ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО СТАНДАРТАМ

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
РАСХОДОМЕТРИИ (ВНИИР)

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

РАСХОД ВОДЫ НА РЕКАХ И КАНАЛАХ. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ МЕТОДОМ «СКОРОСТЬ — ПЛОЩАДЬ»

МИ 1759—87

Москва
ИЗДАТЕЛЬСТВО СТАНДАРТОВ
1987

gost.e-ecolog.ru

РАЗРАБОТАНЫ Государственным гидрологическим институтом Государственного комитета СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды

ИСПОЛНИТЕЛИ:

Карасев И. Ф., докт. техн. наук, профессор (руководитель темы), **Савельева А. В.**, канд техн. наук, **Ременюк В. А.**, канд. техн. наук

ПОДГОТОВЛЕНЫ К УТВЕРЖДЕНИЮ Всесоюзным научно-исследовательским институтом метрологической службы

Ст. эксперт отдела **Трейвас Л. Г.**

УТВЕРЖДЕНЫ Всесоюзным научно-исследовательским институтом расходометрии на НТС института 11 июня 1986 г., протокол № 8

© Издательство стандартов, 1987

УДК 532.57:006.354 Группа Т86.3

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

ГСИ. Расход воды на реках и каналах. Методика выполнения измерений методом «скорость — площадь»

МИ 1759—87

Введены в действие
с 1 января 1988 г.

Настоящие методические указания устанавливают основные положения методики измерений расхода воды на реках и каналах методом «скорость — площадь» с использованием гидрометрических вертушек для измерения скоростей течения.

Применение методических указаний обеспечивает суммарную относительную погрешность измерений расхода воды S_Q, не более:

6 % — при детальном способе;

10 % — при основном способе;

12 % — при ускоренно-сокращенном способе.

МУ не распространяются на измерения расхода воды с помощью поплавков и интеграции скоростей течения по ширине потока.

Определения и пояснения терминов, встречающихся в тексте, даны в приложении 1.

1. ПРИНЦИП ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА ВОДЫ МЕТОДОМ «СКОРОСТЬ — ПЛОЩАДЬ» И КЛАССИФИКАЦИЯ ЕГО ВАРИАНТОВ

1.1. Сущность метода и принципы измерения

1.1.1. Метод «скорость — площадь» является разновидностью косвенных измерений расхода воды. При этом в результате наблюдений в фиксированном гидрометрическом створе определяются следующие элементы расхода:

глубины на промерных вертикалях и их удаление от постоянного начала по линии гидрометрического створа, для определения площади водного сечения (с точностью до трех значащих цифр, но не точнее 1 см);

продольные (нормальные к гидрометрическому створу) составляющие средних скоростей течения на вертикалях, на основе которых рассчитываются средние скорости в отсеках между ними (с точностью до трех значащих цифр, но не точнее 1 см/с).

1.1.2. Расход воды вычисляют по его элементам одним из следующих способов (с точностью до трех значащих цифр):

аналитическим, как сумму частных расходов воды, проходящих через отсеки водного сечения потока, ограниченные скоростными вертикалями;

графическим, как площадь эпюры распределения элементарных расходов воды по ширине потока.

1.1.3. При вычислении расхода воды должны определяться также основные гидравлические характеристики потока, используемые при оценке точности измерений и учете речного стока:

уровень воды над нулем поста H;

площадь водного сечения F;

средняя и наибольшая скорости течения: v и $v_н$ ($v=Q/F$); $v_н$ является наибольшей из скоростей, измеренных вертушкой;

ширина водного сечения B;

глубины потока: средняя $h_{ср}$ и наибольшая $h_н$ ($h_{ср}=F/B$); $h_н$ является наибольшей из измеренных на промерных вертикалях.

1.2. Классификация способов измерения

1.2.1. В зависимости от методики определения средних скоростей на вертикали различают интеграционный и точечные способы.

1.2.2. Интеграционный способ основан на измерении средней скорости течения на вертикали вертушкой, равномерно перемещаемой по глубине.

1.2.3. Точечные способы, основанные на определении средней скорости течения на вертикали по результатам измерений в точках, подразделяются на:

основной способ — при измерении скорости течения на вертикали в двух (свободное русло) или трех точках (наличие водной растительности, ледостав);

детальный способ — при измерении скорости течения на вертикали в пяти (свободное) или шести точках (ледостав, водная растительность).

При малых глубинах (см. табл. 5) допускается применение одноточечного способа.

1.2.4. Для основного способа измерений расхода воды в однорукавном русле назначается 8—10 скоростных вертикалей.

В случае применения детального способа количество скоростных вертикалей увеличивается в 1,5—2 раза. Детальный способ применяется при научно-методических работах по оценке точности и оптимизации процессов измерения расхода воды — для уточнения числа промерных и скоростных вертикалей, а также обоснования возможности перехода к основному способу в данном гидростворе.

Сокращенный способ измерений расхода допускает использование менее восьми скоростных вертикалей при двух-, трехточечном измерении скоростей на вертикалях (аналогично основному способу).

2. УЧАСТОК ГИДРОМЕТРИЧЕСКОГО СТВОРА

2.1. Гидрометрический створ (в дальнейшем — гидроствор) входит в состав гидрологического поста наряду с его устройствами для измерения уровней, температуры воды и других элементов водного режима реки (канала). К участку гидроствора относится часть реки, непосредственно примыкающая к гидроствору на удалении двух-трех ширин русла сверху и снизу по течению.

2.2. Условия измерений расхода воды считаются нормальными, если на участке гидроствора соблюдается прямолинейность русла;

отсутствуют резкие переломы, профиль водного сечения и эпюры распределения скоростей по ширине потока устойчивый;

обеспечен правильный одномодальный, выпуклый профиль распределения скоростей течения по глубине потока;

отсутствует выраженная пульсация скорости течения по значению и направлению, а также значительная систематическая косоструйность потока;

отсутствуют помехи при измерении скоростей течения, глубин, уровня воды и координирования скоростных и промерных вертикалей.

2.3. Требования к участку гидроствора, обеспечивающие нормальные условия измерений:

расположение гидроствора на плесовых участках реки;

отсутствие поймы с протоками и рукавами;

отсутствие естественных или искусственных преград;

отсутствие водной растительности в самом гидростворе, а также выше и ниже его на расстоянии до 30 м;

коэффициент вариации скорости (число Кармана *Ка*) в среднем по сечению должен быть не более 15 %;

косоструйность течения на гидростворе (отклонение в плане направлений течения в отдельных точках от его среднего значения для сечения в целом) должно быть не более 20°;

мертвые пространства должны иметь четкие границы и составлять не более 10 % от площади водного сечения;

при ледоставе должен отсутствовать многоярусный ледяной покров и незамерзающие полыньи;

зашугованность русла не должна превышать 25 % площади водного сечения;

средняя скорость течения в живом сечении должна быть не менее 0,08 и не более 5 м/с;

при измерении расхода воды вблизи моста участок гидроствора должен быть расположен выше, но в случаях частых скоплений льда и заломов леса — ниже моста (на удалении не менее 3—5 ширин русла в обоих случаях).

2.4. Во всех случаях, где это возможно, для приведения участка в соответствие с требованиями п. 2.3 должны производиться работы по упорядочению и канализованию русла.

2.5. Гидроствор должен быть расположен на однорукавном участке реки. При необходимости допускается назначать гидроствор на участке разветвления русла на рукава и протоки.

3. ГИДРОСТВОРЫ И ИХ ОБОРУДОВАНИЕ

3.1. Местоположение и направление гидроствора

3.1.1. Гидроствор должен быть перпендикулярен среднему направления течения в водном сечении.

Это требование считается удовлетворительно выполненным при соблюдении следующих условий:

для беспойменных участков рек — среднее значение отклонения направления течения от нормали к гидроствору (косина струй в плане) на скоростных вертикалях не должна превышать $\pm 10°$;

для пойменных участков рек — средняя косина струй на скоростных вертикалях не должна превышать $\pm 20°$. При расхождении средних направлений течения в основном русле и на пойме более 20° допускается разбивать гидроствор в виде ломаной линии, участки которой соответствуют условию перпендикулярности направлению течений.

3.1.2. В случаях, когда направление гидроствора удовлетворяет указанным требованиям только при определенном наполнении русла, для данных разных фаз водного режима должны оборудоваться гидростворы, удовлетворяющие условиям п. 3.1.1.

3.2. Оборудование гидроствора

3.2.1. Гидроствор должен быть закреплен на местности стальным канатом или гидрометрическим мостиком, или створными знаками. Створные знаки должны быть хорошо видимыми со стороны реки и обеспечивать предельное уклонение судна от линии створа $\gamma = 1°$ (угол γ образован линией гидроствора и линией визирования, проходящей через створные знаки и гидрометрическое судно, причем вершина угла γ совпадает с положением ближнего к реке створного знака).

3.2.2. В створе устанавливается береговой знак (столб, репер и т. п.), закрепляющий постоянное начало для отсчета расстояний до урезов берегов, промерных и скоростных вертикалей, границ мертвого пространства и водоворотных зон.

3.2.3. Разметочные канаты лодочных и люлечных переправ должны быть снабжены постоянными метками-марками, а гидрометрические мостики — метками на настиле, фиксирующими расстояние от постоянного начала.

3.2.4. При координировании промерных вертикалей геодезическими методами участок дополнительно оборудуется стоянкой угломерного инструмента.

3.2.5. Гидроствор должен быть оборудован дополнительным постом для регистрации уровня во время измерения расхода воды,

если гидроствор и основной уровенный пост удалены друг от друга и синхронные уровни изменяются с разной интенсивностью.

4. ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ ВОДЫ

4.1. При каждом измерении расхода воды на гидрологическом посту должен быть измерен соответствующий ему уровень воды.

Правила выполнения измерений уровня воды должны соответствовать требованиям ГОСТ 25855—83.

4.2. Уровень воды необходимо измерять на гидрологическом посту до и после промеров глубин, а также перед началом и по окончании измерения скоростей течения. При прохождении пика паводка и попусков ГЭС должны быть проведены дополнительно два-три измерения уровня.

Время каждого измерения уровня фиксируется.

4.3. При наличии в гидростворе дополнительного уровенного поста (п. 3.2.5) наблюдения за уровнем должны проводиться на обоих постах: основном и дополнительном.

5. КООРДИНИРОВАНИЕ ПРОМЕРНЫХ И СКОРОСТНЫХ ВЕРТИКАЛЕЙ В ГИДРОСТВОРЕ

5.1. Способы координирования вертикалей

5.1.1. Местоположение промерных и скоростных вертикалей в гидростворе определяется расстоянием от постоянного начала.

5.1.2. На гидростворах, оборудованных лодочной, паромной или люлечной переправой с постоянно подвешенным разметочным канатом либо гидрометрическим мостиком, необходимо закреплять положение вертикалей согласно п. 3.2.3.

5.1.3. При наличии прочного ледяного покрова местоположение вертикалей следует определять теодолитным ходом по льду или мерной лентой.

5.1.4. На судоходных реках или при ширине сечения более 300 м местоположение вертикалей должно определяться засечками теодолитом или кипрегелем с берега.

В отдельных случаях (например, в условиях заболоченных или широких пойм и др.) допускается применение косых или веерных створов для закрепления рабочих вертикалей.

5.2. Точность координирования промерных вертикалей в гидростворе

5.2.1. Относительная средняя квадратическая погрешность координирования вертикалей в гидростворе ($\tilde{\sigma}_к$) должна удовлетворять требованию

$$\tilde{\sigma}_к = \frac{\sigma_к}{B} 100\% \leqslant 0{,}5\%, \qquad (5.1)$$

где $\sigma_к$ — абсолютная среднеквадратическая погрешность координирования, м; B — ширина реки, м.

5.2.2. При назначении мест мензульных (теодолитных) стоянок необходимо, чтобы угол, образуемый направлением гидроствора и лучом визирования, α был не менее 30°.

5.2.3. Длина линий на плане l (см) при мензульной съемке должна удовлетворять условию

$$l \geqslant 0{,}08 \frac{L}{\sigma_к}, \tag{5.2}$$

где L — длина линии на местности, м.

5.2.4. Абсолютная погрешность координирования $\sigma_к$, обусловленная уклонением судна от гидроствора (ΔX, м), определяется по зависимости

$$\sigma_к \approx \frac{\Delta X_{ср}}{\operatorname{tg} \alpha_{ср}}, \tag{5.3}$$

где $\Delta X_{ср}$ — среднее уклонение судна от гидроствора, м (табл. 1); $\alpha_{ср}$ — среднее значение угла, образованного лучом визирования и направлением гидроствора.

Значение уклонения судна на каждой вертикали определяется расстоянием между створными знаками $l_с$ и удалением судна от ближайшего знака $L_с$. Допускаемое расстояние между створными знаками определяется по зависимости $\Delta X_{ср}$ от $l_с$ и $L_с$ в табл. 1.

Таблица 1

$l_с$, м	$L_с$, км								
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
30	1,5	2,0	3,5	5,0	7,0	8,5	11,5	14,5	17,5
50	0,5	1,5	2,0	3,0	4,0	5,5	7,0	8,5	10,0
100	0,2	1,0	1,5	2,0	2,5	3,5	4,0	5,0	6,0
150	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0

5.2.5. Допускаемое отклонение промерной вертикали от створа $\Delta X_д$ составляет:

при $2C_h^2 > \delta_д^2$

$$\Delta X_д = \xi_к \ln \frac{2 C_h^2}{2 C_h^2 - \delta_д^2}, \tag{5.4}$$

где $\delta_д$ — допускаемая относительная погрешность определения глубин, обусловленная отклонением вертикали от линии створа, равная 5 %; $\xi_к$ — радиус корреляции глубин потока в продольном направлении, м; C_h — коэффициент вариации глубин вдоль потока (методика расчета $\xi_к$ и C_h дана в приложении 2); h — глубина на вертикали, м;

при $2C_h^2 \leqslant \delta_д^2$

$$\Delta X_д = h. \tag{5.5}$$

6. ИЗМЕРЕНИЕ ГЛУБИН И ВЫЧИСЛЕНИЕ ПЛОЩАДЕЙ ОТСЕКОВ МЕЖДУ СКОРОСТНЫМИ ВЕРТИКАЛЯМИ

6.1. Требования к точности измерения глубин

6.1.1. Измерения глубин должны производиться по линии гидрометрического створа с соблюдением требований п. 5.2.5.

6.1.2. Средства измерения должны обеспечивать определение глубины в точке с инструментальной погрешностью не более 2 %. Это требование должно отвечать существующим и вновь разрабатываемым средствам измерения глубин.

6.1.3. Средства измерения глубин должны использоваться при соблюдении следующих условий и требований:

гидрометрическая штанга или наметка должны применяться во всех случаях, когда наибольшая глубина в створе не превышает длину инструмента и условия измерений позволяют устойчиво зафиксировать штангу на вертикали и снять отсчет глубины (если указанные требования не выполняются, необходимо использовать промерный канат с гидрометрическим грузом или эхолот);

на каждой промерной вертикали судно должно устанавливаться на якорь или фиксироваться на канатной переправе;

при работе в руслах с илистым дном должны применяться наметки и штанги, снабженные круглым поддоном диаметром 12—15 см, препятствующим их погружению в ил;

при промерах штангой на реках со сплошным скальным дном следует применять штангу без конусообразного наконечника.

6.1.4. Если промеры производятся гидрометрическим грузом на канатном подвесе, масса груза должна подбираться в зависимости от скорости течения таким образом, чтобы канат относило не более чем на 10°. Для гидрометрических грузов типа ГГР, ПИ-1 при диаметре стального каната до 3 мм это условие соблюдается, если масса груза выбирается в соответствии с табл. 2.

Таблица 2

Наибольшая скорость течения, м/с	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
Масса груза, кг	15	25	50	75	100

6.1.5. При отсутствии груза необходимой минимальной массы следует применять оттяжки или дополнительно измерять угломером угол относа (отклонение от вертикали) стального каната φ, после чего фактическая глубина рассчитывается по формуле

$$h = h_{и} - \left(\frac{1}{\cos \varphi} - 1\right) Z - \Delta, \qquad (6.1)$$

где $h_{и}$ — измеренная глубина, м; Z — расстояние от точки подвеса каната до поверхности воды, м; Δ — поправка на относ подводной части каната, м, определяемая по табл. 3.

Таблица 3

Измеренная глубина, м	Угол отклонения каната от вертикали, градус						
	10	14	18	22	26	30	34
1	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06
2	0,01	0,02	0,03	0,05	0,07	0,09	0,13
3	0,02	0,03	0,05	0,08	0,11	0,14	0,19
4	0,02	0,04	0,06	0,10	0,14	0,19	0,25
5	0,03	0,05	0,08	0,12	0,17	0,24	0,31
6	0,05	0,05	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40
7	0,05	0,05	0,10	0,15	0,25	0,30	0,45
8	0,05	0,05	0,10	0,20	0,30	0,35	0,50
9	0,05	0,08	0,12	0,22	0,32	0,38	0,55
10	0,05	0,10	0,15	0,25	0,35	0,40	0,60
12	0,10	0,10	0,20	0,30	0,40	0,60	0,80
15	0,10	0,20	0,30	0,40	0,60	0,70	1,00
20	0,10	0,20	0,30	0,50	0,80	1,00	1,30

6.1.6. На мелководных горных реках глубина должна определяться как разность расстояний до дна и поверхности воды, измеряемых штангой или наметкой от перетянутого через реку каната, настила моста и т. п.

6.1.7. При набеге воды на штангу, необходимо использовать свободно перемещающийся по штанге металлический ползунок со стрелкой — указателем поверхности воды вне зоны набега.

6.2. Промеры глубин на гидростворе при измерении расхода воды

6.2.1. Промеры глубин производятся для определения площади водного сечения F и его отсеков $f_в$. При устойчивом русле допускается использовать результаты предшествующих промеров и не производить их при каждом измерении расхода воды. Устойчивость русла оценивается на основании анализа совмещенных профилей поперечного сечения потока по гидроствору, а также по рассеянию точек эмпирической связи $F\ (H)$ — зависимости площади водного сечения от уровня воды.

6.2.2. Если при совмещении поперечных профилей отклонение отдельных точек не превышает ±5 %, а точки зависимости $F\ (H)$ отклоняются от осредняющей их кривой не более чем на ±3 %, промеры глубин допускается производить не при каждом измерении расхода воды, а один раз в трех-пяти измерениях.

6.2.3. Промеры глубин необходимо производить при каждом измерении расхода воды одним ходом в следующих случаях:

вертикальные деформации русла выражены, но за время измерения расхода воды не превышают допускаемой среднеквадратической погрешности промеров глубин;

русло устойчиво, свободно от ледовых образований, но измерения расхода проводятся эпизодически (один-два раза за период характерной фазы гидрологического режима).

6.2.4. Промеры глубин следует выполнять при каждом измерении расхода воды в два хода, если:

вертикальные деформации русла за время измерения расхода превышают допускаемую среднеквадратическую погрешность промеров глубин;

расход воды измеряется реже трех раз за фазу водности и в живом сечении отмечаются шуга и внутриводный лед;

русло в створе измерений неровное, сложено валунами или с выходами коренных пород.

6.2.5. В случаях, когда выполнение промеров на пойме затруднено, глубины в пойменной части гидроствора должны определяться по профилю, полученному инструментальной съемкой в меженный период с учетом фактических уровней воды.

6.2.6. В первые два-три года работы гидрологического поста промеры глубин должны выполняться в два хода при каждом измерении расхода воды для обоснования последующих измерений, производимых в соответствии с пп. 6.2.2, 6.2.3.

6.3. Количество промерных вертикалей

6.3.1. Количество промерных вертикалей (или засечек местоположения гидрометрического судна при промерах с помощью эхолота) следует назначать в зависимости от формы профиля водного сечения, исходя из требования: относительная среднеквадратическая погрешность измерения площади сечения $\tilde{\sigma}_F$ не должна превышать 2 %.

6.3.2. В основных руслах равнинных и полугорных рек минимальное количество промерных вертикалей n_h (min) следует назначать в соответствии с табл. 4 в зависимости от параметра формы русла.

Таблица 4

$\varphi = \frac{h_и}{h_{ср}}$	n_h (min)
1,5	20
2,0	25
2,5	30

6.3.3. При неоднородном распределении глубин по ширине потока необходимо назначать дополнительные промерные вертикали в гидростворе на всех участках излома линии дна.

6.4. Местоположение промерных вертикалей

6.4.1. В основных руслах промерные вертикали следует размещать равномерно по ширине реки и дополнительно в переломных точках поперечного профиля.

6.4.2. На реках с неустойчивым руслом в зоне максимальных глубин число промерных вертикалей следует увеличить в 1,5 раза.

6.5. Вычисление рабочей глубины на вертикали

6.5.1. Рабочая глубина на вертикалях должна рассчитываться по имеющемуся поперечному профилю с учетом срезки уровня, если имеет место несовпадение уровней при промерах и измерении расхода воды. При измерении расхода воды используются данные предварительных промеров.

6.5.2. При выполнении промеров глубин в два хода рабочая глубина на вертикалях вычисляется как среднее арифметическое из двух промеров.

6.5.3. В случаях, когда измерение глубины на скоростных вертикалях по условиям работы производится с меньшей погрешностью, чем при промере, на поперечный профиль следует наносить также и глубины, измеренные на скоростных вертикалях. Если эти глубины систематически отклоняются от глубин, полученных от промеров, последние должны быть исправлены на значения систематического отклонения с интерполяцией поправок глубин между скоростными вертикалями.

6.5.4. В качестве рабочих необходимо принимать глубины с исключенным систематическим отклонением в соответствии с пп. 6.1.5 и 6.5.3.

6.6. Вычисление площади водного сечения потока

6.6.1. Площади отсеков водного сечения f_s необходимо вычислять по следующим формулам:

$$f_s=\sum_{i=1}^{m_s} 0{,}5\ (h_i+h_{i+1})\ b_{i,\ i+1}, \qquad (6.2)$$

где m_s — количество промерных вертикалей в s-м отсеке сечения; h_i — рабочая глубина на i-й вертикали, м; $b_{i,\ i+1}$ — расстояние между i-й и $(i+1)$-й промерными вертикалями.

6.6.2. Площадь водного сечения потока должна определяться по формуле

$$F_{\text{В}}=\sum_{s=1}^{N} f_s, \qquad (6.3)$$

где N — число отсеков водного сечения потока.

6.6.3. При наличии в водном сечении зон мертвого пространства расход воды вычисляется по живому сечению потока F

$$F=F_{\text{В}}-\sum_{k=1}^{n} f_{\text{МП}_{\text{К}}}, \qquad (6.4)$$

где $f_{\text{МП}_{\text{К}}}$ — площади между скоростными вертикалями, ограничивающими мертвое пространство потока.

7. ИЗМЕРЕНИЕ И ВЫЧИСЛЕНИЕ СРЕДНЕЙ СКОРОСТИ ТЕЧЕНИЙ НА ВЕРТИКАЛИ

7.1. Назначение числа и положения скоростных вертикалей для основного и детального способов измерения расхода воды

7.1.1. Число скоростных вертикалей в створе N_v должно составлять от 8 до 15, в зависимости от особенностей скоростного поля потока. При одномодальной плановой эпюре поверхностных скоростей N_v=8—10; при многомодальной форме эпюры скоростей N_v=12—15. Для особо точных измерений при установившемся режиме число скоростных вертикалей может быть увеличено.

7.1.2. Минимально допускаемое число скоростных вертикалей для малых рек и каналов зависит от ширины потока B и составляет:

5 при 3 м $\leqslant B <$ 10 м;
3 при 1 м $\leqslant B <$ 3 м;
1 при $B <$ 1 м.

7.1.3. При размещении скоростных вертикалей по ширине потока необходимо соблюдать следующие условия:

в основной части потока скоростные вертикали должны назначаться таким образом, чтобы отсеки живого сечения, ограниченные соседними скоростными вертикалями, пропускали одинаковые частичные расходы q_s полного расхода Q, составляющие

$$q_s \approx Q/N. \qquad (7.1)$$

При многомодальном характере распределения поверхностных скоростей по ширине реки дополнительные скоростные вертикали назначаются в характерных точках плановой эпюры скоростей:

скоростные вертикали назначаются только в пределах живого сечения потока. Границы мертвых пространств должны быть установлены до начала или во время измерения скоростей пуском поверхностных поплавков или по результатам рекогносцировочных измерений скоростей вертушкой;

прибрежные вертикали, а также вертикали, граничащие с мертвым пространством водного сечения, назначаются на таком расстоянии от берегов или мертвого пространства, чтобы частичный расход воды в краевом отсеке не превышал 30 % от частичных расходов основной зоны живого сечения;

на пойме скоростные вертикали должны назначаться в характерных точках поперечного профиля. В понижениях поймы, где образуются обособленные потоки, пропускающие частичный расход $q_s > 0{,}1\ Q$, необходимо назначать не менее трех скоростных вертикалей.

7.2. Точечные способы измерения средней скорости течения на вертикали

7.2.1. Измерение скоростей течения производится на скоростных вертикалях гидрометрическими вертушками, соответствующими ГОСТ 15126—80.

7.2.2. Количество точек измерения и их относительное заглубление под поверхность воды (льда) назначается в зависимости от способа измерения расхода воды, способа крепления гидрометрической вертушки в потоке, состояния русла и соотношения глубины на скоростной вертикали h и диаметра лопастного винта вертушки D в соответствии с табл. 5.

Таблица 5

Соотношение рабочей глубины на вертикали h и диаметра лопастного винта D	Состояние русла	
	свободное	заросшее, ледостав или шуга
$5D > h \geqslant 1{,}5D$	1 / 0,6	1 / 0,5
$10D > h \geqslant 5D$	2 / 0,2; 0,8	3 / 0,15; 0,50; 0,85
$h \geqslant 10D$	5 / пов.; 0,2; 0,6; 0,8; дно	6 / пов.; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; дно

Примечание. Числитель — число точек; знаменатель — относительное заглубление точек на вертикали.

7.2.3. Заглубление вертушки рассчитывается относительно ее горизонтальной оси.

7.3. Установка вертушки в точку измерения скорости потока

7.3.1. При установке вертушки на скоростной вертикали в различных точках по глубине должны быть соблюдены следующие условия:

вертушка располагается таким образом, чтобы кромка лопасти винта находилась на удалении не менее 2—3 см от поверхности воды или дна, а при работе с судна в условиях волнения таким образом, чтобы избежать ударов лопастей о дно реки;

установка вертушки в точках измерения должна выполняться с абсолютной среднеквадратической погрешностью: 1 см — при рабочей глубине на скоростных вертикалях до 1 м; 2 см — при глубинах от 1 до 3 м; 3 см — при глубинах от 3 до 5 м; 5 см — при глубинах более 5 м;

во всех случаях, где это возможно (см. п. 6.1.3), следует применять способ жесткого крепления вертушки на гидрометрической штанге, либо на кронштейне гидрометрического груза типа ПИ-1;

в случае канатного подвеса вертушки должны применяться специальные гидрометрические грузы, отвечающие требованиям п. 6.1.4. При этом глубину погружения вертушки в заданную точку относительно заглубленной части промерного каната допускается определять без поправки на его относ.

7.3.2. При измерении скоростей потока допускается использовать два способа крепления вертушки на штанге:

вертушка жестко закрепляется на штанге зажимными винтами на требуемой высоте и нижний конец штанги опускается до дна потока;

штанга не упирается в дно, а жестко фиксируется так, чтобы ее нижний конец находился на требуемой глубине; вертушка не-

подвижно крепится на нижнем конце штанги и поднимается или опускается вместе с нею. Ориентация оси вертушки устанавливается по штанговому указателю.

7.4. Продолжительность измерения скорости потока в точке

7.4.1. Продолжительность измерения скорости в точке $T_и$ должна составлять не менее 100 с.

$$T_и \geqslant 100 \text{ с.} \qquad (7.2)$$

7.4.2. При обосновании ускоренных способов измерения расходов воды следует рассчитывать необходимое значение $T_и$, обеспечивающее сглаживание пульсаций скорости, в зависимости от допускаемой погрешности измерений $\delta_д$, числа Ka и среднего времени корреляции скорости $\tau_к$, с;

$$T_и \geqslant \tau_к \left(5 \ln \frac{Ka}{\delta_д}\right)^{3/2}, \qquad (7.3)$$

при этом $\delta_д \leqslant Ka$.

Минимальное допускаемое значение $T_и$ для любых условий должно быть не менее 40 с. Методика оценки характеристик $\tau_к$ и Ka дана в приложении 2.

7.4.3. В тех случаях, когда одновременно со значением модуля скорости течения определяется и его направление, за время измерения скорости должно быть зафиксировано не менее 10 значений направления течения через равные интервалы времени.

7.5. Вычисление средней скорости течения на вертикали по данным измерений точечным способом

7.5.1. Вычисление средней скорости на вертикали производится по данным точечных измерений скорости на основе следующих формул.

При свободном ото льда и водной растительности русле применяется:

пятиточечный способ

$$v = 0{,}05\ U_{пов} + 0{,}347\,(U_{0,2} + U_{0,6}) + 0{,}173\ U_{0,8} + 0{,}083\ U_{дно}; \qquad (7.4)$$

двухточечный способ при монотонном убывании скоростей от поверхности ко дну потока

$$v = 0{,}5\ (U_{0,2} + U_{0,8}); \qquad (7.5)$$

двухточечный способ при заглубленном максимуме скорости потока (в том числе при ледоставе)

$$v = 0{,}53\ U_{0,2} + 0{,}47\ U_{0,8}; \qquad (7.6)$$

одноточечный способ при монотонном убывании скоростей от поверхности ко дну потока

$$v = U_{0,6}. \qquad (7.7)$$

При заросшем русле и наличии ледяного покрова применяются:

шеститочечный способ

$$v=0{,}1\,(U_{\text{пов}}+0{,}2\,U_{0{,}2}+2\,U_{0{,}4}+2\,U_{0{,}6}+2\,U_{0{,}8}+U_{\text{дно}}); \quad (7.8)$$

трехточечный способ

$$v=\frac{1}{3}(U_{0{,}15}+U_{0{,}5}+U_{0{,}85}); \quad (7.9)$$

одноточечный способ

$$v=K\,U_{0{,}5}. \quad (7.10)$$

Характер распределения скоростей по глубине потока и значение коэффициента K в формуле (7.10) устанавливаются на основании предыдущих многоточечных измерений, а при их отсутствии коэффициент K принимается равным 0,9.

7.5.2. Графический способ определения средней скорости на вертикали применяется при измерении скоростей в пяти и более точках. При этом строится эпюра распределения скоростей по глубине потока, а средняя скорость на вертикали вычисляется по формуле

$$v=q/h, \quad (7.11)$$

где q — элементарный расход, м²/с, представляющий собой площадь эпюры скорости в масштабе чертежа, получаемую в результате планиметрирования.

7.5.3. При работе вертушкой на канатном подвесе в условиях косоструйности, характеризуемой средним углом отклонения α направления струй на вертикали от нормали к гидроствору, среднюю скорость на вертикали необходимо определять по формуле

$$v=v_{\text{и}}\cdot\cos\alpha, \quad (7.12)$$

где $v_{\text{и}}$ — средняя скорость на вертикали, вычисленная без учета косоструйности.

7.5.4. Поправка на косоструйность не вводится при измерении скорости вертушкой, жестко закрепленной на штанге нормально к гидроствору, и значениях среднего угла косоструйности α, не превышающих критического для данного типа вертушки угла $\alpha_{\text{к}}$, при котором систематическая погрешность измерения продольной составляющей скорости превышает 1,5 %.

В случае, когда $\alpha>\alpha_{\text{к}}$, необходимо использовать канатный подвес вертушки, а вычисление средней скорости на вертикали производить с введением поправки на косоструйность согласно п. 7.5.5.

7.5.5. Измерения косоструйности производятся по результатам пуска поверхностных поплавков с геодезической засечкой их положения на участке измерений. При невозможности выполнения этих наблюдений допускается использование привязных поверхностных, либо заглубленных поплавков на нити длиной $l_{\text{н}}\approx h$ (где

h — глубина потока на вертикали) с измерением угла отклонения нити от нормали к гидроствору с помощью геодезического транспортира. При малых глубинах потока $l_н$ должна составлять не более 1 м.

7.5.6. При наличии средств для измерения косоструйности по глубине потока необходимо в каждой точке на вертикали при измерении скорости потока выполнять измерение направлений течения согласно п. 7.4.3.

7.6. Вычисление средней скорости на вертикали по данным интеграционных измерений

7.6.1. При выполнении интеграционных измерений скорости на вертикали необходимо выдерживать следующее соотношение между скоростью перемещения вертушки w и продольной скоростью потока v, в зависимости от допускаемой погрешности интеграции $\delta_д$:

$\delta_д$ (%)	0,5	1,0	1,5	2	3
w/v	0,12	0,16	0,24	0,30	0,44.

7.6.2. Продольная составляющая средней скорости течения на скоростной вертикали устанавливается с использованием градуировочного графика вертушки по частоте вращения лопастного винта, определенной как частное от деления суммарного числа оборотов винта за время интеграции на время интеграции.

7.6.3. При интеграционном измерении скорости на вертикали среднее значение скорости вычисляется по формуле (7.12), при этом значение среднего угла косоструйности на вертикали принимается по данным специальных наблюдений, выполненных согласно п. 7.5.5.

7.6.4. Для исключения систематической положительной погрешности интегрирования средней скорости на вертикали, обусловленной неполным освещением придонной зоны потока, в измеренное значение скорости следует вводить корректирующий множитель K_h:

a	0,30	0,20	0,15	0,10	0,05
K_h	0,90	0,93	0,95	0,97	0,98,

где a — относительное минимальное удаление оси вертушки от дна потока (в долях от глубины).

8. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ И ВЫЧИСЛЕНИЕ РАСХОДА ВОДЫ

8.1. Вычисление расхода воды на основе линейно-детерминированной модели при основном или детальном способе измерений

8.1.1. В соответствии с линейно-детерминированной моделью (в дальнейшем ЛД-моделью) расход воды рассчитывается по формуле

$$Q=K_1v_1f_0+\frac{v_1+v_2}{2}f_1+\ldots+\frac{v_{n-1}+v_n}{2}f_{n-1}+K_nv_nf_n, \qquad (8.1)$$

где f_i — площади отсеков живого сечения потока, $i=1 \ldots n$.

Вычисление средней скорости на вертикали v_i должно производиться в соответствии с пп. 7.5 и 7.6. Порядок вычисления площадей отсеков поперечного сечения потока приводится в разд. 6.

8.1.2. Коэффициенты K_1 и K_n для скоростей v_1 и v_n на прибрежных скоростных вертикалях при отсутствии мертвого пространства принимаются равными:

0,7 — при пологом береге с нулевой глубиной на урезе; вблизи границы скопления неподвижной шуги;

0,8 — при естественном обрывистом береге или неровной стенке (бут, неотесанный камень);

0,9 — при гладкой бетонной или сплошь обшитой досками стенке, а также при течении воды поверх льда.

При наличии мертвого пространства в прибрежной зоне коэффициенты K_1 и K_n равны соответственно 0,5.

8.1.3. ЛД-модель допустимо использовать при вычислении расхода воды при числе скоростных вертикалей N_v, удовлетворяющем требованиям п. 7.1.2.

8.2. Вычисление расхода воды на основе интерполяционно-гидравлической модели при сокращенном способе измерений

8.2.1. Применение сокращенного способа измерений с последующим вычислением расхода воды по интерполяционно-гидравлической модели является целесообразным и допускается, если при уменьшении числа скоростных вертикалей до трех-пяти (для потоков с шириной сечения более 10 *м*) отклонения результатов измерения от значений, полученных детальным способом, носят случайный характер, а среднеквадратическое отклонение не превышает 5 %.

8.2.2. Согласно линейной интерполяционно-гидравлической модели (в дальнейшем ЛИГ-модели), расход воды должен вычисляться по формуле

$$Q=\sum_{s=1}^{N^s} f_s \left[a h_s^{2/3}+P_s\left(v_i-a h_i^{2/3}+v_j-a h_j^{2/3}\right)_s\right], \qquad (8.2)$$

где Δ_s — число отсеков водного потока; i, j — индексы ограничивающих s-й отсек скоростных вертикалей; P_s — весовой коэффициент, равный 0,7 для прибрежных отсеков и 0,5 — для основного водного сечения; a — гидравлический коэффициент, вычисляемый по формуле

$$a=\frac{1}{N_v}\sum_{i=1}^{N^v}\frac{v_i}{h_i^{2/3}}, \qquad (8.3)$$

где N_v — число скоростных вертикалей в живом сечении.

8.2.3. В случае, когда живое сечение потока состоит из выраженных гидравлически обособленных зон (например, разделено затопленным осередком), в каждой из них необходимо вычислять

расход воды как для отдельного русла, а общий расход в гидростворе определять суммированием этих значений.

8.2.4. Прибрежные скоростные вертикали (или ближайшие к границе обособленных зон сечения) должны быть расположены на удалении не более 0,3 b_k от урезов (или границ обособленных зон), где b_k — ширина соответствующей гидравлически обоснованной зоны живого сечения.

8.3. Графический способ вычисления расхода воды

8.3.1. Графический способ целесообразно применять при сложном распределении скоростей по глубине и ширине потока, обеспечив достаточно большое количество (не менее пяти) точек измерения скоростей течения на вертикали и число вертикалей в сечении $N_v \geqslant 8$.

8.3.2. Расход воды вычисляется в следующем порядке:

на миллиметровой бумаге вычерчивается профиль поперечного сечения по расчетному уровню воды и приведенным к нему глубинам, с нанесением скоростных вертикалей;

вычерчиваются эпюры распределения скорости течения по вертикали и определяются средние скорости на вертикалях посредством планиметрирования площадей эпюр, выражающих элементарный расход воды на скоростных вертикалях (см. п. 7.5.2);

на профиль живого сечения наносится плавная эпюра распределения средних скоростей на вертикали по ширине потока v (*в*);

на основе эпюры v (*в*) и профиля глубин строится эпюра распределения по ширине потока элементарного расхода воды q (*в*);

расход воды определяется как площадь эпюры q (в).

8.3.3. Масштаб изображения эпюр распределения скоростей, глубин и удельных расходов должен выбираться таким, чтобы все элементы расхода воды, вычисляемые графическим способом, размещались на листе миллиметровой бумаги размером 407×288 или 407×576 мм.

Наиболее удобными масштабами изображения являются:

для эпюр скоростей: вертикальный — в 1 см 0,5 м; горизонтальный — в 1 см 0,2 м/с;

для профиля глубин: вертикальный — в 1 см 0,5 м; горизонтальный — в 1 см 2, 5, 10, 20 м;

для кривой элементарных расходов: вертикальный — в 1 см 1 м²/с.

8.4. Вычисление уровня, соответствующего измеренному расходу воды

8.4.1. Для построения кривой расхода $Q(H)$ измеренному расходу воды Q должен соответствовать уровень H, при котором расход Q измерен:

$$H = \frac{1}{Q} \sum_{s=1}^{N_s} q_s H_s, \tag{8.4}$$

где H_s — уровень воды, отвечающий частичному расходу q_s, полученный интерполяцией между наблюдаемыми значениями уровней (см. п. 4.2).

8.4.2. Если относительное изменение уровня за время измерения расхода воды не превышает 2 % от средней глубины сечения, применяется упрощенная формула

$$H=\frac{H_н+H_к}{2}, \tag{8.5}$$

где $H_н$ и $H_к$ — соответственно уровни воды в начальный и конечный период времени измерений.

8.4.3. Расчетный уровень, определенный для дополнительного поста, приводится к уровню на основном посту по связи соответственных уровней.

8.5. Оперативный контроль точности измерений

8.5.1. Контроль точности измерений должен выполняться непосредственно на гидрострое при производстве измерений. Сомнительные значения элементов расхода воды (глубины, скорости, расстояния, уровня) уточняются и исправляются либо подтверждаются проведением повторных измерений.

8.5.2. При устойчивой (однозначной) связи расхода и уровней расход воды измеряется с целью контроля устойчивости многолетней кривой расхода $Q(H)$. В свою очередь эта кривая используется для оперативного контроля точности измерений и выявления промахов наблюдений на основе критериального соотношения

$$|\delta Q_i| \leqslant 2\tilde{\sigma}_{кр}, \tag{8.6}$$

где δQ_i — относительное отклонение i-го измеренного расхода от кривой $Q(H)$; $\tilde{\sigma}_{кр}$ — относительное среднеквадратическое отклонение от кривой $Q(H)$ расхода, принятых для обоснования связи.

При соблюдении условия (8.6) расход воды считается измеренным надежно. В противном случае измерение должно быть повторено, и, если первоначальное значение Q_i подтверждается, оно и принимается в качестве действительного значения для учета стока и корректировки связи $Q(H)$.

9. ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЙ

9.1. Оптимизация детальности измерений

9.1.1. Характеристиками детальности измерительного процесса являются:

N_s — число частичных отсеков в сечении потока;

n_s — среднее число промерных вертикалей в частичном отсеке сечения;

N_m — среднее по сечению число точек измерения скорости на скоростной вертикали.

9.1.2. Детальность измерительного процесса считается оптимальной, если вектор (комбинация) характеристик детальности (N_s, n_s, N_m) удовлетворяет условию

$$S_Q(N_s n_s N_m)_i \leqslant \delta_д, \qquad (9.1)$$

где S_Q — относительная, суммарная погрешность измерений; $\delta_д$ — допускаемая погрешность.

9.1.3. Поставленная задача оптимизации относится к классу некорректных, так как допускает неоднозначность решений, т. е. неединственность выбора оптимального вектора характеристик детальности. На практике достаточно остановиться на любом векторе (N_s, n_s, N_m), удовлетворяющем условию (9.1) и обеспечивающем достаточные удобство и безопасность, удовлетворительные трудоемкость и энергоемкость процесса измерений расхода воды.

9.1.4. Суммарная относительная среднеквадратическая погрешность S_Q оценивается с учетом методических, инструментальных и неустраненных систематических погрешностей по формуле

$$S_Q = [\sigma^2_{Q\,(осн)} + \sigma^2_{нс}]^{0,5}, \qquad (9.2)$$

где $\sigma_{Q\,(осн)}$ — основная составляющая; $\sigma_{нс}$ — неустраненная систематическая погрешность.

Если отсутствуют специальные исследования для оценки $\sigma_{нс}$, ее значение принимается равным погрешности $\sigma_{Q\,(осн)}$.

9.1.5. Основная составляющая $\sigma_{Q\,(осн)}$ вычисляется по формуле частных погрешностей

$$\sigma_{Q\,(осн)} = \left[\frac{\beta}{N_s}(\sigma^2_{f_s} + \sigma^2_{v_s})\right]^{1/2}, \qquad (9.3)$$

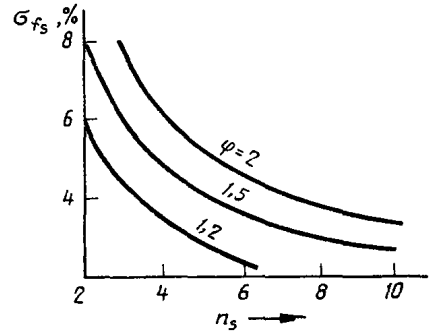
где σ_{f_s} и σ_{v_s} — случайные составляющие основной погрешности измерения площади и средней скорости потока в отсеках живого сечения; N_s — число отсеков в живом сечении; s — индекс текущей нумерации отсеков; β — метрологический параметр, характеризующий равномерность распределения частичного расхода по ширине потока

$$\beta = N_s \frac{\sum_{s=1}^{N_s} q_s^2}{\left(\sum_{s=1}^{N_s} q_s\right)^2},$$

Наименьшее значение параметра $\beta = 1$ (при фиксированном N_s) достигается в случае равенства частичного расхода q_s (при соблюдении требований п. 7.1.3.).

9.1.6. Для практических расчетов оценки составляющих σ_{f_s} и σ_{v_s} допустимо выполнять по графическим зависимостям на черт. 1 и 2.

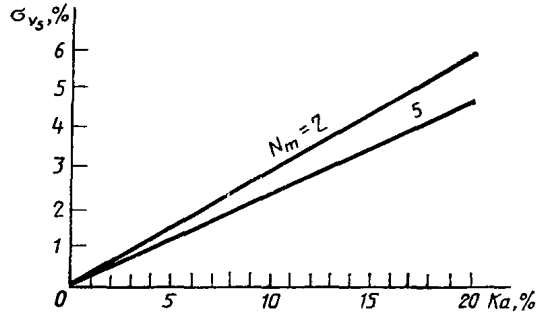
Зависимость относительной случайной средней квадратической погрешности измерения площади отсека живого сечения от числа промерных вертикалей и параметра формы сечения



n_s — числа промерных вертикалей в отсеке; φ — параметр формы сечения

Черт. 1

Зависимость относительной случайной среднеквадратической погрешности измерения средней скорости в отсеке σ_{v_S} от числа Кармана Ka и среднего числа точек N_m измерения скорости на вертикали



Черт. 2

9.2. Оптимизация длительности измерений

9.2.1. Длительность измерительного процесса $T_и$ является одним из определяющих факторов точности измерений расхода: при уменьшении $T_и$ погрешность возрастает за счет недостаточного осреднения пульсаций скорости; при увеличении $T_и$ возрастает погрешность, обусловленная «срезкой» пиков и провалов водности при прохождении волн попусков и паводков. Длительность $T_и$ должна находиться в интервале

$$T_{min} \leqslant T_и \leqslant T_{max}, \tag{9.5}$$

где T_{min} и T_{max} — минимально и максимально допустимая длительности измерительного процесса.

Время T_{min} определяется из зависимости (7.3), а T_{max} — по формуле

$$T_{max}=0{,}8\ T_п\left(\delta_Д\ \frac{1+\tilde{A}\ \sin\varphi}{\tilde{A}\mid\sin\varphi\mid}\right)^{1/2}, \tag{9.6}$$

где $T_п$ — период колебания волн попуска (паводка), ч или сут; φ — фаза периода колебаний, на которую приходится середина интервала времени измерений $T_и$; $0 \leqslant \varphi \leqslant 2\pi$; $\tilde{A}$ — относительная амплитуда волн попуска

$$\tilde{A}=\frac{Q_{max}-Q_c}{Q_c}, \tag{9.7}$$

где Q_{max} и Q_c — максимальный и средний за период попуска расходы воды соответственно.

10. ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ИСПОЛНИТЕЛЯ И ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТ

10.1. Требования к квалификации исполнителя

10.1.1. Квалификация наблюдателя должна соответствовать условиям, средствам и методам измерений.

На малых реках, в условиях межени и небольшой глубины потока, когда допустимо производство наблюдений вброд, а из технических средств используются лишь вертушка и гидрометрическая штанга, а также в других случаях к измерениям расходов воды допустимо привлекать технический персонал с квалификацией гидрометеонаблюдателя, специально обученный и проинструктированный относительно особенностей измерений в данном створе.

10.1.2. В тех случаях, когда используются более сложные технические средства (например, дистанционные установки, различного типа судовые комплексы, эхолоты и т. д.), а также в период повышенной опасности наблюдений при высокой водности потока, значительных глубинах и скоростях течения, при неустойчивости

русла, значительной косоструйности потока и других осложняющих измерения факторах к работе следует привлекать исполнителей с квалификацией не ниже техника-гидролога.

10.1.3. Наблюдатель должен знать принцип действия и устройства средств измерения и уметь обращаться с ними при выполнении измерений; знать водный и русловой режим на участке измерений и условия их выполнения при различных фазах режима; уметь использовать электронные калькуляторы для обработки расходов воды и результатов измерений.

10.2. Требования к технике безопасности работ

10.2.1. К выполнению измерений расхода воды в открытых руслах допускаются только лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности. Результаты инструктажа фиксируются в специальном журнале, хранящемся на гидрологической станции.

10.2.2. При выполнении измерений расходов воды необходимо руководствоваться «Правилами по технике безопасности при производстве наблюдений и работ на сети Госкомгидромета» (Гидрометеоиздат, 1983).

11. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

11.1. При выполнении измерений расхода воды должны быть применены измерительные установки, средства измерений и устройства, приведенные в табл. 7.

Таблица 7

Наименование измерительной установки, измерительной системы, средства измерений, устройства	Наименование измеряемых физических величин и параметров
Вертушка гидрометрическая: ГР-21, ГР-99	Средняя скорость потока
Кипрегель	Горизонтальное проложение до точки визирования
Теодолит	То же
Нивелир	Превышения
Рейка нивелирная	То же
Рейка водомерная переносная ГР-104	Уровень воды
Рейка водомерная с успокоителем ГР-23	Уровень воды при волнении
Рейка ледоснегомерная ГР-31	Толщина ледяного покрова
Максимальная рейка ГР-45	Наибольший уровень между сроками наблюдений
Штанга гидрометрическая ГР-56	Глубина потока
Самописец уровня: СУВ-М «Валдай», ГР-38	Непрерывная регистрация уровня воды
Секундомер	Длительность измерений
Установка для измерения расхода воды дистанционная: ГР-70, ГР-64М	Глубина и скорость потока, расстояние от постоянного начала

Продолжение табл. 7

Наименование измерительной установки, измерительной системы, средства измерений, устройства	Наименование измеряемых физических величин и параметров
Лебедка гидрометрическая	Глубина потока
Рулетка измерительная	Расстояние
Груз гидрометрический: ГГР, ПИ-1	Глубина потока
Канат разметочный	Расстояние от постоянного начала
Люлька гидрометрическая	—
Мостик гидрометрический	—
Канатная переправа	—

ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Вертикаль промерная — вертикаль, на которой проводится измерение глубины потока.

Вертикаль скоростная — вертикаль, на которой производится измерение средней на вертикали скорости потока.

Вертушка гидрометрическая — средство измерения осредненной во времени скорости потока, чувствительным элементом которого служит лопастной винт.

Водность потока — сравнительная характеристика количества воды, протекающей в конкретном гидрострворе. Численно может выражаться отношением данного расхода воды к некоторому характерному значению (например, норме стока или среднему из наибольших измеренных расходов и т. д.).

Глубина рабочая — глубина потока на вертикали, принимаемая для вычисления расхода воды.

Межень — устойчивые периоды внутригодового цикла, в течение которых наблюдается низкая водность, обусловленная резким уменьшением притока воды с водосборной площади.

Начало постоянное — знак на местности (столб, метка на сооружении и т. д.), от которого всегда производится измерение расстояний в гидрометрическом створе.

Нуль поста — высотная отметка, к которой приводятся отсчеты уровня воды.

Паводок — кратковременное, эпизодически повторяющееся, интенсивное увеличение водности реки, вызываемое дождями или снеготаянием во время оттепелей.

Половодье — ежегодно повторяющаяся фаза водного режима реки, характеризующаяся наибольшей в году водностью, вызываемой снеготаянием, совместным таянием снега и ледников или выпадением обильных дождей.

Попуск — кратковременное резкое увеличение водности потока в конкретном створе, вызванное сбросами воды из вышерасположенного водохранилища.

Пост гидрологический — пункт на водном объекте, оборудованный для выполнения систематических наблюдений за элементами гидрологического режима.

Пост уровнемерный — гидрологический пост, оборудованный для выполнения наблюдений за уровнем и температурой воды.

Промер глубин — серия последовательных измерений глубин по поперечникам или по промерным галсам.

Пространство мертвое — часть поперечного водного сечения водотока, в которой скорость течения меньше порога чувствительности средства измерения скорости.

Пульсация скорости — непрерывное изменение скорости течения в точке как по значению, так и по направлению.

Расход воды — объем воды, протекающий через сечение водотока в единицу времени.

Расход воды элементарный — произведение средней скорости на вертикали на глубину потока на вертикали.

Расход воды частичный — расход, протекающий через отсек живого сечения, ограниченный соседними скоростными вертикалями.

Сечение потока водное — сечение потока в вертикальной плоскости по гидрометрическому створу.

Сечение живое — часть поперечного водного сечения водотока, в которой скорость течения больше порога чувствительности средства измерения скорости.

Срезка уровня — разность между средним уровнем при измерении расхода воды (скоростей потока) и уровнем при выполнении промеров глубин в гидростворе.

Створ гидрометрический (гидроствор) — специально выбранный поперечник водотока, в котором измеряется расход воды и производятся другие виды гидрометрических работ.

Уровень воды — высотная отметка поверхности воды.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Справочное

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КОЭФФИЦИЕНТА ВАРИАЦИИ И РАДИУСА КОРРЕЛЯЦИИ СЛУЧАЙНОГО ПРОЦЕССА

Основной способ.

Обозначим:

$Y(X)$ или $Y(t)$ — случайный процесс как функция продольной координаты X или времени t (см. п. 5.2.5 и 9.1.4);

Y — значения элемента — глубин (п. 5.2.5) или мгновенных скоростей потока (п. 7.4.2);

C_Y — коэффициент вариации элементов

$$C_Y = \frac{\sigma(Y)}{\overline{Y}}, \qquad (2.1)$$

где $\sigma(Y)$ — среднее квадратическое отклонение элемента, $\overline{Y}$ — математическое ожидание значений $Y(X)$ и $Y(t)$, $\xi_к$ — радиус корреляции (п. 5.2.5)

$$\xi_к \approx \arg R(\xi)\,|_{R(\xi)=0,5}; \qquad (2.2)$$

$\tau_к$ — среднее время корреляции

$$\tau_к \approx \arg R(\tau)\,|_{R(\tau)=0,5}, \qquad (2.3)$$

где $R(\xi)$ и $R(\tau)$ — автокорреляционные функции соответственно для $Y(X)$ и $Y(t)$. Определение $\xi_к$ и $\tau_к$ удобно производить по графикам функции $R(\xi)$ и $R(\tau)$, рассчитанных по стандартной программе математического обеспечения ЭЦВМ для данной выборки значений $\{Y(X)\}$ и $\{Y(t)\}$.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Государственная система обеспечения единства измерений
Расход воды на реках и каналах. Методика выполнения измерений методом «скорость — площадь»

МИ 1759—87

Редактор *Л. В. Ярова*
Технический редактор *Г. А. Теребинкина*
Корректор *Е. И. Евтеева*

Н/К

Сдано в наб. 05.09.87 Подп. в печ. 11.12.87 Т—23370 Формат 60×90¹/₁₆ Бумага типографская № 1 Гарнитура литературная Печать высокая 1,75 усл. п. л. 1,75 усл. кр.-отт. 1,68 уч.-изд. л. Тираж 3000 экз. Зак. 1349 Изд. № 9712/4

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, 123840, Москва, ГСП, Новопресненский пер., 3
Тип. «Московский печатник». Москва, Лялин пер., 6.

gost.e-ecolog.ru