

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

« 03 » марта 2023 г.

доверенность № 54/2021
от 24.12.2021

Государственная система обеспечения единства измерений.

Измерители скорости потока ИСП-1М.

Методика поверки

МП 2550-0404-2023

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

К.В. Попов

Санкт-Петербург
2023

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на измерители скорости потока ИСП-1М (далее – ИСП-1М), состоящие из первичного преобразователя - гидрометрической вертушки (далее вертушки) и преобразователя сигналов вертушки ПСВ-1 (далее ПСВ-1), изготовленные ФГУП «Гидрометприбор», номер в Госреестре 32804-06, применяется для их первичной и периодической поверки.

1.2 Настоящая Методика поверки обеспечивает прослеживаемость измерителей скорости потока ИСП-1М к Государственному первичному эталону единицы длины ГЭТ 2-2021 и к Государственному первичному эталону единиц времени, частоты и национальной шкалы времени ГЭТ1-2022 в соответствии с Локальной поверочной схемой Росгидромета для средств измерений средней скорости водного потока в диапазоне от 0,01 до 5,00 м/с, утвержденной приказом Росгидромета от 12.05.2021 № 130 (Приложение Г).

1.3 В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведенные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование характеристики	Значение	
Вертушка		
Винт	120 мм	70 мм
Диапазон измерений скорости водного потока, м/с	от 0,03 до 5,0 ¹⁾	от 0,06 до 5,0 ¹⁾
Пределы допускаемой относительной погрешности измерения скорости водного потока, %	$\pm [0,015 + 0,001 \cdot (5/V^{2} - 1)] \cdot 100$	$\pm [0,015 + 0,002 \cdot (5/V^{2} - 1)] \cdot 100$
ПСВ-1		
Пределы допускаемой относительной погрешности измерения частоты следования прямоугольных импульсов, %	$\delta_{f\partial on} = \pm \left[0,004 + 0,0001 \left(\frac{50}{n} - 1 \right) \right] \cdot 100^{3)}$	
¹⁾ Значение нижней и верхней границы рабочего диапазона измеряемой скорости водного потока, указанное в паспорте гидрометрической вертушки		
²⁾ V – скорость водного потока, м/с		
³⁾ n – измеренная частота вращения лопастного винта, об/с		

1.4 При определении метрологических характеристик вертушки допускается применение:

- метода непосредственного сличения (для эталонов, в состав которых входит прямолинейный бассейн);

- метода сличения с помощью компаратора (для эталонов, в состав которых входит установка компараторная для поверки гидрометрических вертушек УКПГВ или лоток градуировочный ГР-19, ГР-19М).

МП

Допускается поверка отдельных измерительных блоков (вертушка или ПСВ-1) из состава ИСП-1М, поверка вертушки с одним измерительным винтом 120 мм или 70 мм, поверка ПСВ-1 проводится в режиме 1:1.

1.5 Допускается проведение периодической поверки в рабочем диапазоне значений скорости водного потока, указанном в паспорте ИСП-1М.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 При поверке ИСП-1М должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2

Таблица 2

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	Первичной поверке	Периодической поверке	
Внешний осмотр	Да	Да	7
Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Да	Да	3.1
Опробование (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Да	Да	8
Проверка версии программного обеспечения ИСП-1М ³⁾	Да	Да	9
Определение метрологических характеристик вертушки, входящей в состав ИСП-1М	Да	Да	10.1
Определение метрологических характеристик преобразователя ПСВ-1 входящего в состав ИСП-1М	Да	Да	10.2
Подтверждение соответствия метрологическим требованиям	Да	Да	11
³⁾ Проверка версии программного обеспечения проводится при наличии в составе ИСП-1М преобразователя сигналов ПСВ-1			

2.2 Результаты выполнения операций поверки заносят в протокол, рекомендуемая форма которого приведена в приложении А и приложении Б, в зависимости от применяемого эталона.

2.3 При отрицательных результатах хотя бы одной из операций дальнейшая поверка вертушки прекращается.

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 При подготовке к поверке, опробовании и проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

–температура окружающей среды, °С	от 5 до 30;
–атмосферное давление, кПа	от 84 до 106,7;
–относительная влажность воздуха, %	от 30 до 90;
–температура воды, °С	от 5 до 30.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 Поверка гидрометрических вертушек в прямолинейных бассейнах проводится бригадой, в состав которой входит не менее 2 сотрудников (один из которых поверитель), прошедшие инструктаж по безопасному выполнению работ.

4.2 При выполнении поверки работы могут выполняться только специалистами, изучившими оборудование.

4.3 К эксплуатации электроустановок с целью выполнения своих должностных обязанностей, не связанных с их обслуживанием и ремонтом, допускаются лица с присвоенной II группой по электробезопасности до 1000 В.

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки применяют нижеперечисленные средства поверки и вспомогательное оборудование, указанное в таблице 3.

Таблица 3

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 3.1 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от +5 до +30 °С, с абсолютной погрешностью не более 2 °С; Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 30 до 80 %, с относительной погрешностью не более 6 % Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 84 до 106 кПа, с абсолютной погрешностью не более 2 кПа.	Термогигрометр ИВА-6Н-Д рег. № 46434-11
п.3.1 Контроль условий	Средства измерений	Термометр

поверки, температура воды в эталоне (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	температуры воды в диапазоне измерений от 5 до 30 °С, с абсолютной погрешностью не более 2 °С;	электроконтактный ТКП-100/M1 рег. № 68475-17
п.8 Опробование	Средства измерений амплитудных и временных параметров электрических сигналов, исследования формы сигнала с аналоговой полосой пропускания более 200 кГц и амплитудой сигналов до 5 В, с относительной погрешностью 5 %.	Осциллограф цифровой DSOX 1204A рег. № в ФИФ 75320-19
п.10.1 Определение метрологических характеристик	Эталоны единицы средней скорости водного потока, соответствующие требованиям к эталонам не ниже рабочих эталонов по локальной поверочной схеме Росгидромета для средств измерений средней скорости водного потока в диапазоне от 0,01 до 5,00 м/с утвержденной приказом руководителя Росгидромета от 12.05.2021 № 130, в диапазоне значений от 0,01 до 5,00 м/с.	Эталоны средней скорости водного потока в составе которых: - прямолинейные бассейны длиной до 60 м включительно, при воспроизведении скорости водного потока до 3,5 м/с. - прямолинейные бассейны длиной более 100 м, при воспроизведении скорости водного потока до 5 м/с - установки компараторные для поверки гидрометрических вертушек УКПГВ, при воспроизведении скорости водного потока до 2,5 м/с или лотки градуировочные ГР-19, ГР-19М, при воспроизведении скорости водного потока до 3 м/с.
п.10.2 Определение метрологических характеристик	Эталон единицы частоты 4-го разряда в диапазоне измерений от 1 мкГц до 200 кГц.	Генератор сигналов произвольной формы 33509В рег. № в ФИФ 72915-18
Примечание – допускается применение средств поверки с метрологическими и техническими характеристиками, обеспечивающими требуемую точность передачи единиц величин поверяемому средству измерений.		

5.2 Эталон должен быть аттестован и иметь действующее свидетельство об аттестации (свидетельство о поверке), средства измерений должны иметь действующие свидетельства о поверке.

5.3 При опробовании ИСП-1М, в составе которого отсутствует ПСВ-1, собирается схема в соответствии с рисунком 1.

6. ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При поверке необходимо соблюдать требования:

- правил пожарной безопасности;
- правил технической эксплуатации электроустановок потребителей;
- межотраслевых правил по охране труда (правилами безопасности) при эксплуатации электроустановок;
- правил устройства электроустановок потребителей;
- правил безопасности при эксплуатации средств поверки, приведенных в эксплуатационной документации;
- правил по охране труда при эксплуатации коммунального водопроводно-канализационного хозяйства.

6.2 Все работы в прямолинейных бассейнах выполняет бригада, в состав которой входит не менее 2 сотрудников (один из которых поверитель), прошедшие инструктаж по безопасному выполнению работ.

6.3 В прямолинейных бассейнах на месте производства работ должны находиться средства спасения для оказания помощи на воде.

6.4 Должны соблюдаться требования безопасности, указанные в эксплуатационной документации на эталоны и средства измерений.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 При внешнем осмотре проверяют:

- наличие маркировки, номеров на лопастных винтах.
- отсутствие механических повреждений, коррозии, нарушения покрытий, надписей и других дефектов, препятствующих функционированию в соответствии с ЭД;
- соответствие эксплуатационной документации;
- отсутствие вмешательства в конструкцию.

7.2 По результатам внешнего осмотра принимают решение о проведении дальнейшей поверки или ее прекращении до устранения выявленных недостатков.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Перед опробованием и поверкой выдержать поверяемую вертушку не менее двух часов при температуре воздуха от 5 °С до 30 °С. Контролируют условия поверки, которые должны соответствовать требованиям, приведенным в п. 3.1.

8.2 При опробовании проверяют наличие сигнала, поступающего от вертушки на ПСВ-1. Для этого вертушку соединяют штатными сигнальными проводами с ПСВ-1, нажимают кнопку «СТАРТ» на лицевой панели ПСВ-1 и вращают лопастной винт (режим суммирования импульсов).

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

При отсутствии в составе ИСП-1М преобразователя сигналов ПСВ-1 опробование вертушки проводят в соответствии с п. 8.3, при применении градуировочных лотков и установок компараторных в соответствии с п. 8.4.

8.3 При опробовании подключают к вертушке цифровой осциллограф с аналоговой полосой пропускания более 200 кГц в соответствии с рисунком 1, вращают лопастью винта вертушки рукой, по возможности равномерно (либо путем буксировки в воде), при этом необходимо наблюдать на экране осциллографа не менее пятнадцати прямоугольных импульсов, отображаемых без пропусков и искажений.

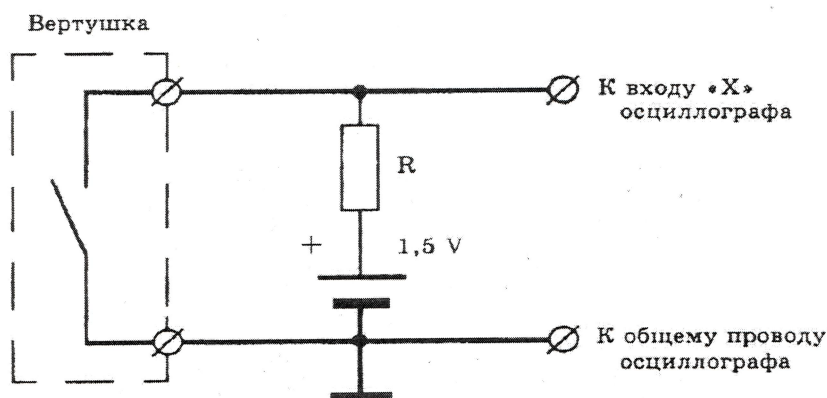


Рисунок 1 Схема подключения вертушки к осциллографу при опробовании.

8.3.1 Вертушка считается прошедшей опробование при отсутствии на осциллограмме ложных сигналов или пропусков импульсов, поступающих от датчика вращения лопастного винта.

8.4 Перед проверкой вертушек в градуировочных лотках и установках компараторных для проверки гидрометрических вертушек проводят обкатку вертушек, в соответствии с руководством по эксплуатации применяемых эталонов.

8.4.1 Вертушки крепят на штативе установки в соответствии с п. 9.1.1.1 и 9.1.1.2 в зависимости от применяемых эталонов и погружают в воду при нулевой скорости водного потока.

8.4.2 Вертушки подсоединяют к блоку сопряжения и управления. При подключении вертушек необходимо соблюдать полярность земляного и сигнального провода.

8.4.3 Операция обкатки начинается с момента включения электродвигателя и плавного изменения частоты вращения приводного вала привода до значения, соответствующего заданной скорости водного потока.

8.4.4 В процессе обкатки проводят визуальный анализ качества вращения лопастного винта и контактного датчика вертушки по наблюдениям за равномерностью свечения светодиода на блоке сопряжения (управления).

8.5 Вертушка считается прошедшей опробование, если выполняются требования п. 8.2, п. 8.3 или п. 8.4 в зависимости от выбранного метода опробования.

9 ПРОВЕРКА ВЕРСИИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИСП-1М

9.1 Идентификация версии встроенного ПО ИСП-1М выполняется при наличии ПСВ-1 в составе ИСП-1М. Для проверки номера версии ПО необходимо подключить ПСВ-1 к персональному компьютеру с помощью преобразователя интерфейсов USB/RS-232. На рисунке 2 представлен вариант подключения преобразователя интерфейсов USB/RS-232 модели КИ113. Запустить на персональном компьютере программу «VelTest1». Отображаемый в программе номер версии программного обеспечения ПСВ-1 должен быть не ниже V1.0.

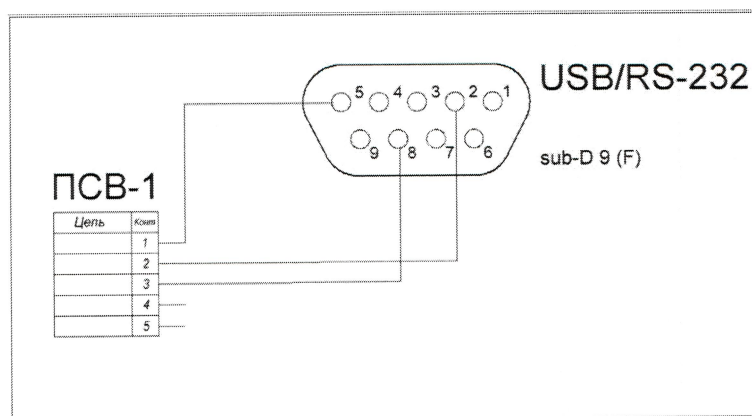


Рисунок 2 Схема подключения преобразователя интерфейсов USB/RS-232 модели КИ113 к ПСВ-1

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

10.1 Определение метрологических характеристик вертушки из состава ИСП-1М.

10.1.1 Подготовить эталон к проведению поверки и подключить к нему поверяемую вертушку с лопастным винтом 120 мм, затем повторить все операции для лопастного винта 70 мм.

10.1.1.1 Для эталона средней скорости водного потока, в состав которого входит прямолинейный бассейн, необходимо погрузить поверяемую вертушку на глубину более 0,2 м, запрещается устанавливать на штангу более одной вертушки.

10.1.1.2 Для установок компараторных для поверки гидрометрических вертушек УКПГВ установить вертушки, обеспечивая правильное их размещение на штативе по высоте и параллельности осей вертушек относительно боковых стенок лотка, рисунок 3 (установка вертушек в лотках градуировочных типов ГР-19 и ГР-19М осуществляется в соответствии с руководством по эксплуатации).

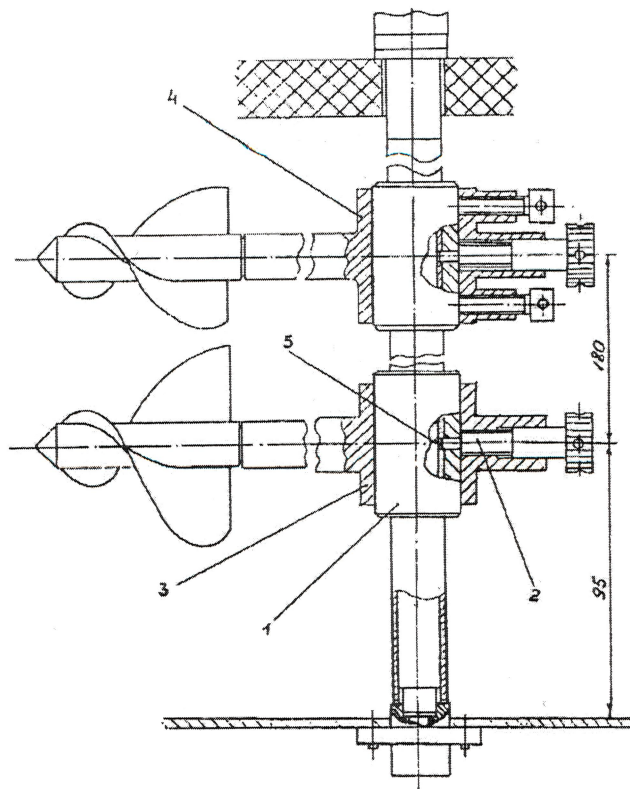


Рисунок 3

- 1 штатив;
 2 винт установочный;
 3, 4 вертушка гидрометрическая

10.1.2 Определение относительной погрешности вертушки при измерении заданной скорости водного потока.

10.1.2.1 Определение индивидуальной функции преобразования (ИФП) производят в соответствии с Приложением В

- для прямолинейных бассейнов длиной более 100 м при следующих значениях скорости перемещения буксировочной машины 0,03 м/с (только для винта 120 мм); 0,06 м/с; 0,10 м/с; 0,20 м/с; 0,30 м/с; 0,50 м/с; 1,00 м/с; 3,00 м/с; 5,00 м/с;

- для прямолинейных бассейнов длиной от 60 до 100 м включительно не менее 9 точек из ряда следующих значений скорости перемещения буксировочной машины 0,03 м/с (только для винта 120 мм); 0,06 м/с; 0,07 м/с; 0,08 м/с; 0,10 м/с; 0,15 м/с; 0,20 м/с; 0,3 м/с; 0,50 м/с; 1,00 м/с; 1,50 м/с; 2,00 м/с; 2,50 м/с; 3,00 м/с; 3,50 м/с;

- для компараторных установок при следующих устанавливаемых значениях скорости водного потока 0,06 м/с; 0,07 м/с; 0,08 м/с; 0,10 м/с; 0,15 м/с; 0,20 м/с; 0,50 м/с; 1,00 м/с; 1,50 м/с; 2,00 м/с; 2,50 м/с; (3,00 м/с для ГР-19, ГР-19М).

10.1.2.2 Отклонение скорости водного потока, воспроизводимой эталоном, не должно превышать $\pm 10\%$ от заданного значения.

10.1.2.3 При переходе от одной заданной скорости движения буксировочной машины, входящей в состав эталона средней скорости, к другой должно быть выдержано время, в течение которого вода в бассейне успокаивается.

10.1.2.4 На каждой заданной скорости движения буксировочной машины производится измерение частоты оборотов лопастного винта вертушки n_i и действительной скорости движения буксировочной машины $V_{ти}$. Результаты заносятся в протокол по форме приложения А.

10.1.3 Определение относительной погрешности измерения скорости водного потока с применением эталона, в состав которого входит установка компараторная для поверки гидрометрических вертушек УКПГВ, проводят в рабочем диапазоне скоростей от 0,06 до 2,5 м/с, для эталона, в состав которых входит лоток градуировочный ГР-19, ГР-19М, в диапазоне значений скорости водного потока от 0,06 до 3,00 м.

10.1.3.1 Поверка осуществляется методом сличения показаний вертушки, входящей в состав установки компараторной для поверки гидрометрических вертушек УКПГВ или лотков градуировочных ГР-19, ГР-19М, с однотипной поверяемой гидрометрической вертушкой, при этом винты вертушек должны быть одного диаметра.

10.1.3.2 Определение ИФП вертушки выполняется методом, реализуемым за два цикла измерений:

- в первом цикле эталонная вертушка соответствующего типа устанавливается в нижней части штатива установки, поверяемая вертушка устанавливается в верхней части;
- во втором цикле вертушки меняют местами, не отключая их от БСУ, переворачивают штангу с вертушками, снятую со штатива установки;

10.1.3.3 ИФП определяется для каждого лопастного винта методом сличения показаний вертушки, входящей в состав эталона, с показаниями поверяемой и выражается в виде зависимости:

$$V_{\partial i} = f(n_{cpi}), \quad (1)$$

где $V_{\partial i}$ измеренное эталонной вертушкой действительное среднее значение скорости водного потока за время измерения в заданной точке i , м/с;

n_{cpi} - среднее значение частоты вращения лопастного винта поверяемой вертушки в точке i , об/с.

10.1.3.4 ИФП определяется при значениях скорости водного потока в соответствии с п.10.1.2.1 в зависимости от поверяемой вертушки и применяемого эталона.

Первое (минимальное) задаваемое значение скорости водного потока должно соответствовать нижней границе диапазона скоростей водного потока для конкретного типа вертушек.

10.1.3.5 Выход на рабочий режим и поддержание заданной скорости водного потока номинальных значений согласно 10.1.3.7, обеспечиваются в установке автоматически.

10.1.3.6 Процесс выполнения измерений производится от начальной скорости поверяемой вертушки до скорости, соответствующей верхнему значению для применяемого эталона.

10.1.3.7 Для компараторных установок время измерения скорости водного потока в каждой точке установлено в соответствии с таблицей 3.

Таблица 3

Скорость, м/с	0,06	0,07	0,08	0,10	0,15	0,20	0,30	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00
Время выдержки измерений t_i , с, не менее	240	240	240	120	120	120	120	60	30	30	30	20	20
Время стабилизации скорости потока t_{icT} , с, не менее	80	80	80	50	50	50	50	30	30	30	30	30	30

10.1.3.8 Среднее значение скорости потока для $V_{\partial i}$ в точке i принимается как среднее арифметическое из двух скоростей, измеренных вертушкой входящей в состав эталона в положении «внизу» и «вверху» по формуле:

$$V_{\partial i} = (V_{\partial 1i} + V_{\partial 2i})/2, \quad (2)$$

где $V_{\partial 1i}$ и $V_{\partial 2i}$ - значения скорости потока, измеренные эталонной вертушкой в положении «внизу» и «вверху» соответственно, м/с.

10.1.3.9 Среднее значение частоты вращения лопастного винта поверяемой вертушки в УКПГВ $n_{\text{ср}i}$, об/с, в точке i принимается как среднее арифметическое значение из частот вращения лопастного винта поверяемой вертушки в положении «вверху» и «внизу» по формуле:

$$n_{\text{ср}i} = (n_{1i} + n_{2i})/2, \quad (3)$$

где n_{1i} и n_{2i} - измеренное значение частоты вращения лопастного винта поверяемой вертушки в положении «вверху» и «внизу» соответственно, об/с.

10.1.3.10 Результаты измерений заносят в протокол в соответствии с приложением Б.

10.1.3.11 Определение ИФП производится в соответствии с приложением В.

10.2 Определение метрологических характеристик преобразователя сигналов вертушки ПСВ-1 из состава ИСП-1М.

10.2.1 Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 4

10.2.1.1 Установить на генераторе сигналов частоту 0,05 Гц, скважность импульсов и амплитуду в соответствии с таблицей 4

Таблица 4

Характеристика сигнала	Значение		
Частота следования прямоугольных импульсов положительной полярности	0,05	20	50
Скважность импульсов	20	20	30
Амплитуда импульса, В	5		

10.2.1.2 Включить ПСВ-1 в режиме измерения частоты сигнала 1:1.

10.2.1.3 Выдать заданный на генераторе сигнал на ПСВ-1, при этом ПСВ-1 переходит в режим измерений.

10.2.1.4 Дождаться автоматической остановки измерений ПСВ-1 (для частоты 0,05 Гц время измерений составляет 400 с, для частоты 20 и 50 Гц время измерений составляет 60 секунд).

10.2.1.5 Результаты измерений записать в протокол измерений (Приложение А или Б в зависимости от применяемого эталона).

10.2.1.6 Повторить измерения по п.10.2.1.1-10.2.1.5 последовательно для частоты 20 Гц и 50 Гц.

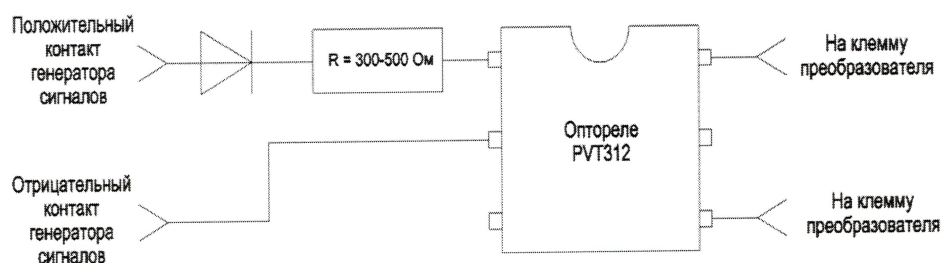


Рис. 4 Схема подключения генератора к преобразователю ПСВ-1

11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

11.1 Для вертушки из состава ИСП-1М.

11.1.1 Определение средней скорости движения буксировочной машины, соответствующей средней скорости водного потока V_T на участке L_p производится по формуле 4, расчет средней частоты оборотов лопастных винтов вертушек n_i при прохождении участка L_p определяется по формуле:

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

$$V_T = \frac{L_p}{\tau_p} = (m - 1) \cdot \frac{1}{\tau_p}, \quad (4)$$

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

m - число зарегистрированных сигналов датчика пути;

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

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

$$n_i = \frac{N_i - 1}{\tau_{Ni}}, \quad (5)$$

где N_i - число зарегистрированных сигналов вертушки;

τ_{Ni} - интервал времени регистрации сигналов с вертушки, с.

11.1.2 ИФП определяют по результатам одного измерения в каждой точке диапазона скоростей водного потока в соответствии с Приложением В по формуле:

$$V = a \cdot n + b, \quad (6)$$

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

a и b - коэффициенты ИФП;

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

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

11.1.4 Относительную погрешность вертушки δ_i , %, в заданной точке диапазона измерений скорости определяют по формуле:

$$\delta_i = 100 \cdot (V_i - V_{Ti}) / V_{Ti}, \quad (7)$$

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

V_{Ti} - воспроизводимая скорость водного потока, м/с;

i - номер заданной точки скорости водного потока в диапазоне измерения.

11.1.5 Вертушку считают прошедшей поверку по данному пункту, если δ_i по если для каждого винта по всему скоростному диапазону полученные результаты удовлетворяют условию:

$$|\delta_i| \leq \delta_d, \quad (8)$$

где δ_d - пределы допускаемой относительной погрешности измерений скорости водного потока, %.

Значение δ_d определяют по формуле:

- для лопастного винта диаметром 70 мм формула 9:

$$\delta_d = \left[0,015 + 0,002 \cdot \left(\frac{5}{V} - 1 \right) \right] \cdot 100, \quad (9)$$

- для лопастного винта диаметром 120 мм формула 10:

$$\delta_d = \left[0,015 + 0,001 \cdot \left(\frac{5}{V} - 1 \right) \right] \cdot 100, \quad (10)$$

где V - значение скорости водного потока, м/с

11.1.6 Вертушка соответствует метрологическим требованиям, если полученные значения погрешности измерения скорости водного потока не превышают допускаемую погрешность п.11.1.5 и диапазон измерений скорости водного потока, в котором допускается применение вертушки, соответствует диапазону, в котором была определена ИФП.

11.2 Для ПСВ-1 из состава ИСП-1М.

11.2.1 Определить относительную погрешность измерения частоты ПСВ-1 по формуле:

$$\delta_f = \pm \left[100 * \left(\frac{f_{нсв} - f_{действ}}{f_{действ}} \right) \right], \% \quad (11)$$

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

$f_{нсв}$ – частота, измеренная ПСВ-1, Гц.

11.2.2 ПСВ-1 считается прошедшим поверку по данному пункту, если выполняется во всем диапазоне измерений частоты условие:

$$\delta_f \leq \delta_{f\partial on} \quad (12)$$

где δ_f – погрешность при измерении частоты ПСВ-1;

$\delta_{f\partial on}$ – предел допускаемой относительной погрешности преобразования частоты электрических импульсов в значение скорости водного потока преобразователем определяется по формуле:

$$\delta_{f\partial on} = \pm \left[0,004 + 0,0001 \left(\frac{f_b}{f} - 1 \right) \right] * 100 \%, \quad (13)$$

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

f – измеряемая частота сигнала ПСВ-1, Гц.

11.2.3 ПСВ-1 соответствует метрологическим требованиям, если полученные значения погрешности измерения частоты импульсов не превышают допускаемую погрешность п.11.2.2.

11.3 ИСП-1М соответствует метрологическим требованиям если допускаемая погрешность измерения скорости водного потока не превышает п.11.1.5 и погрешность измерения частоты следования импульсов не превышает п.11.2.2

12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

12.1. Результаты поверки оформляются протоколом (рекомендуемая форма приведена в Приложении А и Приложении Б в зависимости от применяемого эталона).

12.2. Информация о положительных и отрицательных результатах поверки измерителя скорости потока ИСП-1М передается в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в установленном порядке, с указанием объема проведенной поверки в части диапазона измерений скорости водного потока и индивидуальная функция преобразования $V = a \cdot n + b$ с указанием диапазона значений скорости водного потока в зависимости от применяемого эталона для каждого лопастного винта.

12.3 По требованию заказчика выдается свидетельство о поверке измерителя скорости потока ИСП-1М или извещение о непригодности установленного образца.

12.4 Знак поверки наносится на свидетельство о поверке (в случае его оформления).

Приложение А
(рекомендуемое)

Форма протокола поверки с применением прямолинейных бассейнов

Организация – _____

Уникальный номер записи об аккредитации в реестре аккредитованных лиц RA.RU _____

ПРОТОКОЛ № _____

Дата поверки _____ 20 ____ г.

Наименование СИ

Состав СИ

Зав. номер _____ принадлежит _____

Регистрационный номер в ФИФ _____

Условия поверки:

- температура окружающего воздуха, °C _____

- относительная влажность, % _____

- температура воды, °C _____

- атмосферное давление, кПа _____

Документ, на основании которого выполнена поверка МП 2550-0404-2023

Средства поверки: _____

Внешний осмотр _____ соответствует/не соответствует

Причины: _____

Опробование _____ соответствует/не соответствует

Причины: _____

А1. Результаты измерений скорости водного потока вертушкой

Таблица А1 Результаты измерений для лопастного винта 120 мм

Скорость движения буксировочной машины V_{Ti} , м/с	Частота оборотов лопастного винта вертушки n_i , об/с	Скорость потока, измеренная вертушкой V_i , м/с	Относительная погрешность измерения скорости водного потока δ_i , %	Пределы допускаемой относительной погрешности измерения скорости водного потока δ_d , %

Индивидуальная функция преобразования: $V = a \cdot n + b$ определена в диапазоне значений скорости водного потока от (минимальная скорость измеряемая вертушкой) до (максимальная скорость воспроизводимая эталоном) м/с для лопастного винта 120 мм

Таблица А2 Результаты измерений для лопастного винта 70 мм

Скорость движения буксировочной машины VTi, м/с	Частота оборотов лопастного винта вертушки ni, об/с	Скорость потока, измеренная вертушкой Vi, м/с	Относительная погрешность измерения скорости водного потока δi , %	Пределы допускаемой относительной погрешности измерения скорости водного потока δd , %

Индивидуальная функция преобразования: $V = a \cdot n + b$ определена в диапазоне значений скорости водного потока от (минимальная скорость измеряемая вертушкой) до (максимальная скорость воспроизводимая эталоном) м/с для лопастного винта 70 мм.

А.2 Результаты измерений частоты импульсов ПСВ-1

Таблица А3 Результаты измерений частоты импульсов ПСВ-1

Заданное значение частоты прямоугольных импульсов, воспроизводимых генератором $f_{ген}$, Гц	Результаты измерений ПСВ-1		
	Измеренное значение частоты, $f_{исо}$, Гц	Относительная погрешность измерения частоты, δf , %	Пределы допускаемой относительной погрешности измерения частоты, $\delta_{доп}$, %
0,05			
20			
50			

Заключение:

Поверитель _____
подпись

фамилия, инициалы

Приложение Б
(рекомендуемое)

Форма протокола поверки с применением компараторных установок

Организация – _____

Уникальный номер записи об аккредитации в реестре аккредитованных лиц RA.RU _____

ПРОТОКОЛ № _____

Дата поверки _____ 20 ____ г.

Наименование СИ

Состав СИ

Зав. номер _____ принадлежит _____

Регистрационный номер в ФИФ _____

Условия поверки:

- температура окружающего воздуха, °C _____

- относительная влажность, % _____

- температура воды, °C _____

- атмосферное давление, кПа _____

Документ, на основании которого выполнена поверка МП 2550-0404-2023

Средства поверки: _____

Внешний осмотр _____ соответствует/не соответствует

Причины: _____

Опробование _____ соответствует/не соответствует

Причины: _____

Б 1. Результаты измерений скорости водного потока вертушкой

Таблица Б1 Результаты измерений для лопастного винта 120 мм

Номер измерения	Номер скоростной точки	Задаваемая скорость водного потока в лотке, м/с	Цикл измерений № 1		Цикл измерений № 2		Среднее из измерений № 1 и № 2			Относительная погрешность вертушки, %	Пределы допускаемой относительной погрешности, %
			Частота вращения поверяемой вертушки, об/с	Скорость по ИФП эталонной вертушки, м/с	Частота вращения поверяемой вертушки, об/с	Скорость по ИФП эталонной вертушки, м/с	Частота вращения поверяемой вертушки, об/с	Скорость по ИФП эталонной вертушки, м/с	Скорость по ИФП поверяемой вертушки, м/с		

ИФП поверяемой вертушки $V = a \cdot n + b$
для лопастного винта 120 мм

ИФП вертушки входящей в состав эталона
 $V = a \cdot n + b$ для лопастного винта 120 мм

Индивидуальная функция преобразования:
 $V = an + b$ определена в диапазоне значений скорости водного потока от (минимальная скорость, измеряемая вертушкой) до (максимальная скорость воспроизводимая эталоном) м/с для лопастного винта 120 мм.

Таблица Б2 Результаты измерений для лопастного винта 70 мм

Номер измерения	Номер скоростной точки	Задаваемая скорость водного потока в лотке, м/с	Цикл измерений № 1		Цикл измерений № 2		Среднее из измерений № 1 и № 2			Относительная погрешность вертушки, %	Пределы допускаемой относительной погрешности, %
			Частота вращения поверяемой вертушки, об/с	Скорость по ИФП эталонной вертушки, м/с	Частота вращения поверяемой вертушки, об/с	Скорость по ИФП эталонной вертушки, м/с	Частота вращения поверяемой вертушки, об/с	Скорость по ИФП эталонной вертушки, м/с	Скорость по ИФП поверяемой вертушки, м/с		

ИФП поверяемой вертушки $V = a \cdot n + b$
для лопастного винта 70 мм

ИФП вертушки входящей в состав эталона
 $V = a \cdot n + b$ для лопастного винта 70 мм

Индивидуальная функция преобразования:
 $V = an + b$ определена в диапазоне значений скорости водного потока от (минимальная скорость, измеряемая вертушкой) до (максимальная скорость воспроизводимая эталоном) м/с для лопастного винта 70 мм.

Б2. Результаты измерений частоты импульсов ПСВ-1

Таблица Б3 Результаты измерений частоты импульсов ПСВ-1

Заданное значение частоты прямоугольных импульсов, воспроизводимых генератором $f_{ген}$, Гц	Результаты измерений ПСВ-1		
	Измеренное значение частоты, $f_{исо}$, Гц	Относительная погрешность измерения частоты, δf , %	Пределы допускаемой относительной погрешности измерения частоты, $\delta_{fдоп}$, %
0,05			
20			
50			

Заключение:

Поверитель _____
подпись

фамилия, инициалы

Приложение В (обязательное)

Расчет коэффициентов ИФП вертушки методом наименьших квадратов

Опишем, зависимость скорости водного потока в точках равномерно распределенных по диапазону измерений, измеренной вертушкой V в зависимости от частоты вращения лопастного винта n_i линейным уравнением:

$$V = a * n + b$$

Сумма квадратов отклонений имеет вид

$$S(a, b) = \sum_{i=1}^n (V_i - a * n_i - b)^2$$

Запишем условия минимума, частные производные равны нулю

$$\frac{\partial S}{\partial a} = -2 \sum_{i=1}^n (V_i - a * n_i - b) * n_i = 0$$

$$\frac{\partial S}{\partial b} = -2 \sum_{i=1}^n (V_i - a * n_i - b) = 0$$

Получаем систему двух линейных алгебраических уравнений с двумя неизвестными.

$$\begin{cases} a * \sum_{i=1}^n n_i^2 + b * \sum_{i=1}^n n_i = \sum_{i=1}^n n_i * V_i \\ a * \sum_{i=1}^n n_i + b * n = \sum_{i=1}^n V_i \end{cases}$$

Решаем систему уравнений и находим значение коэффициентов a и b .

Приложение Г (обязательное)

Локальная поверочная схема Росгидромета для средств измерений средней скорости водного потока в диапазоне значений от 0,01 до 5,00 м/с

Локальная поверочная схема Росгидромета для средств измерений средней скорости водного потока в диапазоне значений от 0,01 до 5,00 м/с

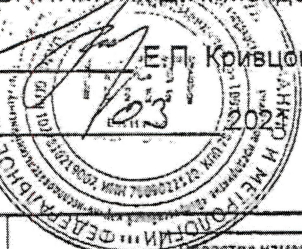
СОГЛАСОВАНО
Зам. Генерального директора
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

Е.П. Кривцов

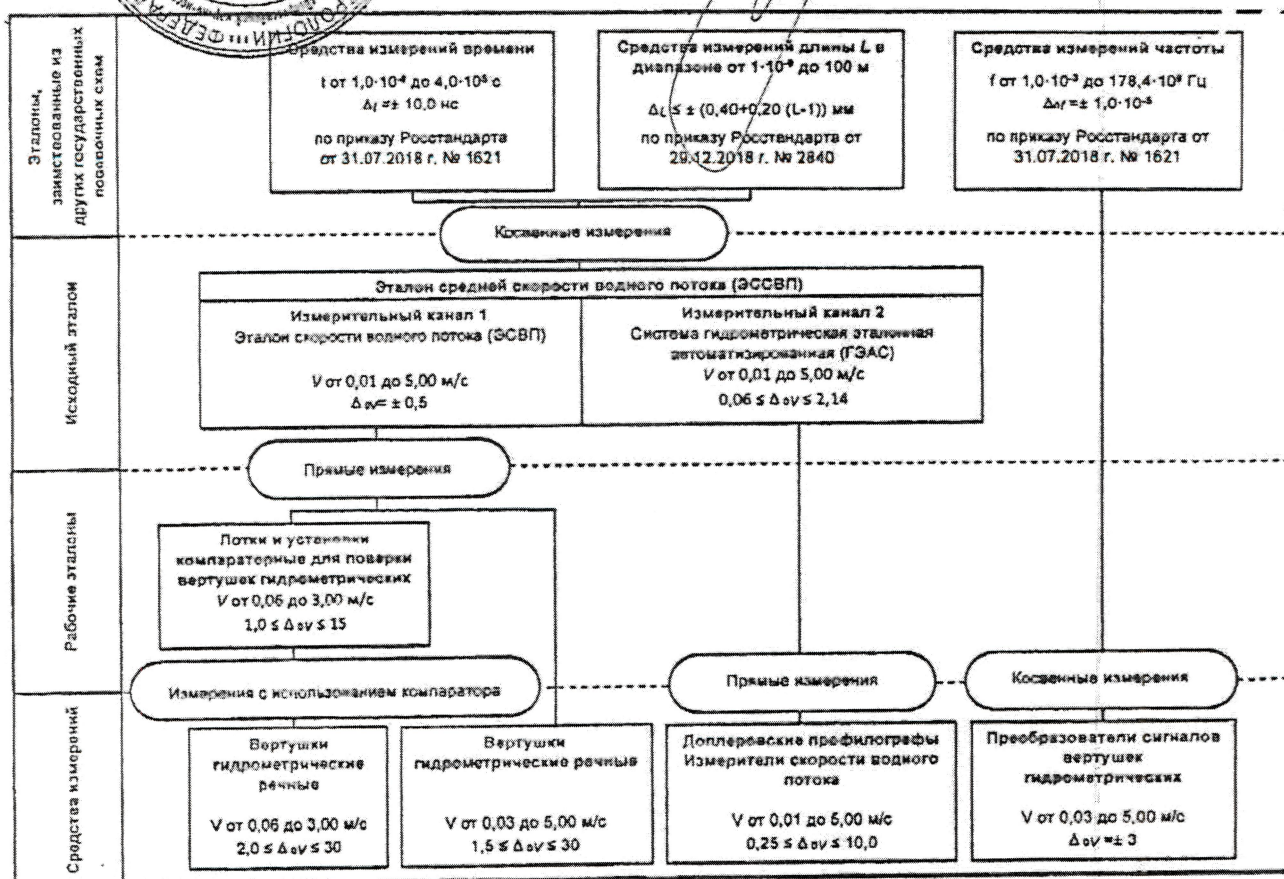
УТВЕРЖДАЮ
Руководитель Росгидромета

И.А. Шумаков

« 19 »



« 19 » 2021



V - средняя скорость водного потока, м/с; t - единица времени, с; L - длина измеряемого участка, м; F - задаваемая частота сигнала, Гц;

Δf - пределы допускаемой относительной погрешности по частоте, %;

Δt - пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения интервалов времени, с;

ΔL - пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений длины, м;

Δw - пределы допускаемой относительной погрешности по скорости, %.

Рисунок Г1