

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Метрологическая аттестация методов выполнения
измерений уровней и расходов воды
на гидрологических постах

РД 52.08.318-81

Москва
1991

ЛИСТ УТВЕРЖДЕНИЯ

Методические указания. Метрологическая аттестация
методик выполнения измерений уровней и расходов
воды на гидрологических постах

РД 52.08.318-91

Зам. директора ГИИ *В.С. Вурганский*Зав. группой стандартизации *Влад. Н.И. Слободян*

Зав. лабораторией учета

вод и гидрометрии,

руководитель темы,

И.Ф. Карасев

Ответственный исполнитель,

канд. техн. наук

А.В. Савельева

СОГЛАСОВАНО:

Начальник УНС

Госкомгидромета СССР

В.М. Борисенко

СОГЛАСОВАНО:

Начальник ЦКБ ГИИ

И.Н. Чуб

С.1

УДК 556.04108:389

Группа

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Метрологическая аттестация

методик выполнения измерений

уровней и расходов воды на

гидрологических постах ОНСТУ

РД 52.08.318-91

Дата введения 01.01.93

Настоящий руководящий документ устанавливает порядок проведения и содержание работ по метрологической аттестации методик выполнения измерений уровней и расходов воды на гидрологических постах Госкомгидромета СССР.

Руководящий документ распространяется на методики выполнения измерений уровней с применением самописцев, свайных и реечных устройств и расходов воды методом "скорость-площадь" с использованием гидрометрических вертушек для определения скоростей течения. Документ не распространяется на методики измерения расхода воды с помощью поплавков и интеграции скоростей течения по ширине потока.

Определения и термины, встречающиеся в тексте, соответствуют ММ 1759, основные обозначения контролируемых параметров и точностных характеристик приведены в приложении I.

I.1. Метрологическую аттестацию приняты методик выполнения измерений (МВИ) уровней и расходов воды на конкретных гидрологических постах (ГП) Госкомгидромета СССР проводят для установления значений показателей точности результатов этих измерений, проверки их соответствия нормам точности с одновременной оптимизацией измерительных технологий, позволяющей обеспечить требуемую точность измерений при одновременной минимизации объема гидрометрических работ.

I.2. МВИ уровней и расходов воды изложены в Наставлениях гидрологическим станциям и постам вып. 6, части I, 2, а ее основные положения и обобщенные показатели точности регламентированы МИ 1759.

I.3. Метрологическая аттестация МВИ уровней и расходов воды на гидрологических постах выполняется с учетом конкретных условий измерений, включающих гидравлично-морфологические особенности участков гидростворов, их оборудования и используемых средств измерений. При этом могут выделяться однородные группы постов, имеющие близкие гидравлично-морфологические характеристики гидростворов, состав оборудования и средств измерений. В случае выделения однородных групп постов, оценки случайных погрешностей измерений выполняются лишь для одного из постов каждой группы и приписываются всем остальным постам этой группы; однако, систематические составляющие погрешностей должны определяться для каждого поста индивидуально.

I.4. Статистические оценки показателей точности определения экспериментальным или расчетно-экспериментальными методами по результатам специальных метрологических исследований. Отдельные виды частных погрешностей измерения уровней и расходов воды устанавливаются по обобщенным эмпирическим или теоретическим зависимостям как для отдельных постов, так и их групп.

I.5. Показатели точности результатов измерений уровней и расходов воды устанавливаются применительно к каждой фазе гидрологического режима, в течение которой сохраняется относительно неизменным комплекс факторов, влияющих на точностные характеристики измеряемых величин.

I.6. Установленные в процессе аттестации МВИ статистические оценки погрешностей представляют собой гарантируемые значения показателей точности измерений, выполняемых при всех допускаемых вариациях влияющих факторов (условий измерений) и характеризуют точность любого из результатов измерений, которые могут быть получены по данной МВИ при ее строгом соблюдении.

I.7. Метрологическую аттестацию МВИ проводят территориальные управления по гидрометеорологии.

Методическое руководство и контроль за проведением работ по метрологической аттестации МВИ осуществляет базовая организация по метрологии (ГТИ).

I.8. Работы по метрологической аттестации МВИ должны включаться в планы работ подразделений Госкомгидромета СССР.

I.9. При выполнении метрологической аттестации МВИ используются стандартные гидрологические средства измерений (СИ) и вспомогательное оборудование, прошедшие государственные испытания, аттестацию и проверку в соответствии с ГОСТ 8.001, ГОСТ 8.383, ГОСТ 8.326. Перечень используемых средств измерений и вспомогательных устройств приведен в МИ 1759.

Методическую аттестацию нестандартизованных средств измерений (НСИ) допускается проводить в процессе выполнения метрологической аттестации МВИ.

I.10. Основные положения по организации, порядку проведения метрологической аттестации МВИ и оформлению документов соответствуют РД 52.07.27 с учетом специфики измерений на гидрологических постах.

2. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ АТТЕСТАЦИИ МВИ УРОВНЕЙ И РАСХОДОВ ВОДЫ

2.1. Порядок проведения метрологической аттестации

2.1.1. Метрологическая аттестация МВИ уровней и расходов воды в качестве самостоятельной тематики должна предусматриваться в программах метрологического обеспечения и включаться в пятилетние и годовые планы Госкомгидромета СССР.

2.1.2. Метрологическая аттестация выполняется Управлением по гидрометеорологии.

Ответственность за проведение и результаты аттестации возлагается на главного метролога управления (начальника или его заместителя).

2.1.3. Организация работ по аттестации МВИ на гидрологических постах регламентируется приказом начальника УГМ. В нём определяются состав аттестационной комиссии и сроки проведения работ. В приказе устанавливается перечень постов - объектов аттестации, который должен быть предварительно согласован с базовой организацией по метрологии - ГГМ.

2.1.4. Для всех постов, на которых планируется аттестация МВИ, составляется программа исследований в соответствии с типовой программой, предусмотренной настоящим РД (см. п.3.3), где указывается состав работ и сроки их выполнения по каждому ГП. В соответствии с этим документом территориальное Управление по гидрометеорологии проводит подготовку к аттестационным работам, выполняет комплекс экспериментальных метрологических исследований и оценку точности измерений, подготавливает отчетные документы.

2.2. Этапы выполнения работ

2.2.1. На подготовительном этапе осуществляется:

типизация гидрологических постов по условиям измерений, группировка и выбор постов для аттестации МВИ; назначение аттестационной комиссии; составление рабочей программы.

2.2.2. Рабочий этап аттестации включает:

комплекс метрологических исследований на каждой характерной фазе гидрологического режима;

обработку, генетический и статистический анализ результатов реализации МВИ в конкретных условиях;

выработку (и включение в регламентирующую документацию гидрологического поста (техническое дело и аттестат) решений по усовершенствованию технологии измерений, если конкретные способы осуществления МВИ не обеспечивают необходимой точности измерений;

заполнение первичных документов по результатам аттестации: карты метрологического обоснования МВИ (НМО), протоколов аттестации и технического отчета.

2.2.3. Завершающим этапом аттестационных работ является составление и подписание членами комиссии аттестата, который содержит все необходимые характеристики аттестованной МВИ. Материалы аттестации рассматриваются на техническом управлении по гидрометеорологии и направляются на экспертизу в базовую организацию по метрологии (ГГМ). По заключению экспертизы материалы аттестации при необходимости уточняются и дополняются, после чего аттестат утверждается начальником (главным метрологом) Управления.

Контроль за соблюдением установленной в результате аттестации технологии измерений и обеспечением показателей точности, приведенных в аттестате, осуществляется ГГМ территориальных и республиканских Управлений Госкомгидромета СССР.

2.2.4. К выполнению аттестационных работ целесообразно привлекать региональные НИИ, в задачу которых входит оказание методической помощи Управлениям по гидрометеорологии в выборе постов, подлежащих аттестации, составлении программ, интерпретации и экспертизе результатов аттестации.

3. ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ ПО МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ АТТЕСТАЦИИ МВИ УРОВНЕЙ И РАСХОДОВ ВОДЫ

3.1. Типизация гидрологических постов по условиям измерений, группировка и выбор ГП для метрологической аттестации МВИ

3.1.1. Показатели точности измерений существенно зависят от условий, в которых они выполняются: гидролико-морфологических характеристик участков гидростворов и технического оснащения гидрологических постов.

При определении программы работ по аттестации МВИ на гидрологических постах для учёта влияния гидролико-морфологических характеристик ГП в качестве характерных признаков последних предлагается использовать факторы пропускной способности русла. При этом каждый ГП в зависимости от сезона года может быть охарактеризован определённым сочетанием таких взаимно со-местимых факторов (признаков).

Основные виды факторов пропускной способности русла указаны в табл. 1. Характерная совокупность таких факторов для каждого ГП может быть установлена на основе соотношений (табл. 1, графа 3).

Критерий, приведенный в графе 3 табл. 1, выражает соотношение между суммарной погрешностью измерения расходов воды S_Q и общим рассеянием связи $\rho(H)$:

$$S_{Q_{m, \rho, \eta}} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left(\frac{Q_{\rho, i} - Q_{\rho, i}}{Q_{\rho, i}} \right)^2}, \quad (1)$$

где n - общее число измерений расхода воды за период наблюдений;

$Q_{\rho, i}, Q_{\rho, i}$ - измеренные и вычисленные по зависимости $\rho(H)$ расходы при фиксированном уровне воды H_i , м³/с.

Индекс при S_Q означают: m - многолетие, ρ - год, η - фаза (сезон), p - период.

Значения S_Q , устанавливаемые в результате аттестации, на подготовительном этапе принимаются в соответствии с М 1759 или по таблице, приведенной в Методических рекомендациях по оценке точности и гидрологическому контролю данных государственного учёта вод.

Предложенная классификация распространяется на все типы ГП на равнинных, горных и предгорных реках, за исключением участков, где наблюдаются экстремальные условия (перемёрзание, русла с завалами из валунов и обломков скал, сильно заросшие русла и др.). В этих случаях ГП подлежит переносу в более благоприятные условия.

При выборе программы работ по метрологической аттестации должны учитываться также особенности технического оснащения гидрологических постов. Соответствующие признаки гидрологических постов приведены в табл. 2.

Группировка постов по факторам пропускной способности русла и техническому оснащению позволяет объединить их в характерные группы с соответствующим составным индексом. Например, индекс I.VIII; A.1; A.6; B.2; B.2 означает, что ГП расположен на реке с устойчивым руслом, замерзающей в зимний период. Расходы воды измеряются в летний период с катера, местоположение которого определяется инструментальными засечками. Промеры выполняются лотом, вертушка опускается с помощью лебедки, при свободном подвесе на канате с грузом.

3.1.2. В первую очередь метрологической аттестации подлежат:

реперные посты;

посты, находящиеся в зоне водохозяйственных комплексов и являющиеся опорными при составлении водохозяйственных и русловых балансов;

посты с типичными для гидрологической сети конкретно-го УГМ условиями измерений.

В процессе метрологических исследований должна быть обеспечена правильная и бесперебойная эксплуатация средств измерений и оборудования гидроствора.

3.2. Характеристика основных фаз гидрологического режима и назначение сроков проведения исследований

3.2.1. На подготовительном этапе аттестации МВИ устанавливаются характерные фазы гидрологического режима, в течение которых проявляется определённый комплекс факторов,

Таблица I
Основные факторы пропускной способности речных русел

Ин-декс	Факторы пропускной способности русла	Критериальные соотношения $\bar{\sigma}_q$ и $\bar{\sigma}_q$	Методы учёта стока
I	Устойчивость русла	$\bar{\sigma}_q \leq \bar{\sigma}_q$	Многолетняя однозначная зависимость $Q(H)$ при свободном русле
II	Многолетние переформирования русла	$\bar{\sigma}_q \leq \bar{\sigma}_q < \bar{\sigma}_q$	Однозначная зависимость $Q(H)$ при свободном русле за отдельные годы или ряд лет
III	Фазовые (сезонные) деформации русла	$\bar{\sigma}_q = \bar{\sigma}_q < \bar{\sigma}_q$	Две и более однозначных зависимостей $Q(H)$ или петлеобразная связь $Q(H)$ в течение года
IV	Многократные периодические переформирования русла	$\bar{\sigma}_q \leq \bar{\sigma}_q < \bar{\sigma}_q$	Временные зависимости $Q(H)$
V	Неустойчивость или блуждание русла	связь $Q(H)$ отсутствует	Осредненная зависимость $Q(H)$ с интерполяцией поправок к расходам или уровням воды
VI	Переменный подпор и неустановившийся режим	$\bar{\sigma}_q \leq \bar{\sigma}_q < \bar{\sigma}_q$	Интерполяция между измеренными расходами воды
VII	Зарастание русла	$\bar{\sigma}_q < \bar{\sigma}_q$	Петлеобразная связь $Q(H)$
			Зависимость $Q(H)$ с применением коэффициентов $K_{зар}$ или зависимости, учитывающие развитие водной растительности

Ин-декс	Факторы пропускной способности русла	Критериальные соотношения $\bar{\sigma}_q$ и $\bar{\sigma}_q$	Методы учёта стока
VIII	Ледостав, ледовые явления	$\bar{\sigma}_q < \bar{\sigma}_q$	Зависимость $Q(H)$ с применением коэффициентов $K_{зим}$ или зависимости, учитывающие развитие ледяных образований

Таблица 2

Основные виды технического оснащения
гидрологических постов

Индекс	Условия измерений и средства технического оснащения
	ВИД ПЕРЕПРАВ И ПЛАВСРЕДСТВА
A.1	Катера и моторные лодки при установке их на якоре (на реках большой ширины или с интенсивным судоходством)
A.2	Канатные переправы
A.3	Гидрометрические лодки
A.4	Гидрометрические мостики
A.5	Дистанционные гидрометрические установки ГР-64 и ГР-70
A.6	Ледяной покров
	СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ГЛУБИН
B.1	Наметка, штанга
B.2	Лот - гидрометрический груз и лебедка со счетчиком глубины
B.3	Эхолот
	СРЕДСТВО ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТИ ТЕЧЕНИЯ, СПОСОБ КРЕПЛЕНИЯ
B.1	Вертушка без стабилизатора, жестко закрепленная на штанге зажимным винтом
B.2	Вертушка, свободно подвешенная на канате с грузом
B.3	Вертушка со стабилизатором, опускаемая на штанге, не закрепленная зажимным винтом

влияющих на показатели точности результатов измерений. В качестве основных признаков выделения фаз принимаются водность, характер питания и состояние реки.

Как правило, выделяются:

весенне-летний период половодья и паводков - при наивысшем наполнении поймы;

период средней водности, когда уровень воды соответствует затоплению мезоформ - побочной и осередков, но остается ниже пойменных бровок русла;

летняя межень, при которой обнажаются наивысшие точки побочной и осередков;

осенне-зимняя межень при наличии ледяных образований.

Диапазон уровня воды, соответствующих характерным фазам, должен устанавливаться для каждого конкретного поста.

Совокупность характеристик точности измерений уровней и расходов воды, установленных для характерных фаз, в большинстве случаев сохраняет статистическую однородность, что определяется относительной стабильностью гидравлично-морфологических факторов.

Метрологические исследования следует выполнять также при экстремальных условиях измерений (перемещение рек, наледи и др.), если при этом имеет место снижение точности измерения уровней и расходов воды.

3.2.2. Продолжительность метрологической аттестации МВИ на ГП составляет, как правило, от 7 до 13 месяцев, с тем чтобы в процессе исследований были охвачены основные фазы гидрологического режима. В отдельных случаях, если какая-либо фаза оказалась не выраженной по водности или интенсивности проявления факторов, влияющих на пропускную способность русла (например, низкая водность в период половодья, неустойчивый ледостав в особенно теплые зимы и т.д.), аттестация может занимать более длительный срок.

Каждая серия метрологических исследований в среднем занимает 15-20 дней.

3.3. Программа работ по аттестации МВИ

3.3.1. Программа работ по метрологической аттестации МВИ на гидрологических постах каждого управления по гидрометеорологии должна:

фиксировать все выбранные для аттестации ГП с указанием для каждого из них характерных классификационных признаков и характерных фаз гидрологического режима;

для каждого ГП по каждой фазе устанавливать необходимый состав метрологических исследований и для каждого вида проводимых метрологических исследований указывать необходимый порядок и методику их выполнения.

3.3.2. Необходимый состав метрологических исследований на ГП устанавливается по табл. 3 в соответствии с классификационными признаками каждого поста, при этом состав метрологических работ указывается в обозначениях последних по табл. 3.

Допускается оценку случайной погрешности измерения расхода воды выполнять не на всех, а на характерных ГП для их групп с одинаковыми признаками условий измерений. При этом должна соблюдаться общность постов, объединенных в одну группу по водности, гидрологическому режиму и гидравлично-морфологическим характеристикам. Коэффициент вариации указанных характеристик (средние расходы воды за год и фазы, средняя глубина и скорость потока, уклон водной поверхности) для ГП одной группы не должен превышать 30-40%.

Особую категорию представляют гидрологические посты на горных реках с валунным руслом и бурным течением. При аттестации МВИ на таких водотоках дополнительно выполняются следующие работы:

нивелировка продольного уклона водной поверхности на характерных участках, 3-4 раза за каждую фазу, с целью установления репрезентативности измеряемого уклона;

нивелировка поперечного профиля водной поверхности, что позволяет оценить дополнительную погрешность площади водного сечения.

3.3.3. Необходимые порядок и методика выполнения каждого предусматриваемого вида метрологических исследований устанавливаются по табл. 3, где указаны соответствующие подразделы данного документа.

Предусматриваемые исследования по метрологической аттестации МВИ (табл. 3) ориентированы как на метод многократных измерений (п.п. 2.3, 2.4), так и на метод частных погреш-

Таблица 3

СОСТАВ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ АТТЕСТАЦИИ МММ УРОВНЕЙ И РАСХОДОВ ВОДЫ НА ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ПОСТАХ

Вид исследований	Цель исследований	Периодичность и объем работ	Тип и признаки ГП
1. Исследования показателей точности измерения уровня воды	Оценка показателей точности измерения уровня воды	На всех характерных фазах гидрологического режима	Для всех ГП
1.1. Контроль состояния и правильности эксплуатации средств измерения и постоянного оборудования	Обеспечение достоверности результатов метео-логических исследований	На каждой фазе гидрологического режима	То же
1.2. Проверка высотного и планового обоснования измерительных устройств	Т-г же	То же	То же
1.3. Исследование пульсации уровня воды	Оценка точности результатов срочных наблюдений за уровнем воды	1-2 раза на каждой фазе - непрерывные наблюдения за уровнем воды в течение 10-20 мин	То же
1.4. Изучение суточного хода уровня воды (при отсутствии СУВ)	Оценка погрешности вычисления среднего суточного уровня и расхода воды	Серия многосрочных наблюдений (7-8 суток) за фазу	1-IV, VI, VII, VIII, A.1- -A.5, B.1-B.3, B.1-B.3
2. Исследования показателей точности измерения расходов воды	Оценка показателей точности измерения расходов воды	На каждой фазе	Для всех ГП
2.1. Контроль состояния и правильности эксплуатации средств измерения и оборудования гидро-створа	Обеспечение достоверности результатов измерений	То же	То же
2.2. Проверка планового обоснования оборудования гидроствора и его направления	То же	То же	То же
2.3. Углубленные парные измерения расходов воды в рабочем и дополнительном гидростворах при изменяющейся водности и различных условиях измерений	Оценка случайных и систематических погрешностей измерения расходов воды	Не менее 8-10 измерений расхода воды основным способом за каждую фазу	1-VIII, A.2-A.5, B.1-B.3, B.1-B.2
2.4. Серия последовательных измерений расходов воды в рабочем гидростворе	Оценка случайных погрешностей измерения расхода воды	Не менее 8-10 измерений расхода воды основным способом за каждую фазу	1-VIII, A.2-A.5, B.1-B.3, B.1-B.2
2.5. Определение уклонов водной поверхности	1. Оценка гидрометрико-морфологических характеристик потока 2. Оценка точности измерения уклона водной поверхности и установления необходимого базиса (репрезентативного участка)	1. При каждом измерении расхода воды 2. На горных реках 1-2 измерения за фазу на характерных участках	1-VIII, A.2-A.5, B.1-B.3, B.1-B.2 1-VIII, A.2-A.5, B.1-B.3, B.1-B.2

Продолжение табл. 3

Вид исследований	Цель исследований	Периодичность и объем работ	Тип и признаки ГП
2.6. Детальные промеры русла в гидрострое	Оценка погрешности дискретизации площади	I промер за фазу Измерения выполняются в 40-50 точках или эхолотированием	I-УШ, А.1-А.5, Б.1, Б.2, В.1-В.2
2.7. Детальные измерения толщины погруженного льда и шуги	Оценка погрешности измерения площади водного сечения	I-2 раза при устойчивом ледоставе	УШ, А.6, Б.1, Б.2, В.1-В.3
2.8. Проверка данных координирования промерных и скоростных вертикалей	Оценки погрешностей местоположения вертикалей и ширины реки	Единообразно	ГП I-У, У1, УП, А.1, Б.1-Б.3, В.1-В.2
2.9. Детальные измерения скорости по ширине реки	Оценка погрешности дискретизации скорости течения по ширине реки	I измерение за фазу на 20-30 вертикалях; 2-3 повторности за фазу	Для всех ГП
2.10. Измерение расходов воды детальным способом	Основания допустимости основного способа измерений	Не менее 10 измерений за фазу	
2.11. Многократные измерения рабочей глубины	Оценка погрешности единичного измерения глубины потока	На 3-4 характерных вертикалях, не менее 10 измерений	УШ, А.6, Б.1, Б.2, В.1-В.3;
2.12. Промеры русла по продольникам	Оценка погрешности измерения глубины за счет отклонения промерной вертикали от гидроствора	I раз за фазу, 3 характерных продольника (стрелового и два береговых)	I-У, У1-УП, А.1, А.2, А.5, Б.1-Б.3, В.2, В.3; I-У, У1-УП, А.3, А.4, А.6, Б.1, В.1
2.13. Непрерывная серия промеров русла эхолотом	Оценка деформационной погрешности площади водного сечения	На каждой фазе по 8-10 последовательных промеров за период, скомпенсированный со временем измерения расхода воды	У, У; А.1-А.5; Б.3; В.1-В.3
2.14. Исследование пульсации скорости течения	Оценка погрешности и необходимой продолжительности измерения скорости в точке	На 3 характерных вертикалях в точках 0,2 и 0,8 (допускается в одной точке 0,6 - на судоходных реках, при выраженном неустановившемся режиме и в других сложных случаях)	Для всех ГП
2.15. Детальные измерения скорости течения на вертикалях	Оценка погрешности измерения скорости течения на вертикалях	В 10-11 точках на 3-5 характерных вертикалях;	I-У, У1-УШ, А.1-А.5, Б.1-Б.3, В.1-В.2
	Установление характерных эпор скорости	2-3 повторности за фазу	
	Основание применимости основного способа		
2.16. Исследования откоса каната с грузом от вертикали	Оценка систематической погрешности измерения глубины и скорости течения	I-2 измерения за фазу	У-УШ, А.1-А.5, Б.1, В.1-В.2
2.17. Исследования направления течения и его пульсации	Оценка систематической погрешности измерения скорости течения в точке	I-2 измерения за фазу на характерных вертикалях	Для всех ГП

Продолжение табл. 3

Вид исследований	Цель исследований	Периодичность и объем работ	Тип и признаки ГП
18. Нивелировка поперечного профиля водной поверхности	Оценка дополнительной погрешности уровня воды и площади водного сечения	1-2 нивелирования за фазу	Для ГП на горных реках с вадунным руслом и бурным течением
Обработка экспериментальных данных и оформление документов по метрологической аттестации	Аттестат МВИ уровня и расходов воды на ГП	Документы в соответствии с разд. 7	Для всех ГП

ПРИМЕЧАНИЕ. Работы по п. 2.10 могут не выполняться, если на ГП имеются данные детальных измерений (не менее 10 замеров за каждую фазу) за предшествующий период

ностей (пп. 2.6-2.9; 2.11-2.15). Остальные (разд. 3 и пп. 1.1, 2.1, 2.2, 2.5, 2.10, 2.16, 2.17) выполняются независимо от принятого метода исследования погрешностей измерений. Они предусматривают оценку систематических погрешностей, подлежащих исключению из результатов измерений, и установление гидравлично-морфологических характеристик участков гидростворов, а также контроль состояния и соблюдения правил эксплуатации средств измерений и вспомогательного оборудования гидростворов.

Общие сведения о ГП, гидравлично-морфологические характеристики и фактические значения погрешностей измерения уровня, расхода воды и его элементов, приводятся в формуляре - "Карта метрологического обоснования МВИ на ГП".

Ниже излагается состав и порядок выполнения метрологических исследований и вычислительных операций, а также расчетные алгоритмы.

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ПОЛЕВЫХ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЕЙ И РАСХОДОВ ВОДЫ

4.1. Показатели точности измерений и методы их оценки

4.1.1. В качестве показателей точности измерений используются:

- для оценки случайной составляющей погрешности измерения - среднее квадратическое отклонение (СКО);
- для оценки систематической составляющей - среднее квадратическое отклонение неисключенной систематической погрешности (неисключенных остатков систематической погрешности).

Закон распределения вероятностей случайной и неисключенной систематической погрешностей при метрологической аттестации не исследуется. Принимается стандартная аппроксимация функции распределения нормальным законом:

для всех частных, суммарных погрешностей;

для отклонений расходов воды, измеренных основным способом, от их значений при использовании детального способа.

В качестве характеристик погрешностей измерения элементов расхода воды применяются точечные характеристики (частичные погрешности) - СКО.

Для окончательного результата измерения расхода воды используется интервальная оценка - границы (доверительный интервал), в пределах которых погрешность находится с заданной вероятностью.

4.1.2. Показатели точности результатов измерений уровней и расходов воды могут устанавливаться различными методами, к числу которых относятся:

- 1) метод многократных измерений уровня, расхода воды и его элементов;
- 2) метод сравнения результатов измерений с условным эталоном, в качестве которого принимаются результаты измерений заведомо более высокого класса точности;
- 3) метод суммирования частных погрешностей результатов косвенных измерений.

Показатели точности измерений устанавливаются одним из описанных методов или их сочетанием, исходя из генезиса по-

грешностей и реальных возможностей применения того или иного способа. В частности, метод многократных измерений трудно реализовать при резких изменениях воцности, при значительной трудоемкости (длительности) измерений на больших реках. При использовании этого метода не всегда решается задача оптимизации измерительного комплекса. Так, если многократными измерениями выявлено, что фактическая погрешность измерения расходов превышает допускаемую, возникает дополнительная задача - установление источников частных составляющих, вносящих наиболее существенный вклад в суммарную погрешность.

В сочетании с указанным методом используется также сравнение результатов измерений с условным эталоном для оценки погрешностей дискретизации.

Метод исследования частных погрешностей наиболее эффективен на больших равнинных, а также на малых горных реках.

4.2. Исследование погрешностей результатов наблюдений за уровнем воды

Суммарная средняя квадратическая погрешность измерения уровня воды S_H складывается из следующих частных составляющих:

S_{H1} - случайной инструментальной погрешности отсчета по стационарной или переносной рейке, равной 0,3 цены деления рейки;

S_{H2} - случайной погрешности, обусловленной пульсацией уровня воды;

Δ_H - неисключенной систематической погрешности за счет набега волны на рейку и несоответствия приводок реек и свай их действительным H значениям.

Систематические погрешности должны оцениваться и исключаться из результатов измерений. Набег на рейку определяется непосредственным измерением - нивелировкой уровня воды по свае, забитой вблизи уреза воды ниже водной поверхности с последующим измерением уровня воды по этой свае рейкой с устройством. Систематические погрешности приводок уровнемерных устройств оцениваются по результатам контроля нивелировок.

4.2.1. Суммарная погрешность измерения уровня воды оценивается по результатам двух серий многократных наблюдений,

выполняемых на каждой фазе. Наблюдения производятся через равные интервалы времени ($\tau = 5-10$ с), в течение 10-20 мин, при условии постоянства расходов воды. Всего должно быть выполнено не менее 50 парных наблюдений (ложбина-гребень), т.е. общее число членов ряда $n = 100$ для каждой серии. При этом одна из серий должна выполняться наблюдателем III. За действительное значение уровня воды принимается математическое ожидание

$$\bar{H} = \sum_{i=1}^n \frac{H_i}{n} \quad (2)$$

Суммарная погрешность измерения уровня воды оценивается средним квадратическим отклонением из ряда многократных измерений

$$S_H = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(H_i - \bar{H})^2}{n-1}} = \sqrt{S_H^2 + S_{III}^2} \quad (3)$$

Если окажется, что

$$S_H \leq 2 S_{III}, \quad (4)$$

пульсация не значима, а случайная погрешность единичного наблюдения H_i определяется только инструментальной составляющей.

При невыполнении условия (4), когда $S_H \geq 2 S_{III}$, вычисляются дополнительные статистические характеристики ряда H_i и устанавливается необходимое время наблюдений за уровнем воды:

$$T_H = \frac{S_H^2}{S_{III}^2} - 2 \tau_K, \quad (5)$$

где S_{III} - допускаемая погрешность измерения уровня воды, для большинства постов принимается равной 1 см;

τ_K - среднее время корреляции, устанавливаемое по автокорреляционной функции (АКФ) $\chi(\tau)$ для пульсационных отклонений уровня от его среднего положения, с;

τ - параметр сдвига, равный среднему дискрету времени между измерениями, с.

$$\tau = \frac{T}{n}, \quad (6)$$

где T - время выполнения серии n многократных наблюдений, с. Результат измерения уровня за каждый срок в этом случае вычисляется как среднее арифметическое из всех n отсчетов уровня, выполненных за равные промежутки времени τ за период T .

Правила построения АКФ и определения χ приведены в приложении 2.

Необходимое время наблюдений и соответствующее ему необходимое число парных наблюдений n_H может быть определено приближенным способом, путем последовательного осреднения наблюдений в каждый j -тый момент времени осредненных уровней воды, равных полусумме отсчетов ложбины и гребня волн:

$$\bar{H}_j = 0.5 (H_{Hj} + H_{Gpj}) \quad (7)$$

При осреднении вычисляется ряд средних значений уровня воды. Если окажется, что при осреднении уровня воды за n_H парных наблюдений его значение становится равным среднему из всей серии наблюдений (n_H пар) и при дальнейшем последовательном осреднении не меняется, можно считать, что допускаемое число наблюдений при срочном измерении уровня воды равно n_H пар, а необходимое время измерений $T_H = n_H \tau$.

С целью исключения дополнительных погрешностей, допускаемых наблюдателем III, все характеристики точности устанавливаются для каждой серии отдельно. Если окажется, что значения H и S_H по данным наблюдателя III существенно превышают соответствующие характеристики, вычисленные для второй серии, т.е.

$$\begin{aligned} \Delta \bar{H} &= \bar{H}_{I, ср} - \bar{H}_{II, ср} > 2 S_{III}; \\ \Delta S &= S_{I, ср} - S_{II, ср} > 2 S_{III} \end{aligned} \quad (8)$$

следует провести инструктаж наблюдателя и выполнить контрольную серию измерений, повторив проверку схожести её результатов.

4.2.2. Наряду с погрешностью измерения уровня воды исчисляется точность определения его среднего суточного значения и устанавливается необходимое число сроков наблюдений.

Для этой цели за ряд N многократных наблюдений (не менее 7-8 суток за фазу) проводится сопоставление средних суточных уровней воды H_n , вычисленных по ограниченному числу сроков наблюдений ($n = 1, 2, 4, \dots$), принятых на ГП, с действительным значением, вычисленным в результате многократных наблюдений - H_{nc} . Среднеквадратическое отклонение указанных величин

$$\sigma_{H_n} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (H_{ni} - \bar{H}_{nc})^2} \quad (9)$$

характеризует случайную погрешность среднего суточного уровня воды при n сроках наблюдений.

Математическое ожидание

$$\Delta \bar{H} = \Delta \bar{H}_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\bar{H}_{ni} - \bar{H}_{nc}) \quad (10)$$

характеризует систематическую погрешность среднего суточного уровня воды при n сроках наблюдений.

Если окажется, что

$$\sigma_{H_n} \leq 2 \sigma_n \approx 2 \text{ см}, \quad (11)$$

$\Delta \bar{H}_n \leq 0,25 \text{ см}$
принятое на данном ГП число сроков наблюдений n признается достаточным.

При несоблюдении условий (11), (12), или одного из них, на ГП необходимо устанавливать СВВ для непрерывной регистрации уровня.

4.3. Исследование показателей точности измерения расхода воды и его элементов методом многократных измерений

При оценке точностных характеристик методом многократных измерений устанавливаются следующие составляющие суммарной относительной погрешности $\bar{S}_q$:

$\bar{S}_q$ - основная случайная погрешность, выражаемая СКО из ряда многократных измерений расхода воды;

$\bar{S}_{q_{nc}}$ - суммарная (случайная и неисключенная систематическая) погрешность дискретизации;

$\bar{S}_{q_n}$ - суммарная (случайная и неисключенная систематическая) погрешность, соответствующая принятому способу измерения расхода воды.

4.3.1. При неизменных условиях измерений и постоянстве измеряемой величины - расхода воды (или его элементов - площади водного сечения и средней скорости потока) в качестве действительного значения принимается среднее из ряда $n \geq 8-10$ многократных измерений Q_i :

$$\bar{Q} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_i \quad (13)$$

Оценкой случайной погрешности измерения служит среднее квадратическое отклонение (СКО) единичного измерения:

$$\sigma_q = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2} \quad (14)$$

4.3.2. В условиях, когда действительные значения расхода воды не остаются постоянными за время выполнения серии многократных измерений, вариация результата каждого измерения включает не только систематические и случайные погрешности, но и динамическое приращение измеряемой величины. В этом случае выполняется серия парных измерений в предположении о неизменной воности для каждой из N пар. Ясно, что интервал времени, в течение которого выполняется отдельно взятая пара измерений, должен быть достаточно мал, чтобы динамическим приращением измеряемой величины можно было бы пренебречь. Вся серия может выполняться в течение любого периода τ пределах одной характерной фазы.

Для каждого K -того интервала времени выполняются единичные измерения Q_{K1} и Q_{K2} , которые можно представить в виде относительных значений $Q_{K1}/\bar{Q}_K$ и $Q_{K2}/\bar{Q}_K$, где

$$\bar{Q}_K = 0,5(Q_{K1} + Q_{K2}) \quad (15)$$

Относительная разность двух смежных единичных измерений

$$\bar{q}_K = \frac{Q_{K1} - Q_{K2}}{\bar{Q}_K} \quad (16)$$

характеризует их суммарную погрешность, включающую случайную и неисключенную систематическую составляющие.

Оценкой случайной относительной погрешности единичного измерения расхода воды служит среднее квадратическое отклонение

$$\bar{\sigma}_Q = 0.7 \sqrt{\sum_{i=1}^N \frac{\bar{\sigma}_i^2}{N-1}} \quad (17)$$

4.3.3. Систематические составляющие погрешности, подлежащие исключению из результатов измерений, устанавливаются непосредственно в соответствии с МИ-1317, или на основе многократных измерений в основном (рабочем) и дополнительном гидростворах. При этом предполагается, что природа систематических погрешностей при измерениях в рабочем гидростворе известна (косоструйность, наличие мертвого пространства и вихревых зон, пути и др.). В дополнительном гидростворе должны заведомо отсутствовать факторы, порождающие систематическую погрешность.

Измерения расходов воды в рабочем (Q_p) и дополнительном (Q_d) гидростворах проводятся одновременно одним и тем же способом с заменой исполнителей и средств измерений: каждая бригада должна измерить приблизительно одинаковое число расходов воды в каждом гидростворе.

Гидростворы следует располагать на достаточно близком расстоянии, в пределах беспричного участка.

Значение систематической погрешности измерения расходов воды в рабочем гидростворе оценивается как математическое ожидание относительных отклонений синхронных (парных) измерений в двух гидростворах:

$$\tilde{q}_N = \frac{Q_{pk} - Q_{dk}}{Q_p} \quad (18)$$

при постоянстве измеряемой величины

$$\delta_a = \frac{Q_p - \bar{Q}_N}{Q_p} \quad (19)$$

при изменяющейся величине

$$\delta_a = \tilde{q} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \frac{Q_{pk} - Q_{dk}}{Q_p} \quad (20)$$

Основная случайная погрешность измерения расхода воды оценивается СКО из ряда результатов парных измерений $\bar{\sigma}_Q$ и Q_{di} , где Q_{di} - расходы воды, измеренные в рабочем гидростворе и исправленные посредством исключения систематической погрешности,

$$Q_{di} = Q_{pi} (1 - \delta_a); \quad (21)$$

Q_{di} - расходы воды, измеренные в дополнительном створе. 4.3.4. В дополнение к погрешности $\bar{\sigma}_Q$ должны учитываться случайные и неисключенные систематические погрешности измерения расхода воды, обусловленные различной степенью дискретизации скоростного поля потока и площади водного сечения измерения скоростными вертикалями, т.е. зависящие от их числа (N_v , N_h) и параметра формы распределения средних скоростей на вертикалях по ширине потока:

$$\varphi_v = \tilde{v}_{наиб} / \tilde{v}_{ср} \quad (22)$$

или поперечного профиля русла

$$\varphi_h = h_{наиб} / h_{ср} \quad (23)$$

При относительно правильных геометрических формах русла и эпюры скоростей погрешности дискретизации имеют отрицательный знак, в общем же случае они оказываются аналогичными и наряду с систематическими ($\delta_{v_{диск}}$, $\delta_{h_{диск}}$) содержат случайные составляющие ($\bar{\sigma}_{v_{диск}}$, $\bar{\sigma}_{h_{диск}}$). Суммарная погрешность дискретизации для расхода воды в целом $\bar{\sigma}_{диск}$ носит случайный характер.

Значения погрешности $\bar{\sigma}_{диск}$ приведены в табл. 4 в зависимости от числа скоростных вертикалей. При этом учтено, что количество промерных вертикалей в 2-3 раза превышает число скоростных. В качестве обобщенного параметра формы русла и эпюры средних скоростей в таблице принимается:

$$\varphi = 0.5(\varphi_v + \varphi_h) \quad (24)$$

Таблица 4

Суммарная относительная погрешность дискретизации расхода воды $\bar{\epsilon}_{\text{диск}}$ %

φ	Число скоростных вертикалей N_V									
	2	5	6	7	8	9	10	15	20	
1,2	6,0	3,6	3,0	2,4	2,0	1,8	1,4	0,7	0,4	
1,5	11,0	5,2	4,3	3,6	3,0	2,4	1,9	1,0	0,5	
2,0	18,3	7,1	5,8	4,7	4,0	3,2	2,4	1,2	0,6	
2,5	30	13,5	10,0	7,8	5,6	4,6	3,6	2,0	1,0	

Если промеры глубин в русле выполняются эхолотом, значение $\bar{\epsilon}_{\text{диск}}$, обусловленное только дискретизацией эпюры средних скоростей на вертикалях, устанавливается по табл. 5.

Таблица 5

Относительная погрешность дискретизации эпюры средних скоростей на вертикалях $\bar{\epsilon}_{\text{диск}}$ %

φ	Число скоростных вертикалей N_V									
	2	5	6	7	8	9	10	15	20	
1,2	5,0	3,0	2,4	2,0	1,7	1,4	1,2	0,4	0,2	
1,5	9,6	4,8	4,0	3,3	2,7	2,1	1,6	0,8	0,4	
2,0	15,7	6,0	5,0	4,3	3,5	2,9	2,0	1,0	0,5	
2,5	25,0	12,5	9,6	7,5	5,2	4,3	3,6	2,2	1,6	

При сложных формах распределения скоростей и глубин ($\varphi > 2,5$) погрешности дискретизации должны устанавливаться методом сравнения с условным эталоном по данным специальных экспериментов, выполняемых в процессе аттестации. Для каждой фазы гидрологического режима устанавливаются действительное значение площади водного сечения (F_A) и средней скорости потока (U_A) на основе непрерывной регистрации глубин (эхолотирование) или такой степени дискретизации (20-25 скоростных и 40-50 промерных вертикалей), при которой обусловленные ею погрешности становятся близкими к нулю. Затем вычисляются значения площади F_A' и средней скорости U_A' при количестве

вертикалей (N_A и N_V), принятых в практике измерений на данном гидропосте (далее индексы A и V опускаем).

Для общности получаемых характеристик точности вычисляются M значений F_A и U_A при M смещениях нуля отсчета координаты ширины (например, располагая промерные вертикали от урезов воды на расстояниях: 10, 20, 30 м, затем 11, 21, 31, ... м и т.д., всего M раз). Эта процедура позволяет для заданного N (допустим, $N_A = 20$; $N_V = 10$) получить совокупность M относительных отклонений

$$\delta_{F_i} = \frac{F_i - F_A}{F_A}, \quad (25)$$

$$\delta_{U_i} = \frac{U_i - U_A}{U_A}, \quad (26)$$

и определить погрешности дискретизации:

$$\bar{\epsilon}_{\text{диск}} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \delta_{F_i}; \quad \bar{\epsilon}_{U_{\text{диск}}} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \delta_{U_i}, \quad (27)$$

$$\bar{\epsilon}_{F_{\text{диск}}} = \sqrt{\sum_{i=1}^M (\delta_{F_i}')^2 / (M-1)}, \quad (28)$$

$$\bar{\epsilon}_{U_{\text{диск}}} = \sqrt{\sum_{i=1}^M (\delta_{U_i}')^2 / (M-1)}, \quad (29)$$

где $\delta_{F_{\text{диск}}}', \delta_{U_{\text{диск}}}'$ - систематические составляющие погрешности дискретизации;

$\delta_{F_i}', \delta_{U_i}'$ - отклонения от эталонных значений результатов измерений, исправленные путем исключения систематических погрешностей;

$$\delta_{F_i}' = \delta_{F_i} - \delta_{F_{\text{диск}}}; \quad \delta_{U_i}' = \delta_{U_i} - \delta_{U_{\text{диск}}}; \quad (30)$$

$\bar{\epsilon}_{F_{\text{диск}}}, \bar{\epsilon}_{U_{\text{диск}}}$ - случайные погрешности дискретизации площади и эпюры скоростей на вертикалях. Суммарная относительная погрешность дискретизации для расхода воды оценивается по зависимости:

$$\tilde{\sigma}_{\text{рас}}^2 = (\sigma_{\text{рас}}^2 + \tilde{\sigma}_{\text{рас}}^2 + \sigma_{\text{рас}}^2 + \sigma_{\text{рас}}^2) \quad (31)$$

При этом должно выполняться условие

$$\sigma_{\text{рас}}^2 \leq 2,0\%; \quad \sigma_{\text{рас}}^2 \leq 2,0\% \quad (32)$$

Если критерий (32) не выполняется, число измерительных вертикалей должно быть увеличено с тем, чтобы снизить неключенные систематические погрешности до их допустимых значений.

4.3.5. Дополнительная погрешность, возникающая при измерении расходов воды основным способом (двухточечным) - $\sigma_{\text{рас}}$ или при измерении скоростей в одной точке, $\tilde{\sigma}_{\text{рас}}$ оценивается по экспериментальным данным.

Для этой цели на каждой фазе проводится серия (N не менее 10) измерений расходов воды детальным способом (Q_i) и вычисляются относительные отклонения

$$\tilde{q}_i = \frac{Q_i - \bar{Q}_i}{\bar{Q}_i} \quad (33)$$

Среднее отклонение

$$\sigma_{\text{рас}} = \bar{q} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \tilde{q}_i \quad (34)$$

характеризует систематическую погрешность, а среднее квадратическое отклонение

$$\tilde{\sigma}_{\text{рас}} = \sigma_{\tilde{q}} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (\tilde{q}_i - \bar{q})^2} \quad (35)$$

случайную составляющую дополнительной погрешности, возникающей при переходе к основному способу или одностороннему весовому способу, который принимается в качестве эталонного.

Критерии применимости метода служат допустимые значения суммарной погрешности и её систематической составляющей

$$\tilde{\sigma}_{\text{рас}} \leq 2,5\% \quad (36)$$

$$\sigma_{\text{рас}} \leq 1,0\% \quad (37)$$

Если хотя бы одно из условий (36), (37) не выполняется, применение сокращенных способов измерений не допускается.

ется, следует использовать детальный.

4.3.6. Суммарная относительная погрешность измерения расхода воды оценивается по следующим зависимостям:

при основном способе измерения расходов воды на ГП

$$\tilde{\sigma}_q = (\tilde{\sigma}_q^2 + \tilde{\sigma}_{\text{рас}}^2 + \tilde{\sigma}_{\text{рас}}^2)^{0,5} \quad (38)$$

где $\tilde{\sigma}_q^2$ - основная погрешность, согласно пп. 4.3.1, 4.3.2;

$\tilde{\sigma}_{\text{рас}}^2, \tilde{\sigma}_{\text{рас}}^2$ - дополнительные погрешности (пп. 4.3.3, 4.3.4); при детальном способе измерений

$$\tilde{\sigma}_q = (\tilde{\sigma}_q^2 + \tilde{\sigma}_{\text{рас}}^2)^{0,5} \quad (39)$$

Исходя из условия, что закон распределения $\tilde{\sigma}_q$ близок к нормальному (что подтверждается многочисленными данными натурных наблюдений), устанавливаем доверительные границы суммарной погрешности измерения расхода воды

$$\tilde{\sigma}_q = \pm \tilde{\sigma}_q \quad (40)$$

где $\pm$ - коэффициент Стьюдента, который для принятой доверительной вероятности $P = 95\%$ определяется по табл. 6 в зависимости от числа измерений N , использованных при вычислении $\tilde{\sigma}_q$.

Таблица 6

Значения коэффициента $\pm$ для случайной величины при $P = 0,95$ и при $N - 1$ степеней свободы

$N - 1$	3	4	5	6	7	8	9	10
$\pm$	3,18	2,18	2,57	2,45	2,37	2,31	2,26	2,23

4.4. Оценка показателей точности измерения расходов воды методом частных погрешностей

4.4.1. Метод частных погрешностей является расчетно-экспериментальным. Его достоинство заключается в возможности использования и анализа отдельно изучаемых погрешностей каждого элемента расхода воды σ_i и σ_i для оценки суммарной погрешности результата измерений.

$$\tilde{S}_0 = \left[\frac{A}{N_0} (\tilde{S}_k^2 + \tilde{S}_{H_0}^2) \right]^{0.5}, \quad (41)$$

где $\tilde{S}_k$ и $\tilde{S}_{H_0}$ - соответственно относительные погрешности измерения площадей отсеков между скоростными вертикалями и средних скоростей потока в этих отсеках;
 N_0 - число отсеков между скоростными вертикалями, включая прибрежные (от урезов до крайних вертикалей);
 β - метрологический параметр, зависящий от гидравлической структуры потока и характеризующий дискретизацию расходов воды Q посредством частичных расходов q_s :

$$\beta = \frac{N_0 \sum_{s=1}^N q_s^2}{Q^2} \quad (42)$$

При пропуске равных частичных расходов q_s в отсеках живого сечения устанавливается наименьшее значение $\beta = 1,0$, которое соответствует наименьшей погрешности S_2 (при прочих равных условиях). Отсюда вытекает правило обоснования разделения скоростных вертикалей таким образом, чтобы отсеки между ними пропускали равные доли расхода воды.

Множитель N_0 в формуле (41) выражает степень взаимной компенсации погрешностей измерения частичных расходов воды в отсеках при их суммировании для вычисления расхода воды в живом сечении.

Погрешности измерения элементов расхода воды S_f и S_v складываются из совокупности погрешностей средств измерений и методических составляющих, значения которых определяются гидравлично-метрологическими характеристиками потока в гидростворе и детальностью измерений.

Ниже рассматриваются частные погрешности измерения площади и скорости течения, порядок их экспериментальных исследований и расчета.

4.4.2. Точность определения площади водного сечения зависит от погрешности определения глубины $\tilde{S}_H$ и дискретизации поперечного профиля русла измерительными вертикалями.

Относительное среднее квадратическое отклонение случайной погрешности измерения глубины

$$\tilde{S}_H = \sqrt{\tilde{S}_u^2 + \tilde{S}_H^2 + \tilde{S}_{H_0}^2}, \quad (43)$$

где $\tilde{S}_u$ - инструментальная погрешность;

$\tilde{S}_H$ - морфометрическая погрешность;

$\tilde{S}_{H_0}$ - деформационная составляющая суммарной погрешности измерения глубины.

Инструментальная погрешность в период открытого русла принимается в виде следующих фиксированных значений:

$\tilde{S}_u = 2,0\%$ - при промерах наметкой и штангой;

$\tilde{S}_u = 3,0\%$ - при промерах лотом.

В условиях ледостава погрешность измерения рабочей глубины на вертикали складывается из двух погрешностей: измерения толщины погруженного льда $\tilde{S}_{u_1}$ и общей глубины $\tilde{S}_{u_0}$, следовательно

$$\tilde{S}_u = (\tilde{S}_{u_0}^2 + \tilde{S}_{u_1}^2)^{0.5} \quad (44)$$

При промерах русла со льда морфометрическими и деформационными погрешностями можно пренебречь, полагая, что

$\tilde{S}_H = \tilde{S}_u$. В этом случае суммарная погрешность может быть определена до результатам многократных промеров на трех характерных вертикалях: в прибрежных отсеках и на стружне (не менее 10 измерений на вертикали).

Для каждого j -того отсека вычисляются значения относительной случайной погрешности:

$$\tilde{S}_{H_j} = \frac{1}{\tilde{h}_j} \left[\sum_{i=1}^N \frac{(h_{ji} - \tilde{h}_j)^2}{n-1} \right]^{0.5} \quad (45)$$

Применительно ко всему сечению вычисляется среднее значение $\tilde{S}_H$, взвешенное по частичным расходам воды в отсеках q_j :

$$\tilde{S}_H = \frac{\sum_{j=1}^N \tilde{S}_{H_j} q_j}{\sum_{j=1}^N q_j} \quad (46)$$

С целью исключения систематической погрешности многократные измерения должны выполняться разными (двумя-тремя) гидрометрами.

Морфометрическая погрешность $\tilde{S}_H$ обусловлена отклоне-

нием промерного судна (измерительной вертикали) от линии строения (от вертикали) при грядном строении дна, а на горных реках, кроме того, негоризонтальностью зеркала воды по ширине потока (в окрестности измерительной вертикали):

$$\bar{\sigma}_z = \frac{1}{n} \cdot 44 \sigma_z [1 - R(\xi_0)]^{0.25}, \quad (47)$$

где $\bar{\sigma}_z$ - среднее квадратическое отклонение отметок дна вдоль оси потока или в гидростворе и значение

$$\Delta \Phi R(\chi) \text{ при параметре сдвига } \chi = \xi_0.$$

Уклонение судна от гидроствора (в гидростворе) ξ_0 определяется геодезическими засечками по двум угловым инструментам или в соответствии с правилами, изложенными в МИ 1759.

Для оценки значений указанных характеристик проводятся специальные промеры русла вдоль оси потока по трем продольным кам в средней и прибрежных зонах. Длина продольных камов в створе и прибрежных зонах. Длина продольных камов равна удвоенной ширине потока. Промеры выполняются с максимальной возможной частотой при движении судна с постоянной, малой скоростью. Расстояние между промерными точками (дискрет измерений $\Delta \chi$) не должно превышать 0,5-1,0 шага продольного размера морфологических форм. Если последние предварительно не изучались, можно принять

$$\Delta \chi \leq h_{cr}. \quad (48)$$

Общее количество промерных точек (n) должно быть не менее 50. За дискрет измерения принимается его среднее значение

$$\Delta \chi = \frac{L}{n}, \quad m \quad (49)$$

Среднее квадратическое отклонение отметок дна

$$\sigma_z = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (h_i - \bar{h})^2 \right]^{0.5} \quad (50)$$

где h_i - глубина, измеренная в точке χ_i , м;

$\bar{h}$ - средняя глубина русла по продольникам, м.

Порядок построения автокорреляционной функции изложен в приложении 2.

На горных реках с валунами руслами, большими глубинами и скоростями течения, где в качестве переправ обычно используются гидрометрические мостики, лодки или установки ГР-70, отклонение измерительных вертикалей от принятой ко-

ординаты, как правило, незначительно и необходимо определить статистических характеристик морфологии русла отпадает.

Однако, если уклонение ξ_0 имеет место, при оценке морфометрической погрешности по зависимости (47) использовать детали промеры русла в поперечном сечении. При этом береговые зоны исключаются.

При измерении расходов воды с катеров и паромов на средних и малых реках может иметь место смещение судна в гидростворе. В этом случае необходимо оценивать морфометрическую погрешность координирования измерительных вертикалей в гидростворе (по ширине реки). Значение этой погрешности оценивается так же, как и для случая уклонения от гидроствора, с той разницей, что среднее квадратическое отклонение отметок дна $\bar{\sigma}_z$ и радиус их корреляции $R(\chi)$ устанавливаются на основе детальных промеров русла в гидростворе. При этом используются данные измерения только в основной зоне потока, где осязательная линия глубин близка к горизонтальной; береговые отсеки исключаются.

В формуле (43) используется тот вид морфометрической погрешности, который имеет место на аттестуемом ГП. При наличии двух видов морфометрической погрешности: за счет уклонения судна от гидроствора ($\bar{\sigma}_{N_1}$) и смещения его по ширине потока ($\bar{\sigma}_{N_2}$) в формуле (43) используется результирующее значение указанных погрешностей

$$\bar{\sigma}_N = (\bar{\sigma}_{N_1}^2 + \bar{\sigma}_{N_2}^2)^{0.5} \quad (51)$$

При невозможности выполнить промеры допускается оценивать суммарную погрешность по формуле, аналогичной (45) на основе многократных измерений глубины на характерных вертикалях с последующей обработкой по зависимости (46).

Деформационная погрешность $\bar{\sigma}_{def}$, обусловленная разливом или намывом дна за время измерения расхода воды, имеет место на реках с неустойчивыми руслами (например, на р. Амур). $\bar{\sigma}_{def} \approx 3,0\%$. Для непосредственной оценки этой составляющей должны проводиться многократные промеры эхолотом по створу или одновременно на нескольких (не менее трех) вертикалях. Серия промеров (не менее 8-10) должна выполняться за период, соизмеримый со временем измерения расхода воды.

$$\bar{\epsilon}_{доп} < 0.3 \sqrt{\bar{\epsilon}_h^2 + \bar{\epsilon}_u^2} \quad (57)$$

В противном случае промеры русла должны производиться чаще, с интервалом, при котором условие (57) выполняется.

Суммарная относительная погрешность измерения площади водного сечения в отсеках, ограниченных скоростными вертикалями, оценивается по выражению:

$$\bar{\epsilon}_{fs} = \left[\frac{(V_p - 1)^2 \cdot V_p^2}{2^2 (N_h - 1) \cdot (N_h + 1)^2} \left(\frac{h}{h_s} \right)^2 + 0.5 \bar{\epsilon}_h^2 \right]^{0.5} \quad (58)$$

где h - средняя глубина потока в гидротворе, м;

h_s - средняя глубина в S -том отсеке, м.

Остальные обозначения приведены в п. 4.3.4.

Погрешность $\bar{\epsilon}_{fs}$ определяется для трех ($S = 1, 2, 3$) характерных отсеков (прибрежных и стрежневого) и осредняется взвешиванием полученных характеристик по расходам воды в соответствующих отсеках согласно формуле, аналогичной (4б).

Значения $\bar{\epsilon}_h$ в формуле (58) приводятся в относительных единицах, а $\bar{\epsilon}_{fs}$ следует выражать в процентах.

4.4.3. Точность определения скорости течения зависит от погрешности измерения средних скоростей на вертикалях $\bar{\epsilon}_v$ и дискретизации скоростного поля потока измерительными вертикалями. Общую погрешность $\bar{\epsilon}_v$ образуют её частные составляющие: погрешность измерения скорости течения в точке $\bar{\epsilon}_v$ и погрешность дискретизации скоростного профиля на вертикали измерительными точками $\bar{\epsilon}_d$.

Суммарная погрешность измерения скорости течения в точке складывается из двух составляющих

$$\bar{\epsilon}_v = \sqrt{\bar{\epsilon}_d^2 + \bar{\epsilon}_v^2} \quad (59)$$

где $\bar{\epsilon}_d$ - СКО случайной погрешности, обусловленной точностью и устойчивостью характеристик градуирования (градуировочной кривой);

$\bar{\epsilon}_v$ - СКО пульсационной случайной погрешности, связанной с ограниченным временем осреднения скорости. Значение $\bar{\epsilon}_v$ определяется по зависимости

С.30 РД 52.08

СКО из ряда средних глубин в сечении $h_{ср}$ при эхолотировании или средних глубин на вертикали будет характеризовать суммарную погрешность $\bar{\epsilon}_d$ в соответствии с формулой (43). При постоянстве местоположения промерных вертикалей морфометрическая погрешность исключается, следовательно имеет место равенство:

$$\bar{\epsilon}_h = \sqrt{\bar{\epsilon}_u^2 + \bar{\epsilon}_{доп}^2} \quad (52)$$

$$\bar{\epsilon}_{доп} = \sqrt{\bar{\epsilon}_h^2 - \bar{\epsilon}_u^2} \quad (53)$$

Деформационные погрешности на реках с периодическими деформациями русла могут возникать в случае, если при измерении расхода воды используются профили русла по предшествующим измерениям с учётом срежки уровня воды. Как правило, промер, распространяется на 3-5 последующих измерений расхода воды, т.е. на 20-30 суток.

Наличие такого рода погрешностей устанавливается в результате сопоставления глубин на N промерных (включая скоростные) вертикалях: измеренных непосредственно ($h_{u,i}$) и вычисленных по предшествующему промеру ($h_{d,i}$) на i -той вертикали для j -того расхода воды. Всего используется $n = 2-3$ измерения расхода. СКО из ряда относительных отклонений

$$\bar{\Delta}_{h,i,j} = \frac{h_{d,i,j} - h_{u,i,j}}{h_{u,i,j}} \quad (54)$$

характеризует суммарную погрешность измерения глубины на вертикали

$$\bar{\epsilon}_h = \sqrt{\frac{1}{Nn-1} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^n \bar{\Delta}_{h,i,j}^2} \quad (55)$$

Из формулы (43) имеем

$$\bar{\epsilon}_{доп} = \sqrt{\bar{\epsilon}_h^2 - \bar{\epsilon}_u^2 - \bar{\epsilon}_v^2} \quad (56)$$

Если деформационная составляющая погрешности отсутствует или незначима, выполняется соотношение

$$\tilde{\epsilon}_n = K_a \sqrt{\frac{2\tilde{\epsilon}_k}{T}} \quad (60)$$

где $\tilde{\epsilon}_k$ - радиус корреляции мгновенных скоростей u_i , определяемый в соответствии с правилами, изложенными в приложении 2, с;
 T - принятое на ГП время выдержки в точке (60 с, 100 с, ...), с;
 K_a - число Кармана:

$$K_a = \frac{\epsilon_u}{u} \quad (61)$$

ϵ_u - среднее квадратическое отклонение мгновенных измеренных скоростей u_i от осредненной за весь период n измерений скорости течения:

$$\epsilon_u = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (u_i - \bar{u})^2} \quad (62)$$

Характеристики, входящие в зависимости (60) и (62) определяются по экспериментальным данным, в результате непрерывной регистрации скорости течения в двух точках (0,2 м и 0,8 м) на трех характерных вертикалях за период от 10 до 30 мин - в зависимости от скорости течения. При работе вертушками ГР-99 и ИСТ каждые 5 с фиксируется общее число оборотов; при работе вертушкой ГР-21М фиксируется время прохождения каждого сигнала (20 оборотов). При больших скоростях, когда средний интервал времени между двумя сигналами $\Delta t = 3-4$ с, допускается производить отсчет времени между двумя сигналами.

Число оборотов фиксируется с точностью до 1 оборота; отсчет времени производится с точностью до 0,5 с.

При достаточно больших скоростях, для вычисления которых используется линейная часть градуировочной зависимости, в формуле (61) вместо значений u и $\tilde{u}$ допускается использовать i -тые значения числа оборотов в секунду.

Характеристики пульсации для потока в целом устанавливаются путем их осреднения на вертикалях (средние арифметические) и для трех характерных вертикалей, средние взвешенные, по аналогии с формулой (46).

Суммарная погрешность определения средней скорости на вертикали определяется по формуле

$$\tilde{\epsilon}_v = \sqrt{\tilde{\epsilon}_v^2 + \tilde{\epsilon}_u^2} \quad (63)$$

где $\tilde{\epsilon}_u$ - относительная суммарная (случайная и неслучайная систематическая) погрешность дискретизации, обусловленная погрешностями осредненного значения скорости между точками измерений.

Эта характеристика оценивается СКО средних скоростей на вертикалях $\tilde{u}_n$, вычисленных по ограниченному числу точек ($n = 1, 2, 3, 5$ или 6) по стандартным формулам ММ 1759 от их действительных значений $\tilde{u}_n$, рассчитанных по данным детальным измерений скорости на вертикали.

Значения n для каждой фазы принимаются в соответствии со способом измерений, принятом на ГП (одноточечный, основной или детальный).

При этом на каждой вертикали измерения выполняются не менее трех раз ($m \geq 3$).

Значения $\tilde{u}_{acc,ij}$ для всего ряда средних скоростей ($N = Km \approx 9-12...$) определяются графическим способом (планированием элор, построенных по детальным измерениям) или как среднее арифметическое из измеренных скоростей в точках.

Погрешность дискретизации вычисляется по ряду относительных отклонений средних скоростей $\tilde{u}_n$ и $\tilde{u}_k$

$$\tilde{\epsilon}_{u_k} = \sqrt{\frac{1}{mk-1} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^k \left(\frac{\tilde{u}_{n,ij} - \tilde{u}_{acc,ij}}{\tilde{u}_{acc,ij}} \right)^2} \quad (64)$$

Суммарная погрешность измерения средней скорости в отсчетах, ограниченных скоростными вертикалями, оценивается по выражению

$$\tilde{\epsilon}_{u_s} = \left[\frac{(v_s - 1)^2 v_s^2}{2^2 (v_s - 1)(N_v + 1)^2} \left(\frac{\tilde{u}}{\tilde{v}_s} \right)^2 + 0.5 \tilde{\epsilon}_{v_s}^2 \right]^{0.5} \quad (65)$$

где $\bar{U}$ - средняя скорость потока, м/с;

$\bar{U}_5$ - средняя скорость в 5-том отсеке, м/с.

При вычислениях $\bar{U}_5$ должны учитываться правила, изложенные в п. 4.4.2.

4.4.4. Суммарная относительная погрешность измерения расхода воды $\bar{S}_d$ определяется по зависимости (41).

Закон распределения погрешностей $\bar{S}_d$ принимается нормальным. С учетом этого доверительный интервал $\bar{S}_d$ при вероятности превышения $P = 95\%$ составляет

$$\bar{S}_d = 1,96 \bar{S}_d \quad (66)$$

Приведенные значения $\bar{S}_d$ и $\bar{S}_d$ характеризуют точность всех единичных измерений, выполняемых в течение определенной фазы, при условии выполнения технологии измерений, зафиксированной в аттестате.

5. ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ВЫРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ГИ

5.1. Конечная цель метрологической аттестации МБИ состоит в оптимизации измерительного комплекса ГП, включающего как методику, так и средства измерений. На основе исследований и оценок показателей точности измерения расходов воды и его элементов делается вывод об эффективности или неэффективности принятой на ГП технологии измерений. МБИ считается эффективной на данном ГП в случае, если она обеспечивает измерение гидрологических элементов с требуемой точностью при минимальных трудовых затратах.

5.2. Критериями удовлетворительности (аттестуемости) метрологического состояния ГП служат следующие условия:

1) доверительный интервал суммарной погрешности измерения расхода воды не превышает предельную погрешность, регламентированную МИ Г759:

$$\bar{S}_d \leq 12\% \text{ при ускоренном способе измерений;}$$

$$\bar{S}_d \leq 10\% \text{ при основном способе измерений;}$$

$$\bar{S}_d \leq 6\% \text{ при детальном способе измерений;}$$

2) неисключенные систематические погрешности дискретизации и основного способа измерений не превышают пределы, приведенные в пп. 4.3.3 и 4.3.4.

$$\delta_{\text{дис}}, \delta_{\text{ос}} \leq 2,0\%$$

$$\delta_{\text{ос}} \leq 1,0\%$$

3) суммарная дополнительная погрешность при использовании основного или однократного способа измерений расхода воды

$$\bar{S}_{\text{сн}} \leq 2,5\%$$

4) систематические погрешности, подлежащие непосредственному определению (косоуструйность, относ каната с грузом) исключаются из результатов измерений расходов воды;

5) погрешность и частота измерения уровня воды удовлетворяет требованиям (11), (12);

б) применяемые средства измерений и постовое оборудование не находятся в исправном состоянии, подвергаются периодическому контролю и поверке в соответствии с правилами, изложенными в Наставлениях вып. 6, ч. I, вып. 2. ч. II, и соответствующим условиям измерений и гидрологическому режиму водного объекта.

5.3. При оптимизации измерительного комплекса необходимы учет возможных источников дополнительных систематических и грубых погрешностей (промахов) из-за несоответствия используемых средств измерений и вспомогательного оборудования условиям измерений; например:

если срочные наблюдения за уровнями воды не обеспечивают необходимой точности их средних суточных значений (приводят к систематической погрешности), следует указать на необходимость установки СУВ;

при измерении скорости течения с кормы гидрометрического судна, следует указать на необходимость установки лебедки в носовой части катера;

в случае опускания вертушки на канале при его намотке на барабан лебедки в два слоя, счетчики стандартных лебедок занижают глубины на 6,0%; следует дать указание об обязательном учете соответствующих поправок, или устранении второго слоя каната;

если разметочный канат имеет плохо различимые метки, должно быть дано указание о правильной разметке каната.

Кроме перечисленных могут иметь и другие источники систематических погрешностей и промахов, которые должны быть выявлены при аттестации, указанные в КМО и техническом счете по аттестации МВИ, в котором следует привести также рекомендации по их устранению.

5.4. При расположении ПП в зоне водохозяйственных комплексов для решения водохозяйственных задач или оперативного обслуживания народнохозяйственных организаций и предприятий к точности гидрометрической информации могут предъявляться более высокие требования, чем по МИ 1759, рассчитанные на получение режимной информации. В этих случаях требования к точности измерений устанавливаются, исходя из

требуемой точности учета стока для фиксированного интервала времени T (сутки, декада, месяц, год).

Рассмотрим на конкретном примере, как в этих случаях назначается и реализуется допускаемая (нормируемая) погрешность измерения расхода воды $\bar{\epsilon}_{q, доп}$.

В нижнем течении р. Куры гидрологический контроль даных о водопотреблении осуществляется на основе руслых водных балансов. Эффективность этого метода обеспечивается при заданной (допускаемой) погрешности учета стока воды в ограничивающих створах, осредненного за интервал времени T (декада, месяц, год). Так, для ПП р. Кура - Г. Сальны случайная погрешность среднего декадного расхода $\bar{\epsilon}_{q, доп}$ не должна превышать 4,0%.

В соответствии с Методическими рекомендациями по оценке точности и гидрологическому контролю данных государственного учета вод (М., Гидрометеиздат. 1977 г., 119 с.), Методическими указаниями Управлением гидрометслужбы 90 (М., Гидрометеиздат. 1977. 103 с.) относительная случайная погрешность среднего декадного расхода воды ($T = 10$ сут) оценивается по зависимости

$$\bar{\epsilon}_q = \left[\left(\frac{1}{T} + 0.5 \right) \bar{\epsilon}_q^2 + 0.5 \frac{\bar{\epsilon}_q^2}{T} \bar{\epsilon}_r^2 \right]^{0.5}, \quad (67)$$

где $\bar{\epsilon}_r$ - гидравлическая составляющая общего рассеяния точек измеренных расходов воды в поле $Q(H)$, обусловленная деформацией русла.

Для нашего случая $\bar{\epsilon}_r = 6,0\%$.

$\bar{\epsilon}_q$ - средний дискрет (интервал времени) измерений расхода воды, как правило (в период средней водности) составляет 10 сут.

Проверим, удовлетворяется ли условие

$$\bar{\epsilon}_{q, доп} \leq 4,0\% \quad (68)$$

при фактических погрешностях расхода воды, установленных в результате метрологических исследований на данном ПП:

$\tilde{S}_a = 3,1\%$ - при основном способе измерений;
 $\tilde{S}_a = 2,0\%$ - при детальном способе измерений.

Используя зависимость (67), имеем

$$\text{при } T_u = 20 \text{ сут, } \tilde{S}_a = 3,1\% \\ \tilde{S}_{a7} = \left[\left(\frac{1}{10} + 0,5 \right) \cdot 3,1^2 + \frac{0,5 \cdot 10 \cdot 6^2}{10} \right]^{0,5} = 4,9\% > 4,0\%$$

$$\text{При } T_u = 10 \text{ сут, } \tilde{S}_a = 2,0\%$$

$$\tilde{S}_{a7} = \left[\left(\frac{1}{10} + 0,5 \right) \cdot 2,0^2 + \frac{0,5 \cdot 10 \cdot 6^2}{10} \right]^{0,5} = 4,5\% > 4,0\%$$

Как видим, в обоих случаях условие (68) не выполняется. Повышение точности учёта стока может быть достигнуто снижением значения $\tilde{S}_a$ или дискрета измерений T_u .

Пользуясь зависимостью (62) устанавливаем, что условие (68) обеспечивается в двух вариантах: при $T_u = 5$ сут и $\tilde{S}_a = 3,1\%$ (измерение расходов воды основным способом) или при $T_u = 7$ сут и $\tilde{S}_a = 2,0\%$ (измерение расходов воды детальным способом).

Способ минимизации погрешности среднего декадного стока выбирается с учетом трудоемкости гидрометрических работ. Для рассмотренных условий представляется целесообразным измерять расходы воды основным способом, увеличив их общее количество вдвое, с трех до шести измерений в месяц.

Выбором наиболее эффективного варианта организации учёта стока на ГП решается задача оптимизации измерительного комплекса. При этом могут быть рассмотрены и другие возможности снижения погрешности $\tilde{S}_a$, в частности, увеличением числа скоростных вертикалей.

6. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ АТТЕСТАЦИИ МВИ НА ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ПОСТАХ

6.1. Оформление результатов метрологической аттестации МВИ производится в соответствии с формами документов, приведенными в приложениях. В состав документации включается программа метрологической аттестации - приложение 3.

По результатам аттестационных работ составляются:

- карта метрологического обоснования МВИ (НМО) приложение 4;
- протокол аттестации МВИ - приложение 5;
- технический отчет о выполненных исследованиях - приложение 6;
- аттестат МВИ - приложение 7.

6.2. Программа работ должна включать вводную часть с обоснованием выбора ГП, на котором будет выполняться аттестация МВИ.

Основная часть программы составляется в соответствии с разд. 3 как для отдельного ГП, так и для нескольких ГП, с конкретизацией видов работ для каждого из них. В таком случае календарные планы приводятся для каждого ГП.

6.3. Карта метрологического обоснования МВИ урочной и расходов воды включает общие сведения по ГП и конкретные данные об особенностях участка гидростроения, условиях измерений, характеристиках пропускной способности русла и кинематической структуры потока, используемых средствах измерения и техническом оснащении ГП. В НМО приводятся оценки фактических и нормируемых погрешностей уровней и расходов воды. В случае, если фактические показатели точности ниже их допускаемых значений, приводятся выводы по оптимизации измерительного комплекса, применительно к конкретным элементам расхода воды.

6.4. Протокол аттестации МВИ составляется по результатам полевых метрологических исследований для каждой фазы гидрологического режима.

Протокол содержит:

дату (период) и наименование ГП, на котором выполнялся метрологические исследования;

С.40 РД 52.08

сведения о документе, на основании которого производится аттестация (наименование, когда и кем утверждена) по программе аттестации (когда и кем утверждена); содержание проводимых исследований и номера пунктов программы аттестации, в соответствии с которыми они проводятся; краткие сведения о способах исследований, их наименования;

краткие сведения об операциях исследования, их наименование, последовательность операций;

непосредственные результаты исследований (текст, таблицы, графики, алгоритмы вычислений, значения характеристик точности и гидравлично-морфологических характеристик русла); сведения об использованных средствах измерения, количестве измерительных вертикалей и точек (принятых при аттестации и в практике работы ГП);

выводы по результатам исследований, содержащихся в данном протоколе;

список исполнителей (должности, фамилии, инициалы, подписи).

В протоколе приводятся фактические показатели точности, соответствующие МВИ, принятой на ГП.

С.5. В технический отчет должны включаться:

- 1) список членов аттестационной комиссии и других исполнителей - участников аттестации (должность, подпись, инициалы, фамилия, краткие сведения о работах, выполненных при аттестации с участием данного специалиста);
- 2) оглавление;
- 3) вводная часть, содержащая сведения о документах, на основании которых проведена аттестация, краткие сведения об исходных материалах, использованных при проведении аттестации, месте, сроках и условиях ее проведения, а при необходимости и о принципиальных особенностях проведенной аттестации, которые требуются для правильного понимания основного содержания отчета;
- 4) основная часть, состоящая из разделов, кратко поясняющих содержание и результаты работ, проведенных в соответствии с программой аттестации (в последовательности пунктов

программы). Каждый раздел должен содержать ссылки на протоколы, прилагаемые к отчету и подтверждающие изложенные в нем результаты, и четкие выводы о соответствии аттестуемой МВИ предъявляемым требованиям по данному пункту программы. Если на ГП какие-либо частные погрешности отсутствуют, они исключаются из таблицы, приведенной в образце протокола (приложение 5);

5) заключение, состоящее из выводов о соответствии аттестуемой МВИ в целом предъявляемым к ней требованиям и рекомендацией о последующем ее оформлении и применении;

6) приложения, включающие в себя полный комплект протоколов аттестации и, при необходимости, дополнительные информационные и иллюстративные материалы.

В отчете должны быть приведены результаты всех промежуточных вычислений: гидравлично-морфологические характеристики для отдельных зон потока, совмещенные профили русла в гидростворе, графики АКВ и другие, табличные и графические материалы.

В приложении к отчету приводятся полевые журналы КТ-ГМ(н) и КТ-ЭМ(н).

Допускается в одном отчете помещать результаты аттестаций МВИ по нескольким ГП.

6.6. Аттестат МВИ составляется на последнем этапе исследований. В аттестате указывается срок его действия: как правило, 10 лет. По истечении этого срока аттестат может быть продлен, если условия и методика измерений не изменились. В противном случае производится повторная метрологическая аттестация с корректировкой составляющих погрешностей, связанных с изменением технологии измерений, суммарных значений показателей точности и их доверительных границ.

Если в процессе аттестации установлено несоответствие фактических показателей точности измерений их допускаемым значениям, в аттестате приводятся выводы о необходимости оптимизации измерительного комплекса с конкретными предложениями по усовершенствованию МВИ на данном посту. В этом случае назначается срок действия аттестата до момента выполнения

предложенных мероприятий. Если предложения по усовершенствованию осуществляются до окончания работ по аттестации и соответствующее повышение точности измерений может быть оценено однозначно без проведения дополнительных метрологических исследований, в аттестате указываются эти, более высокие показатели точности измерений.

В аттестате приводятся для каждой фазы показатели точности измерений уровней и расходов воды: $\bar{\delta}_n$, $\bar{\delta}_a$ их доверительные границы δ_n и δ_a , которые гарантируются при регламентированной технологии наблюдений, сроки и продолжительность измерения уровня, положение створа измерения расходов воды, количество измерительных точек и вертикалей, их расположение, периодичность и способы производства промеров водного сечения, время выдержки вертушки и др.

Приводятся формулы, по которым вычисляются элементы расхода воды и средние суточные уровни.

Значения показателей точности выражаются в процентах.

Утвержденные документы аттестации МВИ хранятся на гидрологических станциях, в отделах гидрологии или государственно-го водного кадастра территориальных и республиканских управлений по гидрометеорологии (по одному экземпляру). Копия аттестата МВИ должна храниться у наблюдателя ГП.

Документы аттестации МВИ являются частью технического дела ГП и рассматриваются в качестве основного свидетельства о качестве и составе производимых на нем наблюдений.

ОСНОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Q	- расход воды, м ³ /с
H	- уровень воды над нулем поста, см
$Q(H)$	- зависимость расходов воды от уровня (кривая расходов)
$\bar{q}_i$	- относительное отклонение измеренного расхода воды от соответствующего значения, вычисленного по зависимости $Q(H)$ при уровне H_i
$СКО$	- среднее квадратическое отклонение
$\bar{\sigma}_x, \bar{\sigma}_y$	- СКО случайной погрешности единичных измерений элемента X , соответственно в абсолютных и относительных единицах
$\Delta X, \delta_x$	- неисключенная систематическая погрешность, соответственно в абсолютных и относительных единицах
$S_a, \bar{S}_a$	- суммарная погрешность измерения расхода воды в абсолютных и относительных единицах, включающая погрешности измерения площади водного сечения и скорости потока
ε_a	- доверительный интервал погрешности измерения расхода воды с вероятностью превышения 95%
t	- коэффициент Стьюдента
AKP	- автокорреляционная функция
$S_{a, доп}, \bar{S}_{a, доп}$	- допускаемая суммарная погрешность измерения расхода воды в абсолютных и относительных единицах
$\bar{\sigma}_{a, T}$	- СКО случайной погрешности осредненных за период T расходов (стока) воды
$\bar{\sigma}_{a, доп, T}$	- СКО допускаемой случайной погрешности осредненных за период расходов (стока) воды

ПОСТРОЕНИЕ АВТОКОРРЕЛЯЦИОННОЙ ФУНКЦИИ (АКФ) И ВЫЧИСЛЕНИЕ СРЕДНЕГО РАДУСА (ВРЕМЕНИ) КОРРЕЛЯЦИИ СЛУЧАЙНОГО ПРОЦЕССА

Обозначим: $Y(x)$ или $Y(z)$ - случайный процесс как

функция координаты x или времени z .

Y - значение элемента: уровня воды H (п.4.2.1), отметки дна Z (п.4.4.2) или мгновенной скорости течения в точке U (п.4.4.3).

σ_y - среднее квадратическое отклонение элемента;

$\bar{y}$ - среднее значение элемента;

ξ_k - радиус корреляции;

τ_k - среднее время корреляции.

Определение ξ_k и τ_k выполняется по градиентам функции $R(\xi)$, $R(\tau)$.

Нормированная автокорреляционная функция рассчитывается как последовательность коэффициентов корреляции для парных значений элемента Y , разделенных разным количеством измерений K :

$$R_Y(K) = \frac{\sum_{i=1}^{n-K} \Delta Y_i \Delta Y_{i+K}}{(n-K) \sigma_y^2}, \quad (69)$$

где $\Delta Y_i = Y_i - \bar{Y}$.

Для выражения аргумента АКФ в виде временного сдвига τ устанавливается средняя за период T продолжительность одного дискрета между измерениями τ_u :

$$\tau_u = \frac{T}{n} \quad (70)$$

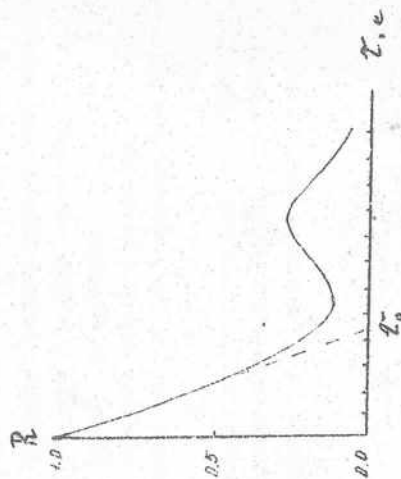
Для графического изображения автокорреляционной функции по оси ординат откладываются значения коэффициентов корреляции τ_u , а по оси абсцисс - соответствующие им значения $\tau = K(\tau_u)$.

На черт. 1 приведена АКФ $R(\tau)$. Предельное время корреляции соответствует начальной ветви АКФ при $R(\tau) \rightarrow 0$ (близком к нулю) (может быть и случай, когда $R(\tau) = 0$).

Среднее время корреляции τ_k численно равно площади фигуры, ограниченной кривой $R(\tau)$ в пределах от $\tau = 0$

до $\tau = \tau_0$ и отрезками координатных осей. Для практических расчетов τ_k можно принять равным площади трапеций, вписанных в полученную фигуру. Для вида АКФ, приведенной на черт. 1, указанную фигуру можно представить в виде треугольника с высотой $R = 1,0$ и основанием τ_0 . В этом случае $\tau_k = 0,5 \tau_0$.

АВТОКОРРЕЛЯЦИОННАЯ ФУНКЦИЯ $R(\tau)$



Чертеж I

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
Обязательное

ФОРМА ПРОГРАММЫ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ АТТЕСТАЦИИ
МЕТОДИКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

(Наименование организации, разработавшей программу)

УТВЕРЖДАЮ

(Должность, инициалы,
фамилия и подпись руково-
дителя, утвердившего про-
грамму, дата утверждения)

М.П.

ПРОГРАММА

метрологической аттестации
методики выполнения измерений

(наименование МВИ)

Место и год разработки программы

ФОРМА КАРТЫ
МЕТЕОЛОГИЧЕСКОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ МЕТОДИКИ ВЫПОЛНЕНИЯ
ИЗМЕРЕНИЙ НА ГИДРОЛОГИЧЕСКОМ ПОСТУ

река _____ пост: _____ км
Код поста _____ расстояние от устья _____ км²
площадь водосбора _____ км²
норма стока _____

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

- 1.1. Дата начала измерений _____ за расходами воды _____
За уровнями воды _____ Индекс группы поста _____
1.2. Разряд поста _____
1.3. Категория поста: режимный или оперативный (информационный)
с указанием состава оперативной информации _____
1.4. Характерные фазы водного режима _____

Таблица 1

Фаза	Диапазон изменения расхода воды, м ³ /с
...	...

1.5. Характеристика рассеяния связи $Q(H)$

$$\epsilon_{\bar{q}_m} = \dots; \epsilon_{\bar{q}_r} = \dots; \epsilon_{\bar{q}_f} = \dots; \epsilon_{\bar{q}_n} = \dots$$

Настоящая карта является технологическим документом, применяемым в системе Гостомгидромета СССР для оценки точности измерений уровней и расходов воды и обоснования методик их измерения.

Карта подлежит заполнению на основании специальных метеорологических исследований.

2. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА И ЧАСТОТА (СРОКИ)
ИЗМЕРЕНИЙ

Таблица 2

Фаза	Средства измерений; оборудование	Частота (сроки) измерений	Количество измерительных вертикалей
2.1. Уровень воды			
Паводок			
Межень летняя			
Межень зимняя			
...			
2.2. Уклон водной поверхности			
Паводок			
Межень летняя			
Межень зимняя			
2.3. Глубина потока			
Паводок			
Межень летняя			
Межень зимняя			
...			
2.4. Толщина льда			
2.5. Скорость течения			
Паводок			
Межень летняя			
Межень зимняя			
...			
2.6. Расход воды			
Паводок			
Межень летняя			
Межень зимняя			
...			

3. ТОПОГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ

3.1. Привязка реперов к государственной опорной геодезической сети

Основной репер

Контрольный репер

3.2. Контрольная нивелировка постоянных устройств (нулей наблюдений) производится:

3.3. Обоснование разбивки и контроль правильности положения гидроствора

Первоначальная разбивка гидроствора произведена на основании поправочных наблюдений. Среднее отклонение направления струй от нормали к гидроствору

Контроль положения гидроствора производится 1 раз в _____ года (лет) при существенных изменениях скоростной структуры потока и деформациях русла.

3.4. Способ координирования промерных и скоростных вертикалей

Используемые средства:

Наименьший угол засечки _____ °

Длина магистралей _____ м

Способ закрепления гидростворов

Расстояние между створными вехами _____ м

4. ГИДРАВЛИКО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОТОКА НА УЧАСТКЕ ГИДРОСТВОРА

4.1. Уровень воды

Таблица 3

Фаза	Факторы, искажающие естественный ход уровня	Характер суточного хода	Волнение (высота волны A), см	Набег на рейку, см	Характеристика пульсации
Паводок					
Межень летняя					
Межень зимняя					
...					

4.2. Уклон водной поверхности и коэффициент Шези

Таблица 4

Фаза	Диапазон изменения	Расстояние между уклонными постами (базис лирирования), м	Волнение (высота волны A), см	Набег на рейку, см
Паводок				
Межень летняя				
Межень зимняя				

в гидроцикле

8

Ф а з а	Диапазон изменения глубин		Толщина погруж. льда <i>h_л</i> , м	ширина потока <i>B</i> , м
	средняя <i>h_{ср}</i> , м	максимальн. <i>h_{макс}</i> , м		
Паводок				
Меньше летняя				
Меньше зимняя				
...				

Параметры автокорреляционной функции

Ф а з а	Параметры авторегрессионной функции (АРФ) отметок дна вдоль оси потока					
	у левого берега	у правого берега	на стремне	в гидро- створе		
	ξ_n	ξ_n	ξ_n	ξ_n	ξ_n	ξ_n
Паводок						
Межень летняя						
Межень зимняя						

Таблица 7

m/c

средней $\bar{U}_{\text{ср}}$	наибольшей U_{max}	наименьшей U_{min}
-------------------------------	-----------------------------	-----------------------------

Ф а з а	Диапазон изменения скорости течения в гидростворе		
	средней $U_{ср}$	наибольшей U_{max}	наименьшей U_{min}
Паводок			
Межень летняя			
Межень зимняя			
• • •			

Берг. N м от ПН

$\mu = \underline{v_{cp}}$

$h = 1.0$

$\mu = 0.35$

Берг. N м от ПН

$\mu = \underline{v_{cp}}$

$h = 1.0$

$\mu = 0.52$

Берг. N м от ПН

$\mu = \underline{v_{cp}}$

$h = 1.0$

$\mu = 0.55$

Чертеж 2

5. ВОЗМОЖНЫЕ ИСТОЧНИКИ СИСТЕМАТИЧЕСКИХ И ГРУБЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ

Таблица 10

[illegible]

Элемент	Источник погрешности	Предельное значение
1. Уровень срочный		
2. Уровень средний		
3. Промеры глубин		
4. Ширина реки		
5. Скорость течения в точке, на вертукалях, в отсеках		

6. ПОКАЗАТЕЛИ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ
УРОВНЯ И РАСХОДА ВОДЫ

Таблица II

Уровень воды

Фаза	Показатели точности						Выводы по усо- вершенствованию измерительного комплекса
	фактические			допускаемые			
	S_n	S_n	Δn	$S_{n\text{ доп}}$	$S_{n\text{ доп}}$	$\Delta n_{\text{ доп}}$	
Паводок							
Межень летняя							
Межень зимняя							
...							

Расход воды

Таблица I2

Фаза	Суммарная погрешность		Интервал между измерениями		Выводы по усо- вершенствованию измерительного комплекса
	S_e	$S_{e\text{доп}}$	T_x	$T_{x\text{доп}}$	
Паводок					
Межень летняя					
Межень зимняя					

ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ ПРОТОКОЛА МЕТЕОЛОГИЧЕСКОЙ АТТЕСТАЦИИ
МЕТОДИКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЕЙ И РАСХОДОВ ВОДЫ
Р. МОСКВА - Г. ЗВЕНИГОРОД

1. ОСНОВАНИЕ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ АТТЕСТАЦИИ

Аттестация проведена на основании плана отраслевой стандартизации Госкомгидромета СССР ПОС-86 п. 3.10. Программа аттестации подготовлена в отделе гидрометрии, согласована с отделом метрологии и стандартизации, утверждена зам. директо-
ра ГТИ 21 января 1983 г.

2. СПОСОБЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Многократные измерения

2.2. Исследования частных погрешностей

3. УСЛОВИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Период исследований - фаза низкой водности I-20 апреля 1989 г. при уровнях воды 149-152 см над "0" поста, расходы воды 48,2-52,4 м³/с.

3.2. Объект исследований: бесприточный прямолинейный участок р. Москва на юго-западной окраине г. Звенигорода в 0,2-0,4 км выше автодорожного моста. Гидрологический пост на левом берегу в 0,2 км выше моста, гидроствор № 5 - стацио-
нарный - в 160 м выше поста, гидроствор временный - в 200 м выше поста.

3.3. Состояние реки: свободное (зарастание, переменный годпор отсутствуют).

4. ДИСКРЕТИЗАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЙ УРОВНЕЙ И РАСХОДОВ ВОДЫ, ПРИНЯТАЯ ПРИ АТТЕСТАЦИИ

Число промерных вертикалей - 34 (г/с № 5) и 10 (г/с временный)

Число скоростных вертикалей - 12.

Число горизонтов установки вертушки на вертикали - 2.

Длительность измерения скорости в точке - 100 с.

Измерение уровня воды в сроки 8 и 20 час и ежедневно в период измерения расхода воды.

5. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АТТЕСТАЦИИ

Для аттестации использовались:

гидрометрические вертушки ГР 21М №2734 (градуировочное свидетельство № 401 от 13.03.87) № 3153 (градуировочное свидетельство № 1196 от 22.11.88);

секундомер С-1-2а с ценой деления шкалы 0,2 с №6932, 6933, 6934, свидетельство поверки от 15.02.87;

рейка водомерная переносная РВП-Ш-49 (ТУ 25-04-1654-74); сваи металлические винтовые СВГ-47 (ТУ 06-53-85);

нивелир НВ-1 №2918 (ГОСТ 10528-76);

рейка нивелирная РН4-4000 (ГОСТ 11158-83);

стальной канат диаметром 6 мм длиной 150 м;

рулетка металлическая длиной 20 м, класса точности I (ГОСТ 7502-69) от 0,5 до минус 0,5 см;

штанга гидрометрическая 3-метровая с поддоном.

6. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ И РАСХОДА ВОДЫ

6.1. Метод многократных измерений

6.1.1. Уровень воды: значения среднего уровня воды постоянны в течение 20 минут. По данным гидрометнаблюдателя ГП - Н = 151 см, по данным наблюдателя ГП - Н = 151 см, пульсационные отклонения уровня от среднего находятся в пределах от 0,5 см до -0,5 см.

6.1.1.1. Систематическая погрешность, подлежащая исключению из результатов измерений, не установлена.

6.1.1.2. Погрешности срочных измерений уровня воды:

нивелирования $\sigma_{Н_{нкл}} = 0,2$ см;

инструментальная $\sigma_{Н_{и}} = 0,3$ см;

пульсации $\sigma_{Н_{п}} = 0,3$ см;

суммарная $\sigma_{Н} = 0,5$ см.

6.1.1.3. Погрешность определения среднего суточного уровня воды $\sigma_{\bar{H}} = 1,0$ см.

6.1.2. Расход воды

Результаты и погрешности измерения расходов воды

Таблица 1

№ из- мерен- ных рас- ходов	Уро- вень над "0" поста, м	Пло- щадь вод- ного сече- ния, м ²	Рас- ход воды м ³ /с	№ из- мерен- ных рас- ходов	Уро- вень над "0" поста, м	Пло- щадь вод- ного сече- ния, м ²	Рас- ход воды м ³ /с
1	149	86,0	53,9	7	152	83,8	49,7
2	149	84,4	52,1	8	152	83,1	48,2
3	149	84,3	51,6	9	152	84,5	52,4
4	150	81,8	51,8	10	152	80,3	50,7
5	150	81,7	52,2	11	152	80,9	49,8
6	151	81,4	52,0	12	152	80,3	50,3

Средний 151

Оценка среднеквадратического отклонения: $\sigma_{H_i} = 1,5 \text{ м}^3/\text{с}$
 $\sigma_{Q_i} = 2,9\%$

6.2. Метод суммирования частных погрешностей

Случайные погрешности измерения расхода воды и его элементов

Таблица 2

Элемент, пара- метр, погрешность	Расчетная зависимость или источник информации	Значение ха- рактеристик, параметров
1. Q , м ³ /с	по данным полевых исследований	48,2-52,4
2. N_k	То же	17
3. N_y	"	7
4. $h_{yу}$	"	2
5. h , м	"	1,10
6. $h_{накл}$, м	"	1,30
7. U' , м/с	"	0,66
8. $U_{накл}$, м/с	"	0,80

Элемент, параметр, погрешность	Расчетная зависимость, или источник информации	Значение характеристик параметров
9. β	$\beta = \frac{(N_V + 1) \frac{Q_{\text{расч}}^2}{Q_{\text{ф}}^2}}{Q_{\text{ф}}^2}$	1, 20
10. ψ_f	по АКФ	1, 21, 1, 18
11. ξ_0 , м	$\psi_f = \frac{Q_{\text{расч}}}{Q_{\text{ф}}}, \psi_f = \frac{h_{\text{расч}}}{h}$	0, 50
12. ξ_z , м	$\xi_z = \left[\frac{1}{k} (h_i - \bar{h}_i)^2 \right]^{0.5}$	0, 07
13. ξ_m , м	$\xi_m = 1,4 \xi_z (1 - R_{\xi_0})^{0.5}$	0, 04
14. ξ_{h_0} , %	ММ 1759	2, 00
15. $\xi_{\text{акр}}$, %	-	4, 20
16. ξ_h , %	$\xi_h = (\xi_{h_0}^2 + \xi_m^2)^{0.5}$	3, 20
17. ξ_{ξ_z} , %	$\xi_{\xi_z} = \left[\frac{(\psi_f - 1)^2 \psi_f^2}{2 \cdot 2.3(N_V + 1)^2} \left(\frac{h}{h_z} \right)^2 + 0.5 \xi_h^2 \right]^{0.5} \cdot 100$	12, 30
18. K_a , %	$K_a = \frac{1}{2.4} \sqrt{\frac{2.44^2}{n-1}} \cdot 100$	4, 00
19. Z_k , с	по АКФ	100
20. T , с	принято на ГП	3, 50
21. ξ_n , %	$\xi_n = K_a \sqrt{\frac{2.44}{T}}$	4, 00
22. ξ_{v_f} , %	$\xi_{v_f} = (\xi_{v_0}^2 + \xi_n^2)^{0.5}$	1, 80
23. ξ_{v_g} , %	$\xi_{v_g} = \left[\frac{2}{n-1} \frac{1}{n-1} (v_{\xi_i} - v_{\text{акр}})^2 \right]^{0.5}$	4, 40
24. ξ_v , %	$\xi_v = (\xi_{v_f}^2 + \xi_{v_g}^2)^{0.5}$	4, 20
25. ξ_{ξ_z} , %	$\xi_{\xi_z} = \left[\frac{(\psi_f - 1) \psi_f^2}{2 \cdot 2.3(N_V + 1)^2} \left(\frac{h}{h_z} \right)^2 + 0.5 \xi_v^2 \right]^{0.5} \cdot 100$	2, 00
26. ξ_q , %	$\xi_q = \left[\frac{2}{N_V + 1} (\xi_{\xi_z}^2 + \xi_{v_g}^2) \right]^{0.5}$ $\xi_{0.95} = 1.96 \xi_q$	5, 90

6.3. Доверительные границы погрешности:

измерения уровня воды $\xi_n = 0,9$ см;

измерения расходов воды $\xi_q = 3,9\%$.

7. ИСПОЛНИТЕЛИ

Председатель аттестационной комиссии:
члены комиссии:

ФОРМА ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА ТЕХНИЧЕСКОГО ОТЧЕТА

Государственный комитет СССР по гидрометеорологии

(наименование организации, проводившей аттестацию)

УТВЕРЖДАЮ

(Должность, инициалы, фамилия и подпись руководителя, утвердившего отчет, дата утверждения)

М.П.

ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ

о метрологической аттестации
методики выполнения измерений

(наименование

методики)

Цифр темы по плану Госкомгидромета СССР
и (в скобках) - организации,
проводившей аттестацию

Председатель аттестационной
комиссии (должность, подпись,

инициалы, фамилия, дата)

Главный метролог организации,
проводившей аттестацию (должность,

подпись, инициалы, фамилия, дата)

Место и год проведения аттестации

ПРИЛОЖЕНИЕ 7 Обязательное

ПРИМЕР ОБОРУДОВАНИЯ АТТЕСТАТА

УТВЕРЖДАЮ

Главный метролог
Управления по гидрометеорологии

А Т Т Е С Т А Т

МЕТОДИКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ УРОВНЕЙ И
РАСХОДОВ ВОДЫ, СОДЕРЖАЩЕЙСЯ В "НАСТАВЛЕНИЯХ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИМ СТАНЦИЯМ И ПОСТАМ"
ВЫП. 6, Ч. I И ВЫП. 2, Ч. 2, РЕАЛИЗУЕМОЙ НА
ГП Р.МОСКВА Г.ЗВЕНИГОРОД

1. Срок действия настоящего аттестата установлен на 10 лет с 01.01.90. При изменении гидрологического режима реки, гидравликоморфологических условий или переоснащения поста техническими средствами производится внеочередная аттестация. Наблюдения за уровнем воды выполняются в два срока (8 и 20 ч) по сваям.

Определение расходов воды методом "скорость-площадь" базируется на измерении следующих элементов: ширины, глубины реки на промерных вертикалях, скорости течения в отдельных точках живого сечения, координат измерительных вертикалей.

2. Средства измерения и вспомогательное оборудование: вертушка гидрометрическая ГР-21М; секундомер "Агат";

канат лодочной переправы стальной - маркировка через 5 м;

рейка водомерная ГМ-3;

сваи металлические винтовые СВГ-47 (ТУ 06-53-55) 12 штук;

репер грунтовой, глубина заложения > 1,5 м;

нивелир НЗ-К;

рейка нивелирная РНЗ-3000;

рулетка металлическая 20 м, цена деления 0,001 м;

штанга гидрометрическая ГР-56.

3. Выполнение измерений

Число измерительных вертикалей:

промерных - 17;

скоростных - 7.

Число точек измерения скорости на вертикали - 2.

Длительность выдержки вертушки в точке - 100-120 с.

Общая продолжительность измерения расхода воды - 1,0-1,5 часа.

4. Алгоритм вычисления расхода воды

Расход воды

$$Q = \sum q_s = \sum (f_s \cdot v_s) \quad (1)$$

где q_s - частичный расход воды в отсеке, м³/с.

Площадь водного сечения отсека между скоростными вертикалями

$$f_s = \sum 0,5 (h_i + h_{i+1}) b_h \quad (2)$$

где h_i ; h_{i+1} - глубина на смежных промерных вертикалях, м;

b_h - расстояние между промерными вертикалями, м.

Средняя скорость течения в отсеке

$$v_s = 0,5 (v_j + v_{j+1}) \quad \text{, м/с} \quad (3)$$

Средняя скорость на вертикали

$$v_j = 0,5 (u_{02} + u_{00}) \quad \text{, м/с} \quad (4)$$

Скорость в точке на горизонте измерения определяется по градуировочной зависимости

$$u = f(n),$$

устанавливающей ее связь с числом оборотов лопасти вертушки в секунду:

$$n = \frac{20 K}{T}$$

где $20 K$ - сумма оборотов за время выдержки T ;

K - число зарегистрированных сигналов контактного устройства вертушки.

Численные значения показателей точности для фазы летней межени: случайная погрешность определения расхода воды:

$$\tilde{S}_d = 2,9\%$$

Систематическая погрешность дискретизации

$$\tilde{\delta}_{dg} = 1,0\%$$

Случайная погрешность измерения уровня воды

$$S_H = 0,3 \text{ см.}$$

Председатель аттестационной комиссии:

Члены комиссии:

РД 52.08 С.65

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

1. **ОДОБРЕН** ЦКММ **ГОСКОМГИДРОМЕТА СССР 20.02.91** Решение №
2. РАЗРАБОТЧИКИ:

И.Ф.Карасёв, д-р техн.наук, профессор (руководитель темы),
А.В.Савельева, канд. техн.наук

3. ЗАРЕГИСТРИРОВАН ЦКБ ГИМ за № 318 от 23.09.92

4. ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

5. ССЫЛОЧНЫЕ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ

Обозначение НТД, на который дана ссылка	Номер пункта
1. МИ 1759-87	Вводная часть, 1.9
2. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам вып.6, ч.1, Л., Гидрометеозидат, 1978. 364 с.	1.2
3. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам вып.6, ч.1, Л., Гидрометеозидат. 1972. 265 с.	1.2
4. ГОСТ 8.001	1.9
5. ГОСТ 8.383	1.9
6. ГОСТ 8.326	1.9
7. РД 52.07.27-84	1.10
8. Методические рекомендации по оценке точности и гидрологическому контролю данных государственного учёта вод. Л., Гидрометеозидат. 1977. 119 с.	4.1.1, 6.3
9. МИ 1317-86	5.2.3
10. Методические указания Управлению гидрометслужбы 90. Л., Гидрометеозидат. 1977. 103 с.	6.3
11. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам вып. 2, ч.1, Л., Гидрометеозидат. 1975. 234 с.	Приложение 7
12. ГОСТ 7502-89	Приложение 5

СОДЕРЖАНИЕ

С.	
1.	Общие положения
2.	Организация работ по метрологической аттестации МВИ уровней и расходов воды
4	2.1. Порядок проведения метрологической аттестации
4	2.2. Этапы выполнения работ
4	Подготовительные работы по метрологической аттестации МВИ уровней и расходов воды
6	3.1. Типизация гидрологических постов по условиям измерений, группировка и выбор ГП для метрологической аттестации МВИ
6	3.2. Характеристика основных фаз гидрологического режима и назначение сроков проведения исследований
7	3.3. Программа работ по аттестации МВИ
II	4. Порядок выполнения полевых метрологических исследований и оценка погрешностей измерения уровней и расходов воды
I4	4.1. Показатели точности измерений и методы их оценки
I4	4.2. Исследование погрешностей результатов наблюдений за уровнем воды
I5	4.3. Исследование показателей точности измерения расхода воды и его элементов методом многократных измерений
I8	4.4. Оценка показателей точности измерения расхода воды методом частных погрешностей
25	5. Оценка результатов метрологических исследований и выработка рекомендаций по усовершенствованию измерительных технологий
35	6. Оформление результатов метрологической аттестации МВИ на гидрологических постах

Приложение 1.	Основные обозначения	С. 43
Приложение 2.	Построение автокорреляционной функции (АКФ) и вычисление среднего радиуса (вариации) корреляции случайного процесса	44
Приложение 3.	Форма программы метрологической аттестации методики выполнения измерений	47
Приложение 4.	Форма карты метрологического обоснования методики выполнения измерений на гидрологическом посту	48
Приложение 5.	Пример оформления протокола метрологической аттестации методики выполнения измерения уровня и расходов воды	57
Приложение 6.	Форма титульного листа технического отчета	61
Приложение 7.	Пример оформления аттестата	62
Информационные данные		65

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ РД 52.08.318-41

Номер изме- не- ния	Номер листа (страницы)				Номер доку- мента	Под- пись	Дата вне- сения изм.	Дата вве- дения изм.
	изме- нен-	замен-	но-	аннули-				
	ного	ного	во	рован-				
			го	ного				