

УТВЕРЖДЕНЫ
приказом Федерального агентства
по техническому регулированию
и метрологии
от «08» декабря 2022 г. № 3084

Государственная система обеспечения единства измерений.
Вертушки гидрометрические ГР-21М.
Методика поверки.
МП 2550-0391-2022

Рекомендации.
Вертушки гидрометрические речные.
Методика поверки в установке компараторной
для поверки гидрометрических вертушек.
Р 52.08.702-2009

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

2022 г.

Государственная система обеспечения единства измерений.

Вертушки гидрометрические ГР-21М.

Методика поверки

МП 2550-0391-2022

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

К.В. Попов

Санкт-Петербург
2022

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на Вертушки гидрометрические ГР-21М (далее – вертушки), изготовленные заводом "Гидрометприбор", Грузинская ССР, г. Тбилиси, (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений 3493-73), и применяется для их периодической поверки.

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

Таблица 1

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений скорости водного потока, м/с	от 0,06 до 5,0 ¹⁾
Пределы допускаемой относительной погрешности, %	$\pm [0,015 + 0,002 \cdot (5/V^2 - 1)] 100$
¹⁾ Значение верхней границы рабочего диапазона измеряемой скорости водного потока, указанное в паспорте гидрометрической вертушки	
²⁾ V – скорость водного потока, м/с	

1.3 При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивается передача единицы скорости водного потока 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 руководителя Росгидромета от 12.05.2021 № 130, подтверждающая прослеживаемость к государственному первичному эталону единицы длины ГЭТ2-2021 и к государственному первичному эталону единиц времени, частоты и национальной шкалы времени ГЭТ1-2022.

1.4 При определении метрологических характеристик вертушек используется:

- метод непосредственного сличения (при применении прямолинейных бассейнов);
- метод сличения с помощью компаратора (при применении установок компараторных для поверки гидрометрических вертушек УКПГВ и лотков градуировочных ГР-19 и ГР-19М).

1.5 Допускается проведение периодической поверки в рабочем диапазоне значений скорости водного потока, указанном в паспорте гидрометрической вертушки.

1.6 Прослеживаемость при поверке вертушек гидрометрических обеспечивается 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 руководителя Росгидромета от 12.05.2021 № 130 (Приложение Г), к государственному первичному эталону единицы длины ГЭТ2-2021 и к государственному первичному эталону единиц времени, частоты и национальной шкалы времени ГЭТ1-2022.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 Для поверки вертушек гидрометрических типа ГР-21М 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
Определение метрологических характеристик	Да	Да	9
Подтверждение соответствия метрологическим требованиям	Да	Да	10

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 20 ± 10 ;
- атмосферное давление, кПа от 84 до 106;
- относительная влажность воздуха, % от 30 до 80;
- температура воды в эталоне, °С 20 ± 10 .

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 Поверка гидрологических вертушек в прямолинейных бассейнах проводится бригадой, состоящей из поверителя и страхующего, наблюдающего за безопасным выполнением работ и изучившего применение средств спасения в случае падения в воду.

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 10 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 поверки, температура воды в эталоне (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Средства измерений температуры воды в диапазоне измерений от 10 до 30 °С, с абсолютной погрешностью не более 2 °С;	Термометр электроконтактный ТКП-100/М1 рег. № 68475-17
п.8 Опробование	Средства измерений амплитудных и временных параметров электрических сигналов, исследования формы сигнала с аналоговой полосой пропускания более 1 мГц и амплитудой сигналов до 10 В, с относительной погрешностью 5 %.	Осциллограф цифровой DSOX 1204A рег. № в ФИФ 75320-19
п.9 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 более 60 м. Установки компараторные для поверки гидрометрических вертушек УКПГВ и лотки градуировочные типов ГР-19 и ГР-19М.

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 применяется резистор МЛТ-0,25 сопротивлением от 100 Ом до 1 кОм, соединенный последовательно с элементом электропитания напряжением постоянного тока 1,5 В 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, поверитель и страхующий, 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

- наличие маркировки типа средства измерений, года выпуска, заводского номера на корпусе гидрометрической вертушки и номеров на лопастных винтах.
- отсутствие механических повреждений, коррозии, нарушения покрытий, надписей и других дефектов, препятствующих его функционированию в соответствии с ЭД;
- соответствие вертушек эксплуатационной документации на них;
- отсутствие вмешательства в конструкцию вертушки.

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 20 ± 10 °С. Контролируют условия поверки, которые должны соответствовать требованиям приведенным в п. 3.1.

8.2 При опробовании вертушки устанавливают их работоспособность 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 1 МГц 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.

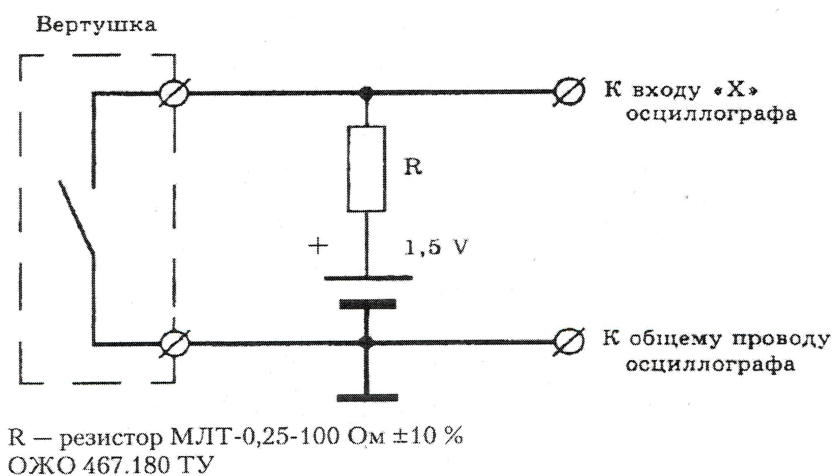
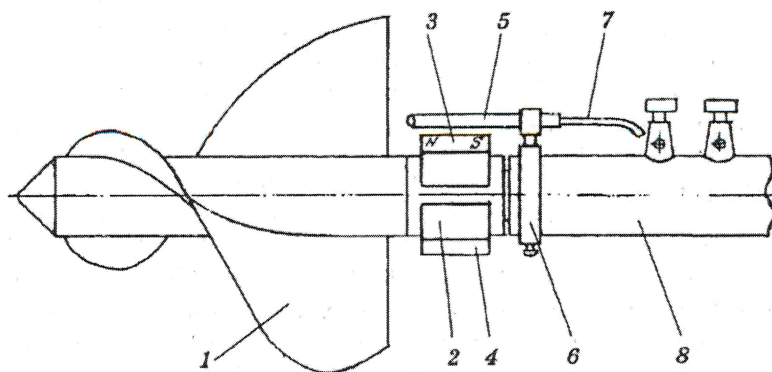


Рисунок 1 Схема подключения вертушки к осциллографу при опробовании.

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

8.3.2 После проведения опробования для вертушек гидрометрических ГР-21М с механическим контактом через 20 оборотов (1:20) для получения сигнала передаточного отношения 1:1 при поверке допускается установка датчика оборотов (рисунок 2), входящего в состав эталона.



- 1 — лопастной винт гидрометрической вертушки;
- 2 — кольцо бронзовое разрезное подпружиненное для установки на винте магнита 3 и груза балансира 4;
- 3 — постоянный магнит, воздействующий на контакты геркона 5;
- 4 — груз балансира, уравнивающий магнит 3;
- 5 — геркон в герметичном латунном корпусе;
- 6 — кольцо для крепления корпуса геркона 5;
- 7 — провод гибкий (МГШВ — 0,5 мм²) для соединения одного из контактов геркона с сигнальным входом БСУ;
- 8 — корпус вертушки.

Рисунок 2

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

8.4.1 Вертушки погружают в воду при нулевой скорости потока и крепят на штативе установки в соответствии с п. 9.1.1 и 9.1.2 в зависимости от применяемых эталонов.

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 гидрометрическая ГР-21М считается прошедшей опробование, если выполняются требования п. 8.3 или п. 8.4.

9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

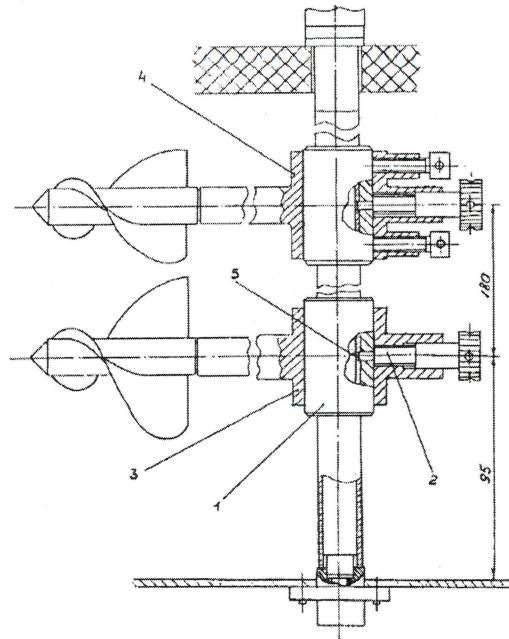
9.1 Подготовить эталон к проведению поверки и подключить к нему поверяемую вертушку.

9.1.1 Для эталона средней скорости водного потока погрузить поверяемую вертушку в воду в прямолинейном бассейне на глубину более 0,2 м, запрещается устанавливать на одну штангу более одной вертушки.

9.1.2 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

МП

вертушек в лотках градуировочных типов ГР-19 и ГР-19М осуществляется в соответствии с руководством по эксплуатации).



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

Рисунок 3

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

9.2.1 Определение индивидуальной функции преобразования (ИФП) производят для лопастного винта 120 мм начиная со скорости 0,06 м/с в соответствии с Приложением В, в соответствии заданным рядом значений скорости водного потока:

- для прямолинейных бассейнов длиной более 100 м в точках 0,06 м/с; 0,08 м/с; 0,10 м/с; 0,15 м/с; 0,30 м/с; 0,50 м/с; 1,00 м/с; 2,00 м/с; 3,00 м/с; 5,00 м/с;

- для прямолинейных бассейнов длиной до 100 м в точках 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;

- для компараторных установок 0,06 м/с; 0,07 м/с; 0,08 м/с; 0,10 м/с; 0,15 м/с; 0,20 м/с; 0,30 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).

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

9.2.3 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.

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

9.3 Определение относительной погрешности измерения скорости водного потока с применением установки компараторной для проверки гидрометрических вертушек УКПГВ

МП

проводят в рабочем диапазоне скоростей от 0,06 до 2,5 м/с и для лотков градуировочных ГР-19, ГР-19М в диапазоне значений скорости водного потока от 0,06 до 3,00 м.

9.3.1 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.

9.3.2 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;

9.3.3 ИФП определяется 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.

9.3.4 ИФП определяется при значениях скорости водного потока в соответствии с п.9.2.1 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.

9.3.5 Выход на рабочий режим и поддержание заданной скорости водного потока номинальных значений согласно 10.2.4, обеспечиваются в установке автоматически.

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

9.3.7 Для компараторных установок время измерений 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

9.3.8 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.

9.3.9 Среднее значение частоты вращения лопастного винта поверяемой вертушки в УКПГВ n_{cpi} , об/с, в точке i принимается как среднее арифметическое значение из частот

МП

вращения лопастного винта поверяемой вертушки в положении «вверху» и «внизу» по формуле:

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

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

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

9.3.11 Определение ИФП производится в соответствии с приложением В.

10 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

10.1 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 5:

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

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

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:

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

где N_i - число зарегистрированных сигналов вертушки;

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

10.1.1 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.

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

10.1.3 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.

10.1.4 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:

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

где V - значение скорости водного потока, м/с

10.1.5 Диапазон измерений скорости водного потока, в котором допускается применение вертушки, соответствует диапазону, в котором была определена ИФП.

10.2 Вертушка гидрометрическая ГР-21М соответствует метрологическим требованиям, если полученные значения погрешности измерения скорости водного потока не превышают допускаемую погрешность п.10.1.4 и диапазон измерений скорости водного потока, в котором допускается применение вертушки, соответствует диапазону, в котором была определена ИФП.

11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

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

11.2. Информация о положительных и отрицательных результатах поверки вертушки гидрометрической ГР-21М 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 индивидуальной функция преобразования $V = a \cdot n + b$ с указанием диапазона значений скорости водного потока от (минимальная скорость измеряемая вертушкой) до (максимальная скорость воспроизводимая эталоном) м/с для каждого лопастного винта.

11.3 По требованию заказчика выдается свидетельство о поверке вертушки гидрометрической ГР-21М или извещение о непригодности установленного образца.

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

Приложение А
(рекомендуемое)

Форма протокола поверки с применением прямолинейных бассейнов

Организация – поверитель

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 2550-0391-2022

Средства поверки: _____

Внешний осмотр _____ соответствует/не соответствует

Причины: _____

Опробование _____ соответствует/не соответствует

Причины: _____

Результаты измерений

Таблица А1 Результаты измерений

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 δд, %

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.

Заключение:

Поверитель _____
подпись

_____ фамилия, инициалы

Приложение Б
(рекомендуемое)
Форма протокола поверки с применением компараторных установок

Организация – поверитель

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 2550-0391-2022

Средства поверки: _____

Внешний осмотр _____ соответствует/не соответствует

Причины: _____

Опробование _____ соответствует/не соответствует

Причины: _____

Результаты измерений

Таблица Б1 Результаты измерений

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 $V = a \cdot n + b$

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.

ИФП вертушки входящей в состав эталона

$$V = a \cdot n + b$$

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.Г. Кривцов

« 19 »

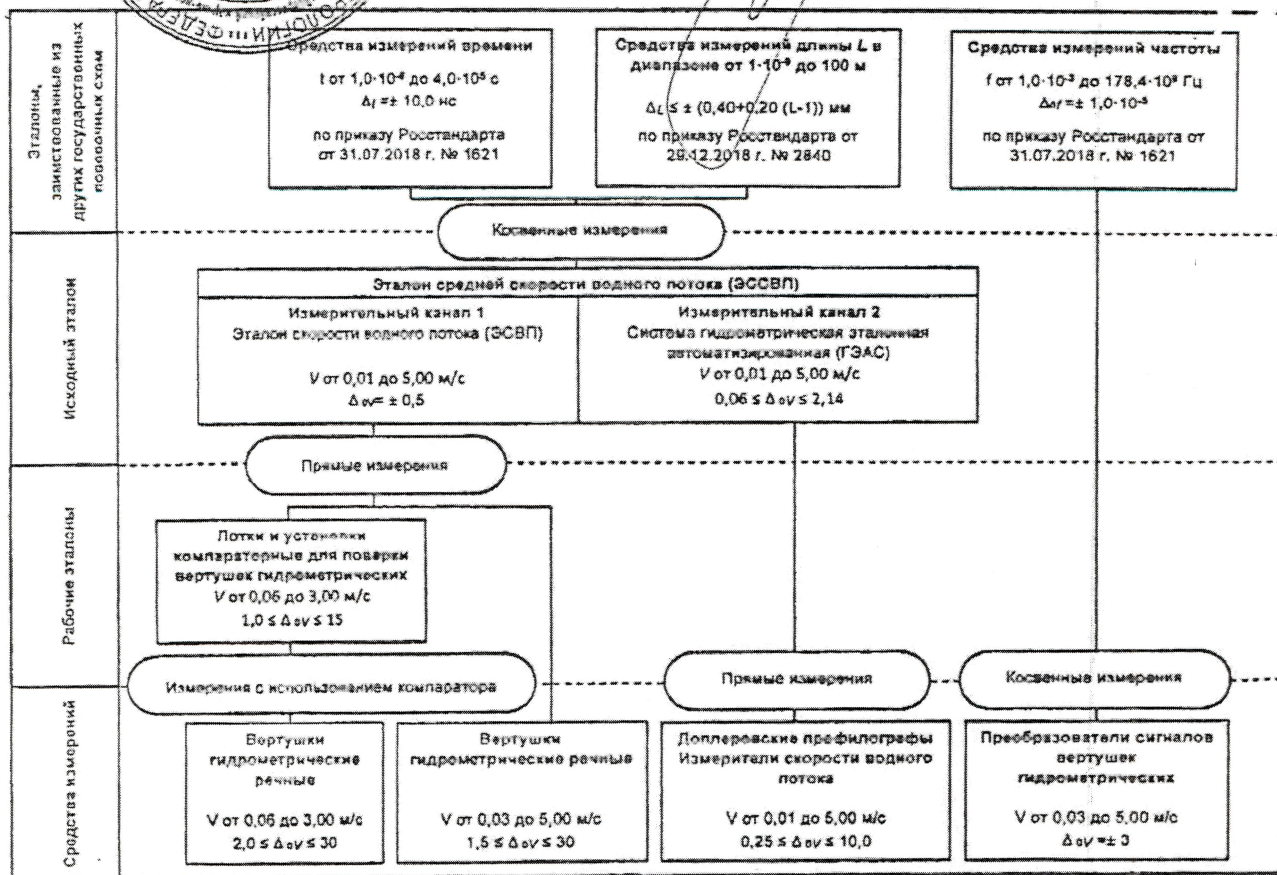


УТВЕРЖДАЮ

Руководитель Росгидромета

И.А. Шумаков

« 19 » 11.09.2021



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, %;

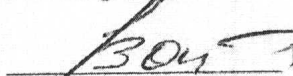
Δt - пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения интервалов времени, с;

ΔL - пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений длины, м;

Δv - пределы допускаемой относительной погрешности по скорости, %.

Рисунок Г1

СОГЛАСОВАНО
Зам. начальника УГМАВ
Росгидромета

 В.В.Овчинников

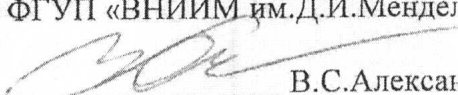
«20» марта 2009 г.

УТВЕРЖДАЮ
Директор ГУ «ГТИ»

 И.А.Шикломанов

«25» марта 2009 г.

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

 В.С.Александров

«15» декабря 2008 г.

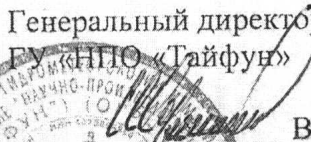
Дата введения 2010-01-01

ЛИСТ УТВЕРЖДЕНИЯ

РЕКОМЕНДАЦИИ

Вертушки гидрометрические речные
Методика поверки в установке компараторной
для поверки гидрометрических вертушек
Р 52.08.702 -2009

СОГЛАСОВАНО
Генеральный директор
ФГУ «НПО «Тайфун»

 В.М.Шершаков

«13» августа 2009 г.

Главный метролог ГУ «ГТИ»

 Д.А.Коновалов

«12» декабря 2008 г.

Р 52.08.702–2009

ПРЕДИСЛОВИЕ

- 1 РАЗРАБОТАНЫ Государственным учреждением
«Государственный гидрологический институт» (ГУ «ГГИ»)
Росгидромета
- 2 РАЗРАБОТЧИКИ Д.А.Коновалов, канд. физ.-мат. наук,
(руководитель темы), Н.И. Зайцев, канд. техн. наук,
Д.В. Высоцкий
- 3 СОГЛАСОВАНЫ с УГМАВ Росгидромета 20.03.2009, ФГУП
«ВНИИМ им. Д.И.Менделеева» 15.12.2008, ГУ «НПО «Тайфун»
13.03.2009
- 4 УТВЕРЖДЕНЫ директором ГУ «ГГИ» И.А. Шикломановым
25.03.2009
- 5 ЗАРЕГИСТРИРОВАНЫ ЦМТР ГУ «НПО «Тайфун»
за номером Р 52.08.702-2009 от 13.03.2009
- 6 ВВЕДЕНЫ ВПЕРВЫЕ

СОДЕРЖАНИЕ

1 Область применения	1
2 Нормативные ссылки	1
3 Операции поверки	2
4 Средства поверки	2
5 Требования к квалификации поверителей и требования безопасности	3
6 Условия проведения поверки и подготовка к ней	3
7 Проведение поверки	4
7.1 Внешний осмотр	4
7.2 Опробование	4
7.3 Обкатка вертушек	5
7.4 Определение ИФП вертушки	6
7.5 Определение относительной погрешности вертушки	8
8 Оформление результатов поверки	9
Приложение А (обязательное)	
Датчик оборотов винта	10
Приложение Б (справочное)	
Схема подключения поверяемой вертушки к осциллографу	11
Приложение В (обязательное)	
Установка вертушек на штативе	12
Приложение Г (обязательное)	
Расчет коэффициентов ИФП вертушки методом наименьших квадратов	13
Приложение Д (справочное)	
Форма протокола результатов поверки вертушки, реализуемой за два цикла измерений	16
Приложение Е (обязательное)	
Форма свидетельства о поверке вертушки	17
Приложение Ж (рекомендуемое)	
Пример оформления таблицы расчета зависимости скорости потока воды от частоты вращения лопастного винта поверяемой вертушки	18
Приложение И (обязательное)	
Форма извещения о непригодности к применению	19
Библиография	20

РЕКОМЕНДАЦИИ

ВЕРТУШКИ ГИДРОМЕТРИЧЕСКИЕ РЕЧНЫЕ

Методика поверки в установке компараторной
для поверки гидрометрических вертушек

Дата введения – 2010-01-01

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Настоящие рекомендации распространяются на вертушки гидрометрические речные (далее — вертушки) типа:

- ГР-21М по ТУ 25-0888.008-84;
- ГР-55 по ТУ 25-04.1628-77;
- ГР-99 по ТУ 25-0888.009-84;
- ИСП-1 по ТУ 4312-001-02572344-95;
- ИСП-1М по ТУ 4312-001-02572345-2006;
- ВГ-1-120/70 комплекта ИСТ-1-0,06/120/70 по ТУ 25-7192.0088-89;
- ИСВП-ГР-21М1 по ТУ 4312-001-78803295-2008

и устанавливают методы и средства их периодической и первичной поверки после ремонта (далее — поверка) в установке компараторной для поверки гидрометрических вертушек (далее — установки).

Рекомендации предназначены для поверки вертушек в метрологических службах организаций Росгидромета. Межповерочный интервал составляет два года.

2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящих рекомендациях использованы ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ 8.009-84 ГСИ. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений

ГОСТ Р 51232-98 Вода питьевая. Общие требования к организации контроля качества

РД 52.08.15-97 Методические указания. Вертушки гидрометрические речные типа ГР-21М, ГР-55, ГР-99, ИСП-1 и ВГ-1-120/70 ком-

Р 52.08.702–2009

плекта ИСТ-1-0,06/120/70. Рабочие эталоны. Методика метрологической аттестации в прямолинейном градуировочном бассейне

Р 52.08.696-2007 Установки компараторные для поверки гидрометрических вертушек. Программа и методика аттестации

ПР 50.2.006-94 Государственная система обеспечения единства измерений. Порядок проведения поверки средств измерений

3 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

При проведении поверки вертушек должны выполняться операции, указанные в таблице 1.

Т а б л и ц а 1

Наименование операции поверки	Подраздел
Внешний осмотр	7.1
Опробование	7.2
Обкатка	7.3
Определение индивидуальной функции преобразования (ИФП) вертушки	7.4
Определение относительной погрешности вертушки	7.5

4 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

При выполнении поверки вертушек должны применяться следующие средства измерений и оборудование:

— установка компараторная для поверки гидрометрических вертушек УКПГВ.416.441.001 РЭ [1], аттестованная в соответствии с Р 52.08.696;

— рабочие эталоны средств измерения скорости водного потока — вертушки, поверенные в соответствии с РД 52.08.15 (далее — эталонные вертушки) всех типов вертушек, указанных в разделе 1;

— осциллограф, например, типа С1-93 И 22.044.084 ТУ;

— источник питания постоянного напряжения на 1,5 В, например, гальванический элемент типа АА;

— резистор МЛТ-0,25-100 Ом $\pm 10\%$ ОЖО 467.180 ТУ;

— баротермогигрометр БМ-6 с характеристиками, приведенными в таблице 2.

Таблица 2

Измеряемая величина	Диапазон	Абсолютная погрешность, не более
Атмосферное давление, мм рт.ст.	30–1000	$\pm 0,5$
Относительная влажность, %	30–100	$\pm 10,0$
Температура, °C	0–40	$\pm 0,5$

Допускается применение средств измерений, имеющих аналогичные технические характеристики и обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых средств измерений с требуемой точностью.

5 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ И ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

5.1 К выполнению поверки допускаются лица — поверители, которым предоставлено право поверки средств измерений гидрологического назначения

5.2 Поверитель должен иметь необходимые навыки работы с персональным компьютером и операционной системой Windows XP

5.3 При подготовке установки и проведении поверки вертушек следует соблюдать требования безопасности, установленные в эксплуатационной документации на установку [1] и средства измерения

6 УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ И ПОДГОТОВКА К НЕЙ

6.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °C от 10 до 40;
- относительная влажность воздуха, % от 20 до 85;
- атмосферное давление, гПа от 840 до 1067;
- температура воды в лотке, °C от 15 до 25;
- отклонение напряжения питания сети
от номинального значения, % не более ± 5 .

6.2 Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

- вертушки и используемые средства поверки подготавливают согласно эксплуатационной документации;

Р 52.08.702–2009

— установку заполняют водой по ГОСТ Р 51232 согласно указаниям руководства по эксплуатации [1].

6.3 Для поверки используются эталонные вертушки того же типа, что и рабочие вертушки.

7 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

7.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре вертушек устанавливают:

- соответствие вертушек эксплуатационной документации на них;
- отсутствие дефектов, механических повреждений и следов коррозии на деталях вертушки, которые могут повлиять на метрологические характеристики.

7.2 Опробование

7.2.1 Проверка работы датчика оборотов винта вертушки.

7.2.1.1 Эталонная и рабочая вертушки для поверки в установке должны иметь один контакт на оборот лопастного винта. При поверке вертушек ГР-21М, ГР-55 и др. с механическим контактом через 20 оборотов для получения сигнала передаточного отношения 1:1 при измерении частоты вращения лопастных винтов вертушек необходимо устанавливать датчик оборотов винта согласно рисунку А.1 (приложение А).

7.2.1.2 Проверку механического контактного устройства вертушек ГР-21М, ГР-55 и др. с контактом через 20 оборотов проводят после окончания поверки.

7.2.1.3 Вертушку соединяют с осциллографом по схеме, приведенной на рисунке Б.1 (приложение Б).

Ручки управления осциллографа устанавливают в следующие положения:

- переключатель «НАПРЯЖЕНИЕ/ДЕЛЕНИЕ» — в положение «0,5»;
- переключатель «ВРЕМЯ/ДЕЛЕНИЕ» в положение «1».

7.2.1.4 На экране осциллографа проверяют наличие и качество импульсов, поступающих от вертушки при вращении ее лопастного

винта вручную. Число проверяемых импульсов для вертушек с передаточным отношением 1:1 должно быть не менее 15–20.

7.2.1.5 Сигналы должны быть непрерывными, без пропусков и дробления.

7.3 Обкатка вертушек

7.3.1 Вертушки вносят в воду при нулевой скорости потока и крепят на штативе установки.

Фиксация вертушек с помощью винта установочного (2) обеспечивает правильное их размещение на штативе по высоте и параллельности продольных осей вертушек относительно боковых стенок лотка согласно рисунку В.1 (приложение В).

7.3.2 Вертушки подсоединяют к блоку сопряжения и управления (БСУ). При подсоединении вертушек необходимо соблюдать полярность: провод с маркировкой «⊥» подсоединяют к клемме вертушки, которая электрически связана с ее корпусом, второй провод — к сигнальной клемме вертушки, изолированной от ее корпуса, для двадцатиоборотной вертушки — к датчику оборотов винта (приложение А).

7.3.3 Включают компьютер и согласно руководству оператора [2] запускают работу программы поверки. На мониторе компьютера появляется программный интерфейс.

7.3.4 По запросу программы в соответствии с руководством оператора [2] вводят параметры вертушки:

- тип вертушки;
- номер вертушки;
- номер винта;
- год выпуска и др.

7.3.5 На экране монитора на поле установок и управлений устанавливают операцию «Обкатка». Операция обкатки начинается с момента включения электродвигателя и плавного изменения частоты вращения приводного вала привода до значения, соответствующего заданной скорости потока воды.

7.3.6 По окончании обкатки проводят визуальный анализ качества вращения лопастного винта вертушки и состояния контактной системы вторичного преобразователя по наблюдениям на БСУ за импульсами, поступающими от вертушки.

7.4 Определение ИФП вертушки

7.4.1 Определение ИФП вертушки выполняется в установке 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;

7.4.2 ИФП определяется в установке методом сличения показаний эталонной вертушки, поверенной в соответствии с РД 52.08.15, с показаниями поверяемой и выражается в виде зависимости

$$V_{di} = f(n_{срi}), \quad (1)$$

где V_{di} — измеренное эталонной вертушкой усредненное значение скорости водного потока за время измерения в заданной i -й точке согласно 7.4.3, м/с;

n_i — усредненное значение частоты вращения лопастного винта поверяемой вертушки в i -й точке, об/с.

7.4.3 ИФП определяется при следующих автоматически устанавливаемых значениях скорости водного потока: 0,03; 0,04; 0,06; 0,07; 0,08; 0,10; 0,15; 0,20; 0,50; 1,0; 1,50; 2,00; 2,50, м/с.

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

7.4.4 Выход и поддержание задаваемой скорости водного потока номинальных значений согласно 7.4.3, обеспечиваются в установке автоматически.

7.4.5 Процесс выполнения измерений в установке полностью автоматизирован и производится от начальной скорости поверяемой вертушки до скорости 2,5 м/с (см. 7.4.3) всегда в сторону нарастания скорости потока, при соответствующем времени (продолжительности) выдержке измерений t_i в каждой i -й точке, соответствующей задаваемой скорости, приведенной в таблице 3.

Таблица 3

Задаваемая скорость, м/с	0,03; 0,04; 0,06; 0,07; 0,08	0,10; 0,15; 0,20	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50
Время выдержки измерений t_r с, не менее	240	120	60	30	30	30	20
Время стабилизации скорости потока t_{icr} с, не менее	80	50	30	30	30	30	30

7.4.6 Переход с одной скорости на следующую (большую) скорость измерения устанавливается автоматически и начинается после промежутка времени стабилизации скорости потока t_{icr} , достаточного для установления и стабилизации в i -й точке, соответствующей скорости потока (см. таблицу 3).

7.4.7 Действительное значение скорости потока в i -й точке по 7.4.3 при поверке из двух циклов измерений принимается как среднее арифметическое из двух скоростей, измеренных эталонной вертушкой в положение «внизу» и «вверху» по формуле

$$V_{di} = (V_{s1i} + V_{s2i})/2, \quad (2)$$

где V_{s1i} , V_{s2i} — значения скорости потока, измеренные эталонной вертушкой в положении «внизу» и «вверху» соответственно, м/с.

7.4.8 Среднее значение частоты вращения лопастного винта поверяемой вертушки n_{cpi} , об/с, в i -й точке по 7.4.3 принимается как среднее арифметическое значение из частот вращения лопастного винта поверяемой вертушки в положении «вверху» и «внизу» по формуле

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

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

7.4.9 Вся обработка результатов определения ИФП производится с помощью компьютерной программы автоматически посредством взаимодействия поверителя с интерфейсом.

7.4.10 По результатам измерений рассчитывается ИФП вертушки методом наименьших квадратов (МНК), используя линейную или кусочно-линейную аппроксимацию по методике, приведенной в приложении Г.

7.5 Определение относительной погрешности вертушки

7.5.1 Относительная погрешность вертушки δ_i , %, в каждой точке диапазона измерения скорости в соответствии с требованиями ГОСТ 8.009 определяется по формуле

$$\delta_i = 100 |V_{ui} - V_{di}| / V_{di}, \quad (4)$$

где V_{ui} — измеренное значение скорости водного потока в i -й точке согласно ИФП поверяемой вертушки, м/с;

V_{di} — действительное значение скорости водного потока в лотке установки в i -й точке измерения, полученное по ИФП эталонной вертушки, м/с.

7.5.2 Вертушку считают прошедшей поверку с положительным результатом, если δ_i во всех i -ых точках в диапазоне измерений скорости удовлетворяют условию

$$|\delta_i| \leq |\delta_{доп i}|, \quad (5)$$

где $\delta_{доп i}$ — пределы допускаемой относительной погрешности, %, для каждого типа вертушек, указанные в технических условиях, определяемые по формуле

$$\delta_{доп i} = \pm \sqrt{\delta_{раб i}^2 + \delta_{э i}^2} \quad (6)$$

где $\delta_{э i}$ — относительная погрешность эталонной вертушки конкретного типа, %;

$\delta_{раб i}$ — относительная погрешность рабочей вертушки того же типа, %.

7.5.3 Относительная погрешность рабочей вертушки указывается в паспорте или руководстве по эксплуатации на вертушки конкретного типа.

Погрешность рабочих вертушек $\delta_{раб}$ типа ГР-21М, ГР-99 и ГР-55 должна быть не более:

— для вертушек с лопастным винтом диаметром 120 мм

$$\delta_{раб i} = \pm 100[0,015 + 0,002(5/V_{ui} - 1)], \quad (7)$$

— для вертушек с лопастным винтом диаметром не более 80 мм

$$\delta_{раб i} = \pm 100[0,015 + 0,004(5/V_{ui} - 1)]. \quad (8)$$

где V_{ui} — измеренная вертушкой скорость водного потока.

8 Оформление результатов поверки

8.1 Результаты поверки оформляются в виде протоколов. Форма протокола результатов поверки вертушки, реализуемой за два цикла измерений, приведена в приложении Д

8.2 При выполнении условия (5) на вертушку выдают свидетельство о поверке сроком на два года. Форма свидетельства о поверке приведена в приложении Е с учетом требований ПР 50.2.006

Согласно требованиям ПР 50.2.006 на оборотной стороне свидетельства о поверке обязательно должны быть указаны:

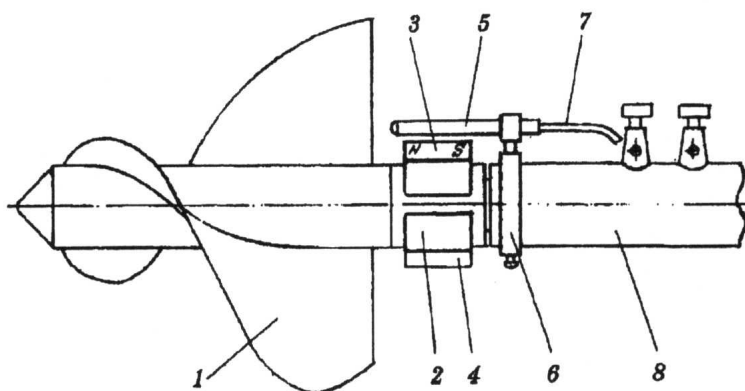
- документ, содержащий требования к средству измерения, подтверждаемые в результате поверки;
- документ, содержащий методику поверки, а также наименование эталона и его метрологические характеристики.

К свидетельству прилагают таблицу зависимости скорости потока воды от частоты вращения лопастного винта поверяемой вертушки. Пример оформления таблицы приведен в приложении Ж.

8.3 При отрицательных результатах поверки вертушки выдается извещение о ее непригодности к применению. Форма извещения о непригодности к применению приведена в приложении И с учетом требований ПР 50.2.006.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ)

Датчик оборотов винта

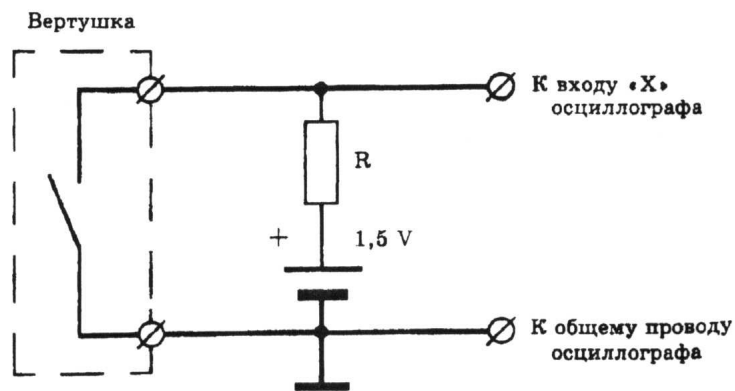


- 1 — лопастной винт гидрометрической вертушки;
- 2 — кольцо бронзовое разрезное подпружиненное для установки на винте магнита 3 и груза балансира 4;
- 3 — постоянный магнит, воздействующий на контакты геркона 5;
- 4 — груз балансира, уравнивающий магнит 3;
- 5 — геркон в герметичном латунном корпусе;
- 6 — кольцо для крепления корпуса геркона 5;
- 7 — провод гибкий (МГШВ — 0,5 мм²) для соединения одного из контактов геркона с сигнальным входом БСУ;
- 8 — корпус вертушки.

Рисунок А.1

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(СПРАВОЧНОЕ)

**Схема подключения поверяемой вертушки
к осциллографу**

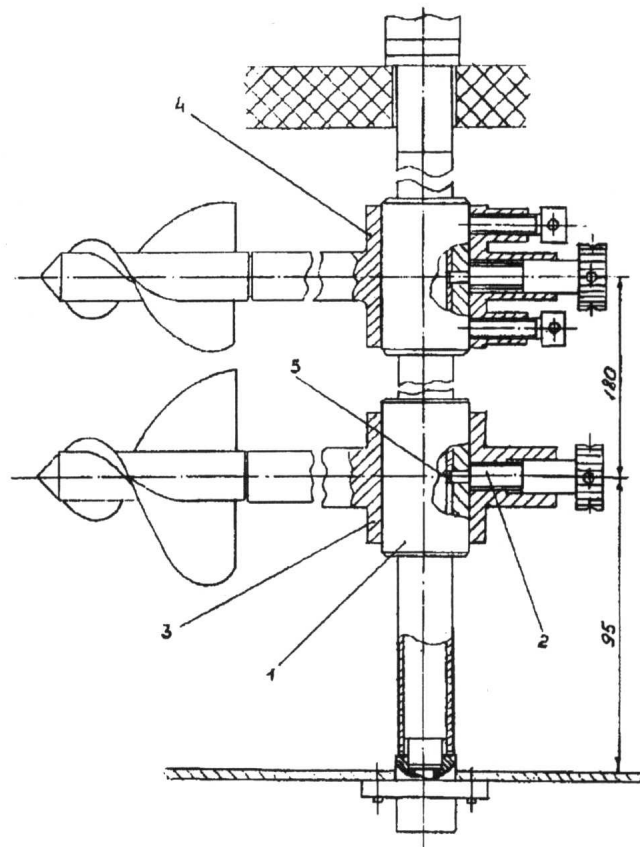


R — резистор МЛТ-0,25-100 Ом $\pm 10\%$
ОЖО 467.180 ТУ

Рисунок Б.1

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ)

Установка вертушек на штативе



- 1 — штатив;
- 2 — винт установочный (УКПГВ 416.441.001);
- 3 — пример установки и фиксации вертушек типа ГР-21М, ГР-55 и ИСВП-ГР-21М1;
- 4 — пример установки и фиксации вертушек типа ГР-99, ИСП-1, ИСП-1М, ВГ-1-120/70 комплекта ИСТ-1-0,06/120/70.

Рисунок В.1

ПРИЛОЖЕНИЕ Г (ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ)

Расчет коэффициентов ИФП вертушки методом наименьших квадратов

Уравнение ИФП вертушки имеет вид

$$V = a + bn, \quad (\text{Г.1})$$

где V — скорость водного потока в лотке, определенная по эталонной вертушке, м/с;

a — коэффициент, м/с;

n — частота вращения лопастного винта поверяемой вертушки, об/с;

b — коэффициент, м.

Вычисление ИФП производится с использованием способа линейной или кусочно-линейной аппроксимации.

Критерием для выбора способа вычисления ИФП является значение относительной погрешности вертушки δ_i в диапазоне скоростей до 0,5 м/с:

— если $|\delta_i| \leq |\delta_{кр i}|$, то ИФП вертушки определяется способом линейной аппроксимации во всем диапазоне измеряемых скоростей (приложение Г.1);

— при условии $|\delta_i| > |\delta_{доп i}|$ ИФП следует вычислять с помощью кусочно-линейной аппроксимации (приложение Г.2).

Критическое значение $\delta_{кр i}$ определяется

— для вертушек с лопастным винтом диаметром 120 мм

$$\delta_{кр i} = \pm 100[0,03 + 0,0005(2,5/V_{ui} - 1)], \quad (\text{Г.2})$$

— для вертушек с лопастным винтом диаметром не более 80 мм

$$\delta_{кр i} = \pm 100[0,045 + 0,001(2,5/V_{ui} - 1)], \quad (\text{Г.3})$$

где V_{ui} — измеренная вертушкой скорость водного потока.

Г.1 Определение ИФП вертушки с помощью линейной аппроксимации

Требование наилучшего согласования прямой и экспериментальных точек при использовании МНК сводится к тому, чтобы сумма квадратов отклонений экспериментальных точек ($V_{di}, n_{сп i}$) от сглаживающей прямой обращалась в минимум

$$\sum_{i=1}^N [V_{\partial i} - f(n_{cpi})]^2 = \min. \quad (\Gamma.4)$$

Коэффициент b определяется по формуле

$$b = (M_{V_n} - \bar{V} \bar{n}) / (D_n - \bar{n}^2), \quad (\Gamma.5)$$

где M_{V_n} — центр распределения

$$M_{V_n} = \sum_{i=1}^N (V_{\partial i} n_{cpi}) / N; \quad (\Gamma.6)$$

$\bar{V}$ — среднее арифметическое значение действительной скорости эта-лонной вертушки $V_{\partial i}$, м/с

$$\bar{V} = \sum_{i=1}^N V_{\partial i} / N; \quad (\Gamma.7)$$

$\bar{n}$ — среднее арифметическое значение частоты вращения лопастного винта поверяемой вертушки, об/с

$$\bar{n} = \sum_{i=1}^N n_{cpi} / N; \quad (\Gamma.8)$$

D_n — дисперсия

$$D_n = \sum_{i=1}^N n_{cpi}^2 / N; \quad (\Gamma.9)$$

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

Коэффициент a определяют по формуле

$$a = \bar{V} - b \bar{n}. \quad (\Gamma.10)$$

Г.2 Определение ИФП вертушки с помощью кусочно-линейной аппроксимации

Кусочно-линейная аппроксимация сводится к задаче нахождения точки перелома линейной аппроксимации функции преобразования скорости V в зависимости от частоты вращения лопастного винта поверяемой вертушки n и вычисления ИФП посредством двух уравнений

$$V_1 = a_1 + b_1 n \text{ до частоты вращения } n \leq n_{\text{пер}}, \quad (\Gamma.11)$$

$$V_2 = a_2 + b_2 n \text{ от частоты вращения } n > n_{\text{пер}}, \quad (\Gamma.12)$$

где $n_{\text{пер}}$ — частота вращения лопастного винта в точке перелома поверяемой вертушки конкретного типа (точки пересечения прямых V_1 и V_2), об/с;

a_1, b_1, a_2, b_2 — коэффициенты, полученные при использовании МНК для двух участков прямых линий, аппроксимирующих ИФП вертушки: от наименьшей скорости, до точки перелома $n_{пер}$ и от точки перелома $n_{пер}$ до максимальной скорости потока в установке.

Алгоритм нахождения точки перелома ИФП заключается в следующем:

— определяем уравнение ИФП для первого участка (Г.11) по первым трем точкам измерений (V_{u1}, V_{u2}, V_{u3} и $n_{ср1}, n_{ср2}, n_{ср3}$) от наименьшей скорости (приложение Г.1);

— определяем уравнение ИФП для второго участка (Г.11) по остальным точкам измеренных скоростей до максимальной скорости (приложение Г.1);

— в диапазоне скоростей до 0,5 м/с для каждой точки измерений i проверяем выполнение условия

$$|\delta_i| \leq |\delta_{кр i}|, \quad (Г.13)$$

где $\delta_{кр i}$ определяется по формулам (Г.2), (Г.3);

— если условие (Г.13) выполняется, то точка перелома $n_{пер}$ находится на пересечении двух прямых $V_1 = a_1 + b_1 n$, $V_2 = a_2 + b_2 n$

$$n_{пер} = (a_2 - a_1) / (b_1 - b_2), \quad (Г.14)$$

и определяется скорость потока, соответствующая точке перелома, по уравнению

$$V_{пер} = a_1 + b_1 n_{пер}, \quad (Г.15)$$

ИФП в виде кусочно-линейной аппроксимации принимается, если $V_{пер} \leq 0,5$ м/с.

При условии $|\delta_i| > |\delta_{кр i}|$ добавляется еще одна (следующая) точка для первого участка и вычисления повторяются по формулам (Г.11) – (Г.15).

ПРИЛОЖЕНИЕ Д
(СПРАВОЧНОЕ)

Форма протокола результатов поверки вертушки, реализуемой за два цикла измерений

Протокол № _____ от _____, реализуемой за два цикла измерений
результатов поверки гидрометрической вертушки типа _____

Диаметр винта _____
Поверяемая вертушка № _____
Эталонная вертушка № _____

Таблица результатов

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 лопастного винта	поверяемой вертушки, об/с	Скорость по ИФП эталонной вертушки, м/с	Частота вращения лопастного винта	поверяемой вертушки, об/с	Скорость по ИФП эталонной вертушки, м/с	Скорость по ИФП поверяемой вертушки, м/с	по ИФП поверяемой вертушки, м/с	Скорость по ИФП эталонной вертушки, м/с	Относительная погрешность вертушки, %		

ИФП поверяемой вертушки $V=a\pi+b$:

при n менее _____ $a =$ _____, $b =$ _____
при n от _____ до _____ $a =$ _____, $b =$ _____
при n более _____ $a =$ _____, $b =$ _____

ИФП эталонной вертушки $V=a\pi+b$:

при n менее _____ $a =$ _____, $b =$ _____
при n от _____ до _____ $a =$ _____, $b =$ _____
при n более _____ $a =$ _____, $b =$ _____

Поверку провел(а) _____

ПРИЛОЖЕНИЕ Е
(ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ)

Форма свидетельства о поверке вертушки

наименование органа Государственной метрологической службы, юридического лица

**СВИДЕТЕЛЬСТВО
О ПОВЕРКЕ**

№ _____

Действительно до
« ____ » _____ 20 ____ г.

Средство измерений _____
наименование, тип.

Серия и номер клейма предыдущей поверки (если такие серия и номер имеется)

заводской номер _____
принадлежащее _____
наименование юридического (физического) лица, ИНН

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

Поверительное клеймо

*должность руководителя
подразделения*

подпись

инициалы, фамилия

Поверитель

подпись

инициалы, фамилия

« ____ » _____ 20 ____ г.

Р 52.08.702–2009

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж
(РЕКОМЕНДУЕМОЕ)

Пример оформления таблицы расчета зависимости скорости потока воды от частоты вращения лопастного винта поверяемой вертушки

Дата поверки 08.01.2008

Тип вертушки	ИСП-1
№ вертушки	0707
№ винта	0707
Диаметр винта	120

ИФП $V=an+b$	<i>a</i>	<i>b</i>
при <i>n</i> менее 0,701 об/с	0,1987	0,0144
при <i>n</i> от 0,701 об/с	0,2184	-0,0001

<i>n</i> , об/с	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,1					0,042	0,044	0,046	0,048	0,050	0,052
0,2	0,054	0,056	0,058	0,060	0,062	0,064	0,066	0,068	0,070	0,072
0,3	0,074	0,076	0,078	0,080	0,082	0,084	0,086	0,088	0,090	0,092
0,4	0,093	0,095	0,097	0,099	0,101	0,103	0,105	0,107	0,109	0,111
...										
1,0	0,218	0,220	0,223	0,225	0,227	0,230	0,231	0,234	0,236	0,238
1,1	0,240	0,242	0,244	0,247	0,249	0,251	0,253	0,255	0,258	0,260
...										
2,0	0,437	0,439	0,441	0,443	0,445	0,448	0,450	0,452	0,454	0,456
2,1	0,458	0,461	0,463	0,465	0,467	0,469	0,472	0,474	0,476	0,478
...										
3,0	0,655	0,657	0,659	0,662	0,664	0,666	0,668	0,670	0,672	0,675
3,1	0,677	0,679	0,681	0,683	0,686	0,688	0,690	0,692	0,694	0,696
...										
4,0	0,873	0,876	0,878	0,880	0,882	0,884	0,886	0,889	0,891	0,893
4,1	0,895	0,897	0,900	0,901	0,904	0,906	0,908	0,910	0,913	0,915
...										
5,0	1,092	1,094	1,096	1,098	1,100	1,103	1,105	1,107	1,109	1,111
5,1	1,114	1,116	1,118	1,120	1,122	1,124	1,127	1,129	1,131	1,133
...										
6,0	1,310	1,312	1,314	1,317	1,319	1,321	1,323	1,325	1,328	1,330
6,1	1,332	1,334	1,336	1,338	1,341	1,343	1,345	1,347	1,349	1,352
...										
...										
11,4	2,489	2,491	2,494	2,496	2,498	2,500	2,502	2,505	2,507	2,509
11,5	2,511	2,513	2,515	2,518	2,520	2,522	2,524	2,526	2,529	2,530

ПРИЛОЖЕНИЕ И
(ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ)

Форма извещения о непригодности к применению

наименование органа Государственной метрологической службы, юридического лица

ИЗВЕЩЕНИЕ
о непригодности к применению
№ _____

Средство измерений _____
наименование, тип.

Серия и номер клейма предыдущей поверки (если такие серия и номер имеется)

заводской номер _____
принадлежащее _____
наименование юридического (физического) лица, ИНН

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

Причина непригодности _____

Поверительное клеймо

должность руководителя
подразделения

подпись

инициалы, фамилия

Поверитель

подпись

инициалы, фамилия

«____» _____ 20__ г.

Р 52.08.702–2009

БИБЛИОГРАФИЯ

[1] Установка компараторная для поверки гидрометрических вертушек. Руководство по эксплуатации. УКПГВ.416.441.001 РЭ

[2] Установка компараторная для поверки гидрометрических вертушек. Руководство оператора. УКПГВ.416.441.001 РО

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Номер измене- ния	Номер страницы				Номер до- кумента (ОРН)	Под- пись	Дата	
	изме- ненной	замене- нной	новой	аннули- рованной			внесения изменений	введения изменений

РЕКОМЕНДАЦИИ
Вертушки гидрометрические речные
Методика поверки в установке компараторной
Для поверки гидрометрических вертушек

Подписано в печать ????.09. Формат 60×84 1/16.
Бумага офсетная. Печать офсетная.
Усл.-печ. л. 1.5. Тираж 300 экз. Заказ №

Издательство «Нестор-История»
197110 СПб., Петрозаводская ул., д. 7
тел.: (812) 235-15-86
e-mail: nestor_historia@list.ru

Отпечатано в типографии «Нестор-История»
СПб., ул. Розенштейна, д. 21
Тел.: (812) 622-01-23