

- ГОСТ 12.3.019-80;
- ГОСТ 12.3.006-75;
- "Правила ТБ при эксплуатации электроустановок потребителей";
- Требования безопасности соответствующего раздела руководства по эксплуатации на поверочное оборудование.

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:

температура окружающего воздуха, °С (25±10);

относительная влажность воздуха, % от 45 до 80;

температура воды, °С (15±5);

качество воды в ПГБ и лотке должно соответствовать ГОСТ Р 51232-98;

напряжение питания постоянного тока ПСВ-1-(2,4-3,5)В.

4.2 Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

4.2.1 ИСП-1М и ПСВ-1 и используемые средства измерений 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 ИСП-1М и ПСВ-1 должно быть установлено отсутствие дефектов, механических повреждений и следов коррозии на деталях вертушки, которые могут повлиять на метрологические характеристики.

5.2 Опробование

При опробовании проверяют работу датчиков скорости вращения лопастных винтов вертушек совместно с ПСВ-1. Для этого вертушки соединяют штатными сигнальными проводами с ПСВ-1, нажимают кнопку ПУСК на лицевой панели ПСВ-1 и вращают лопастной винт.

Критерием годности будут показания цифрового табло ПСВ-1, соответствующие числу оборотов винта с нарастающим итогом.

5.3 Определение индивидуальной функции преобразования вертушки в ПГБ.

5.3.1 Определение индивидуальной функции преобразования (ИФП) производят при следующих заданных значениях скорости перемещения тележки: 0,03; 0,06; 0,10; 0,20; 0,30; 0,50; 1,0; 2,0; 5,0 м/с.

5.3.2 Допускаемые отклонения задания скорости движения тележки должны быть не более $\pm 10\%$ (кроме крайних точек диапазона).

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

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 таблицу по форме приложения А. Результаты вычислений округляют следующим образом:

- до четырех значащих цифр, если первая значащая цифра меньше 5;
- до трех - если первая значащая цифра равна или больше 5.

5.3.5 Регистрация и обработка результатов измерений производится с помощью автоматизированной системы, входящей в состав ПГБ. 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;

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_i , %, в заданной точке диапазона измерения скорости определяют по формуле:

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

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 измерений.

5.3.9 Вертушку считают прошедшей с положительным результатом, если δ_i по всему скоростному диапазону удовлетворяют условию:

$$\delta_i \leq \delta_g, \quad (5)$$

где δ_g - пределы допускаемой относительной погрешности, %.

Значение δ_g определяют по следующим формулам:

- для лопастного винта диаметром 70 мм

$$\delta_g = 100[0,015 + 0,002(5/V - 1)], \quad (6)$$

- для лопастного винта диаметром 120 мм

$$\delta_g = 100[0,015 + 0,001(5/V - 1)] \quad (7)$$

где V - скорость водного потока, м/с.

5.4 Определение индивидуальной функции преобразования вертушек в лотке.

5.4.1 Поверка вертушек в лотках осуществляется методом сличения показаний вертушки эталонной в составе лотка и рабочей (поверяемой) вертушек одного типа и заключается в определении ИФП рабочей вертушки на заданных значениях скорости, указанных в 5.3.1, за исключением точки 5,0 м/с.

5.4.2 Поверка ведется непрерывно без остановки двигателя винтомоторной группы. При переходе на новую скорость выдерживается время, необходимое для стабилизации потока, согласно руководству эксплуатации лотка.

5.4.3 Продолжительность измерений на каждой скоростной точке устанавливается согласно таблице 2.

Таблица 2.

Скорость водного потока, м/с	0,03-0,08	0,10-0,20	0,30-0,50	1,0-1,50	2,0-5,0
Продолжительность измерений, не менее, с	200	100	50	40	20

5.4.4 Определение ИФП поверяемой вертушки производится в два этапа:

1 этап - поверяемая вертушка устанавливается по правому борту лотка, если смотреть по направлению движения воды в трубопроводе, эталонная вертушка в том же лотке - по левому борту;

2 этап - поверяемая вертушка устанавливается по левому борту лотка, эталонная - по правому борту.

5.4.5 После стабилизации потока с помощью автоматизированной системы регистрации и обработки измерительной информации, а если ее нет, то с помощью частотомеров, измеряются частоты вращения лопастных винтов эталонной и поверяемой вертушек. По ИФП эталонной вертушки, указанной в свидетельстве о поверки, вычисляется скорость водного потока.

5.4.6 Вертушки меняются местами и повторяются измерения и вычисления по 5.4.5. Результаты измерений и вычислений записываются в протокол по форме приложения В.

5.4.7 За действительное значение скорости потока принимается среднее арифметическое из скоростей, измеренных эталонной вертушкой в положении «справа» и «слева»:

$$V_g = (V_{g1} + V_{g2})/2, \quad (8)$$

где: V_g - действительное значение скорости водного потока, м/с;

V_{g1}, V_{g2} - значения скорости потока по эталонной вертушке в положении «справа» и «слева» в лотке, м/с.

5.4.8 За измеренное значение скорости принимается среднее арифметическое из скоростей, измеренных поверяемой вертушкой в положении «справа» и «слева» в лотке:

$$V_{п} = (V_{п1} + V_{п2})/2, \quad (9)$$

где: $V_{п}$ - измеренное значение скорости водного потока, м/с;

$V_{п1}, V_{п2}$ - скорости потока, измеренные в положении «справа» и «слева» в лотке.

5.4.9 ИФП поверяемой вертушки определяют так же, как это указано в 5.3.6; 5.3.7.

5.4.10 Относительную погрешность вертушки $\delta_i, \%$, в заданной точке диапазона измерений определяют по формуле:

$$\delta_i = 100 * (V_i - V_{эi}) / V_{эi}, \quad (10)$$

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

$V_{эi}$ - скорость потока по ИФП эталонной вертушки, м/с,

i - номер заданной точки скорости по 5.3.1.

5.4.11 Вертушку считают прошедшей поверку с положительным результатом, если δ_i по всему скоростному диапазону удовлетворяют условию:

$$\delta_i \leq \delta_{глі},$$

где: $\delta_{глі}$ - пределы допускаемой относительной погрешности, %, определяемые в лотке по формуле:

$$\delta_{глі} = \pm (\delta_g^2 i + \delta_g^2 эi)^{1/2}, \quad (11)$$

где: δg - пределы допускаемой относительной погрешности, %, определяемые по формулам (6) и (7);

$\delta g_{\text{э}}$ – предел допускаемой относительной погрешности эталонной вертушки.

5.5 Оформление результатов поверки

5.5.1 Результаты поверки оформляют в виде протокола согласно приложению В.

К протоколу прилагают результаты измерений, оформленные согласно приложению А.

5.5.2 При выполнении условий 7.4.9; 5.4.11 на вертушку выдается свидетельство о поверке сроком на 2 года (Приложение Г).

5.5.3 При отрицательных результатах поверки выдается извещение о непригодности (приложение Д).

6. Определение погрешности преобразователя сигналов вертушки ПСВ-1

6.1 Проверку ПСВ-1 в режиме счета выходных сигналов гидрометрических вертушек (пп.1.3.1, 1.3.3) проводить по схеме, представленной на рис.1 с помощью генератора импульсов Г5-60 и частотомера ЧЗ-57.

6.1.2 Установить переключатели генератора в следующие положения:

- переключатель РЕЖИМ РАБОТЫ – «1»;
- переключатель полярности и вида основных импульсов – «П»;
- переключатель выбора запуска – разовый механический запуск.

6.1.3 Установить следующие параметры основных импульсов генератора:

- длительность – 0,5 мс;
- период следования – 1 с;
- амплитуда – 9,0 В.

6.1.4 Установить переключатели частотомера в режим счета импульсов.

6.1.5 Установить кнопкой ВЫБОР ПСВ-1 курсор в положение «1:1». Установить кнопкой ИНДИКАЦИЯ курсор в положение «об.»

6.1.6 Нажать последовательно: кнопку СТАРТ ПСВ-1, кнопку механического запуска генератора, кнопку ПУСК частотомера.

6.1.7 Нажать несколько раз кнопку механического запуска генератора и проконтролировать показания цифрового индикатора ПСВ-1 и частотомера.

6.1.8 Перевести переключатель выбора запуска генератора в положение внутреннего запуска и, последовательно уменьшая период следования импульсов генератора, контролировать последовательную работу всех разрядов цифрового индикатора ПСВ-1.

6.1.9 Доведя количество сигналов на цифровом индикаторе ПСВ-1 до (9800 ± 100) , перевести переключатель выбора запуска генератора в положение разового механического запуска, нажать на кнопку СТОП ПСВ-1, нажать кнопку механического запуска и проконтролировать показания цифрового табло ПСВ-1 и частотомера.

6.1.10 Изделие считается выдержавшим испытание, если при контроле показания цифрового табло ПСВ-1 и частотомера по п.3.6.8 совпадают, а по п.3.6.10 отличаются в 20 раз (± 1 ед. млад. разряда).

6.2 Проверку ПСВ-1 в режиме измерения частоты оборотов лопастного винта проводить по схеме, представленной на рис.2 с помощью секундомера в двух точках у нижней и верхней границ диапазона измерений.

6.2.1 Кнопкой ВЫБОР ПСВ-1 установить положение курсора на «1:1», кнопкой ИНДИКАЦИЯ установить курсор в положение «об».

Одновременно с запуском секундомера имитировать приход стартового импульса с вертушки кратковременным нажатием на кнопку К (см. рис.2) и далее кратковременными нажатиями на кнопку К имитировать приход 9 импульсов с вертушки.

Нажать на кнопку СТОП ПСВ-1.

Через время $T_{u1} = (100 \pm 0,3)$ с по секундомеру кратковременно нажать на кнопку К, имитируя завершение измерений с одновременным приходом десятого импульса с вертушки.

Кнопкой ИНДИКАЦИЯ ПСВ-1 перевести курсор в положение «об/с» и записать результат измерения n_1 (об/с).

Вычислить относительную погрешность ПСВ-1 у нижней границы диапазона измерений:

$$\delta_{n1} = \left| (n_1 - n_1^*) / n_1^* \right| * 100\%, \text{ где} \\ n_1^* = 10 / T_{u1}$$

6.2.2 Кнопкой ВЫБОР ПСВ-1 установить положение курсора на «1:20», нажать на кнопку СТАРТ.

Кнопкой ИНДИКАЦИЯ ПСВ-1 установить курсор в положение «об».

Кнопкой К (см. рис.2) имитировать приход 980 оборотов вертушки кратковременными нажатиями на кнопку.

Нажать на кнопку СТОП ПСВ-1.

Через $T_{u2} = (100 \pm 0,3)$ с по секундомеру кратковременно нажать на кнопку К (см. рис.2).

Записать результат измерения n_2 (об/с) с ПСВ-1 и вычислить относительную погрешность ПСВ-1, у верхней границы диапазона измерений:

$$\delta_{n2} = \left| (n_2 - n_2^*) / n_2^* \right| * 100\%, \text{ где} \\ n_2^* = 1000 / T_{u2}$$

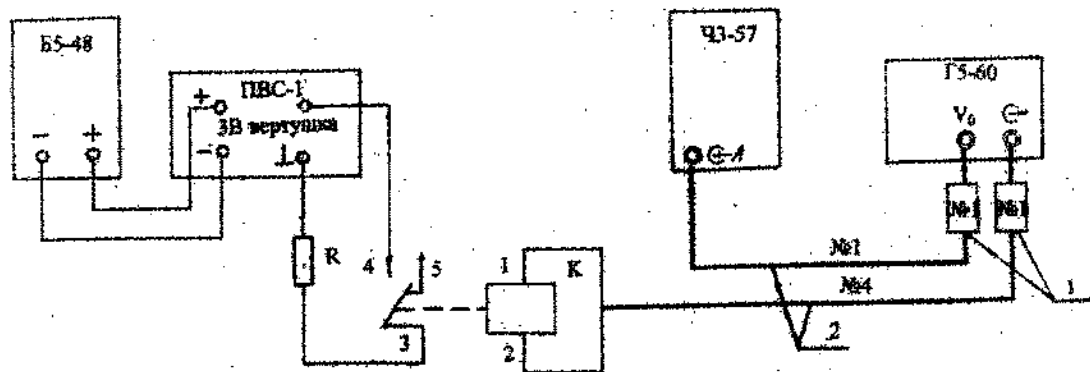
6.2.3 Изделие считается выдержавшим испытание, если δ_{n1} и $\delta_{n2} \leq \delta_n$, а δ_n удовлетворяет условию:

$$\delta_n = \pm [0,004 + 0,0003 (50/n - 1)] \times 100,$$

где: δ_n - пределы допускаемой относительной погрешности измерения ПСВ-1 частоты вращения лопастного винта вертушек, %;

n - измеряемая частота оборотов лопастного винта вертушек, об/с.

Схема поверки ПСВ-1



- 1 - нагрузка № 1 из комплекта генератора Г5-60;
- 2 - кабели ВЧ №1 и № 4 из комплекта генератора Г5-60;
- К - реле РЭС-55А;
- R - резистор МЛТ-0,125 -68 $\pm 5\%$ ОЖО.467.180ТУ

Рис.1

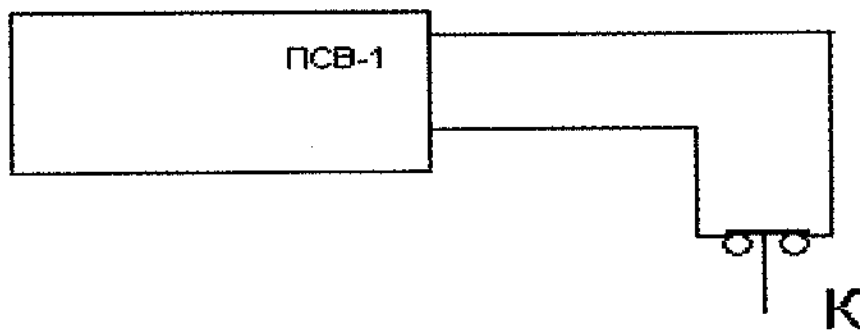


Рис.2

Приложение А
(рекомендуемое)
Форма таблицы оформления результатов измерений

Вертушка типа №.....

Номер наблю- дения i	Скорость движения тележки $V_{тн}$, м/с	Частота вращения лопастного винта вертушки, об/с	Скорость потока, измеренная вертушкой V_i , м/с	Относительная погрешность вертушки δi , %	Пределы допускаемой относительной погрешности вертушки δ_d , %
1					
2					
3					

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 Д). 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 минимальна:

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

Коэффициент a определяется по формуле

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

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):

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

Dn - дисперсия

$$Dn = \sum_{i=1}^N n_i^2 / N; \quad (6)$$

N - число заданных скоростных точек в диапазоне измерения скорости.

Коэффициент b определяют по формуле

$$b=V^*-an^*$$

(8)

**Приложение В
(обязательное)
Форма протокола поверки вертушек в ПГБ**

ПРОТОКОЛ № _____

от _____ 20 ____ г.

проведения поверки вертушки
в прямолинейном градуировочном бассейне

1 Поверяемые средства измерений _____
(наименование, тип, заводской номер)

2 Где проведена поверка _____
(наименование ПГБ)

3 Эталонные средства измерений, используемые при поверке

(наименование,

тип,

номер свидетельства о поверке

или аттестации)

4 Результаты измерений _____

5 ИФП
в диапазоне _____ м/с _____
_____ м/с _____

6 Относительная
погрешность, %, не более _____

Поверитель _____
подпись _____ фамилия, инициалы

**Приложение Г
(обязательное)**

Форма свидетельства о поверке вертушки в ПГБ.

(наименование органа Государственной метрологической службы,
юридического лица)

СВИДЕТЕЛЬСТВО О ПОВЕРКЕ

№ _____

Действительно до
_____ г.

Средство измерения _____
(наименование, тип)

заводской номер _____

принадлежащее _____
(наименование юридического (физического) лица)

поверено и на основании результатов первичной (периодической) поверки признано
пригодным к применению.

Оттиск
поверительного клейма
или печати (штампа)

(должность руководителя
подразделения)

(подпись)

(фамилия, инициалы)

Поверитель _____
(подпись)

(фамилия, инициалы)

_____ 20 _____ г.

Примечание. Обратную сторону свидетельства о поверке заполняют в соответствии с нормативными документами по поверке средств измерений.

**Приложение Д
(обязательное)**

Форма извещения о непригодности к применению

_____ (наименование органа Государственной метрологической службы, юридического лица)

**ИЗВЕЩЕНИЕ
о непригодности к применению
№ _____**

Средство измерения _____

(наименование, тип)

заводской номер _____

принадлежащее _____

(наименование юридического (физического) лица)

поверено и на основании результатов поверки признано непригодным к применению в сферах распространения Государственного метрологического надзора.

Причина непригодности _____

(должность руководителя
подразделения)

(подпись)

(фамилия, инициалы)

Поверитель _____

(подпись)

(фамилия, инициалы)

_____ 20 _____ г.