
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

ГОСТ Р



НАЦИОНАЛЬНЫЙ
СТАНДАРТ
РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

20XX

*(Проект,
первая
редакция)*

**УРОВЕНЬ И РАСХОД ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД
Общие требования к измерению**

Настоящий проект стандарта не подлежит применению до его утверждения

Москва
Российский институт стандартизации
2025

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Обществом с ограниченной ответственностью «Институт геотехники и инженерных изысканий в строительстве» (ООО «ИГИИС»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 506 «Инженерные изыскания и геотехника»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от ___ _____ 20__ г.
№ ___-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (www.rst.gov.ru)

©Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2025

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения.....	
2 Нормативные ссылки.....	
3 Термины и определения.....	
4 Общие положения.....	
5 Требования к размещению и организации гидрологических постов и пунктов наблюдений.....	
6 Требования к измерению уровня поверхностных вод.....	
7 Требования к измерению расхода поверхностных вод	
Библиография.....	

Введение

В настоящем стандарте приведены требования, предъявляемые к измерению уровня и расхода поверхностных вод.

Настоящий стандарт разработан авторским коллективом ООО «ИГИИС» (руководитель разработки — канд. геол.-минерал. наук М.И. Богданов; ответственный исполнитель — С.А. Гурова; исполнители — С.П. Чалый, Н.Д. Богданова, А.А. Баркова), МГУ имени М.В. Ломоносова (канд. геогр. наук С.А. Сократов, канд. геогр. наук М.А. Самохин), Институт водных проблем Российской академии наук (ИВП РАН) (канд. геогр. наук В.М. Морейдо).

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

УРОВЕНЬ И РАСХОД ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

Общие требования к измерению

Level and discharge of surface waters. General requirements for measurement

Дата введения — XXXX—XX—XX

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает общие требования к измерению уровня и расхода воды поверхностных водных объектов и распространяется на соответствующие работы при инженерных изысканиях [1], государственном мониторинге водных объектов [2] и выполнении других видов деятельности.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ Р XXXXX Гидрология суши. Термины и определения

ГОСТ Р 59328 Аэрофотосъемка топографическая. Технические требования

СП 47.13330 «СНиП 11-02-96 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения»

СП 317.1325800.2017 «Инженерно-геодезические изыскания для строительства. Общие правила производства работ»

П р и м е ч а н и е — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов (сводов правил) в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный документ, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого документа с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию

этого документа с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку. Сведения о действии сводов правил целесообразно проверить в Федеральном информационном фонде стандартов.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ Р XXXXX, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 акустический доплеровский профилограф течения (АДПТ): Прибор для измерения мгновенной скорости и направления течения в водной толще, принцип работы которого основан на эффекте Доплера.

3.2 барботаж: Процесс выпуска воздуха под давлением через трубку, установленную на дно водного объекта.

3.3 велосиметрия крупномасштабная: Оптический метод измерения поверхностной скорости потока, основанный на видеофиксации движения частиц в потоке и автоматизированного их дешифрирования.

3.4 гидрологический пост: Место на берегу водного объекта, оборудованное для систематических гидрологических наблюдений.

3.5 гидрометрическая переправа: Конструкция, обеспечивающая переправу через водный объект (в виде балочного или подвесного мостов, каната над водой поперек водотока, по которому перемещаются люлька или каретка), предназначенное для проведения гидрометрических работ вдоль гидрометрического створа в любой точке водного сечения.

3.6 гидрометрический водослив: Гидротехническое сооружение, оборудованное стенкой, перелив воды через которую позволяет определить её расход.

3.7 компонентность (гидрометрической вертушки): Способность измерять местную скорость водного потока, направленную под углом по отношению к оси вращения лопастного винта или ротора вертушки.

3.8 косоструйность потока: Отклонение направления струй потока в отдельных точках от среднего значения для сечения в целом.

3.9 нуль графика поста: Условная горизонтальная плоскость сравнения, высотная отметка которой принимается за нуль при измерении уровня воды на гидрологическом посту.

3.10 приводка (уровнемерного устройства): Превышение оголовка уровнемерного устройства над нулем графика поста.

3.11 самописец уровня воды: Устройство для автоматической регистрации высотной отметки уровня воды.

3.12 скорость течения: Скорость перемещения частиц воды относительно неподвижного берега, численно равная отношению расстояния, пройденного частицей воды, к промежутку времени.

3.13 уклон водной поверхности: Отношение разности высотных отметок уровня воды на границах исследуемого участка поверхностного водного объекта к длине этого участка.

4 Общие положения

4.1 Измерение уровня и расхода воды поверхностного водного объекта (далее – водный объект) выполняют при инженерных изысканиях, наблюдениях на гидрологических постах, государственном мониторинге водных объектов для решения следующих задач:

- оценки изменения гидрологического режима водного объекта во времени;
- учета составляющих водного баланса;
- получения исходных данных для гидрологических расчетов и прогнозов;
- получения исходных данных при разработке мероприятий по обеспечению безопасности водопользования;
- сопровождения отдельных видов градостроительной деятельности в акватории водных объектов и на смежных с ней участках;
- назначения водоохраных и других зон с особыми условиями природопользования.

4.2 Состав, объемы, методы, периодичность и продолжительность измерений, а также требования к точности измерений устанавливаются в программе наблюдений за уровнем и расходом воды в зависимости от решаемых задач. Программа наблюдений должна быть включена в состав программы инженерно-

гидрометеорологических изысканий или в состав программы инженерных изысканий.

4.3 Измерения уровня и расхода поверхностных вод должны выполняться приборами утвержденного типа в соответствии с [3]. Сведения об утверждении средств измерений должны быть включены в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений (государственный реестр средств измерений) [3, статья 12, пункт 3]. Результаты поверки приборов подтверждаются сведениями о результатах поверки средств измерений, включенными в государственный реестр средств измерений [4], или свидетельствами о поверке.

4.4 Контроль стационарных или временных (срок службы которых охватывает несколько периодов максимальной водности) уровнемерных устройств (отметок свай, реек, кронштейнов) нивелированием их высотного положения относительно репера должен проводиться не реже одного раза в год и после прохождения каждого пика паводка и половодья, которые могут привести к деформациям уровнемерных устройств, а также ледохода. Контроль оборудования для измерения расхода воды должен проводиться не реже одного раза в два года (если другое не оговорено в техническом паспорте устройства).

4.5 Результаты измерений уровня и расхода воды должны проходить внутренний контроль. Приемку результатов измерений для последующей обработки выполняют с составлением акта, который должен быть подписан исполнителем измерений и лицом, осуществляющим внутренний контроль.

5 Требования к размещению и организации гидрологических постов и пунктов наблюдений

5.1 Измерения уровня и расхода воды выполняют на гидрологических постах и пунктах наблюдений.

Гидрологические посты оборудуют как постоянно действующие для выполнения наблюдений за изменением уровня и расхода воды в процессе выполнения мониторинга водных объектов [5, 6].

Пункты наблюдений оборудуют как временные для изменения уровня и расхода воды в процессе выполнения инженерных изысканий и других видов деятельности.

5.2 Гидрологические посты на реках располагают на неразветвленных на

рукава участках с минимальной шириной поймы, низкими темпами русловых деформаций, отсутствием побочней, осередков, косоструйности, вне узлов слияния рек и интенсивной хозяйственной деятельности.

Гидрологические посты на озерах и водохранилищах, как правило, располагают около истоков рек, вытекающих из них.

Гидрологические посты на водохранилищах располагают в верхних бьефах гидросооружений, а также на водотоках, питающих водохранилища, вне зоны воздействия подпора от гидросооружений.

5.3 На гидрологическом посту уровень и расход воды измеряется, как правило, в едином закрепленном створе. Выбранный створ должен обеспечивать репрезентативность наблюдений. Выбор створа измерений уровня воды следует выполнять в соответствии с 6.6, выбор створа измерений расхода воды — в соответствии с 7.4.

Створы измерения уровня и расхода воды могут не совпадать при выполнении условий отсутствия значимых притоков на участке между ними. Выбранное место для измерения уровня воды должно отвечать требованиям репрезентативности измеряемого уровня для исследуемого участка водного объекта и безопасности производства измерений.

5.4 Временные пункты наблюдений располагают в створах проектируемых переходов линейных сооружений через водные объекты, а также в створах проектируемых водозаборов, водовыпусков и на участках, смежных с планируемой застройкой.

5.5 Вне зависимости от продолжительности наблюдений необходимо подготовить в бумажном или электронном виде схему расположения створа измерений, записать в соответствующих документах (6.17 и 7.18) его географические координаты с точностью, указанной в СП 317.1325800.2017 (пункт 5.3.6.3, таблица 5.8), а также даты и время измерений.

6 Требования к измерению уровня поверхностных вод

6.1 Измерение уровня воды водного объекта представляет собой комплекс гидрологических работ по определению превышения отметки водной поверхности над плоскостью сравнения. Высотной отметкой плоскости сравнения при измерении уровня воды может быть нуль принятой геодезической системы высот или нуль графика поста.

6.2 Значение уровня воды водного объекта определяется в метрах с округлением до 1 см или в сантиметрах с округлением до ближайших целочисленных значений (если данный показатель не оговорен отдельно).

6.3 На гидрологических постах основные измерения уровня воды осуществляют в определенные синоптические сроки (08:00, 20:00). При существенном увеличении уровня воды между сроками наблюдений, которое определяется индивидуально для каждого поста, частота измерения может быть увеличена. Частоту и время дополнительных измерений уровня воды устанавливают в программе наблюдений.

6.4 Среднесуточный уровень воды рассчитывают, как среднеарифметическое между наблюденными значениями (при условии равного интервала времени между наблюдениями).

6.5 Приводки уровнемерных устройств следует проверять нивелированием с использованием реперной отметки в соответствии с точностью, указанной в СП 317.1325800.2017 (пункт 5.3.6.3, таблица 5.8). Нуль графика поста в течение всего периода наблюдений следует принимать неизменным. Высотную отметку нуля графика поста привязывают к государственной или региональной системам высот.

6.6 При выборе участка для расположения створа измерения уровня воды в водотоках следует, по возможности, соблюдать следующие требования:

- участок водотока должен быть прямолинейным на протяжении его пятикратной ширины, неразветвленным на рукава, с корытообразной формой русла и с минимальной шириной поймы;

- на участке водотока, а также непосредственно выше и ниже него не должны находиться острова и осередки, которые могут вызывать переменный подпор, косоструйность, поперечные уклоны;

- берега и русло должны быть устойчивыми (характеризоваться минимальным темпом русловых и пойменных деформаций);

- в русле должна отсутствовать внутриводная растительность.

6.7 Измерение уровня воды осуществляют с применением следующих методов:

- непосредственного визуального наблюдения (6.8);

- с применением измерительных приборов (уровнемеров поплавкового и радарного типа) (6.9);

- измерения давления водного столба над уровнемером (с применением гидростатического принципа) (6.10);
- измерения давления воздуха при барботаже по трубке, погруженной на дно водного объекта (6.11);
- фото- или видеофиксации уровней водной поверхности по маркерам с известной высотной отметкой в долине водного объекта (6.12);
- дистанционного измерения отметок уровня воды (дистанционного зондирования, спутниковой альтиметрии) (6.13).

6.8 Измерение уровня воды непосредственным визуальным наблюдением выполняют с помощью:

- системы свай;
- вертикальной или наклонной рейки;
- мерной ленты с грузом.

6.8.1 Измерение уровня воды с помощью системы свай и переносной гидрометрической рейки осуществляют путем установки последней на самую высокую из затопленных свай. Стандартную водомерную переносную рейку изготавливают из металлической трубы длиной 100 см, на которую наносятся деления через 1 см. Сваи устанавливают в диапазоне от минимального до максимального возможного уровня воды с шагом по вертикали не более 0,5—0,8 м. Глубина заложения свай должна превышать максимальную глубину промерзания почвы, а условиях распространения многолетнемёрзлых грунтов (ММГ) должна превышать максимальную глубину сезонноталого слоя (СТС).

6.8.2 При наличии на участке измерения стабильного (или искусственно укрепленного) берега, русловых опор мостового перехода, набережной или иной незначительно деформируемой поверхности допускается применение стационарных вертикальных или наклонных реек. Стационарные рейки монтируют таким образом, чтобы наблюдатель мог снимать показания при любом уровне воды.

6.8.3 При значительном волнении водной поверхности или бурном состоянии потока применяют переносные водомерные рейки с успокоителем. Такая рейка представляет собой резервуар длиной 100 см, имеющий в сечении форму ромба, склеенный из двух прозрачных пластиковых пластин из органического стекла. На каждой пластине нанесена вертикальная шкала с делениями через 1 см. В дне резервуара должно быть отверстие, соединяющее успокоитель рейки с внешней

средой. Наблюдатель в процессе установки такой рейки на сваю открывает отверстие для наполнения ее водой. Далее отверстие закрывается, что позволяет извлечь рейку из воды и снять точные показания.

6.8.4 Для измерения только максимального уровня воды во время прохождения паводков (в первую очередь в труднодоступных районах) применяют максимальные водомерные рейки.

Максимальная водомерная рейка представляет собой автономное уровнемерное устройство, позволяющее фиксировать предельный за период измерения уровень воды без присутствия наблюдателя (между сроками наблюдений). Рейка представляет собой трубу с винтовым наконечником, предназначенным для установки рейки в грунте. Внутри рейки устанавливают стержень, на который нанесена шкала с делениями через 1 см. На стержень перед установкой его в трубу наносят слой мела, по смыванию которого определяют максимальный уровень воды.

6.8.5 В случаях, когда подход к водному объекту затруднен, применяют передаточные уровнемерные устройства, которые представляют собой стрелу с блоком, через который пропущен размеченный трос с подвешенным грузом. Измерение проводят путем фиксации отсчета в момент касания грузом водной поверхности. Предварительно показания по тросу должны быть тарированы для перевода значений длины троса в значения уровня воды.

6.9 Уровнемеры поплавкового типа требуют установки колодца-успокоителя и представляют собой поплавок, сопряженный с записывающим устройством, регистрирующим колебания положения поплавка или на ленте, которая приводится в движение часовым механизмом, или на электронном носителе данных. Колодец должен быть установлен за пределами возможного воздействия эрозионных процессов и ледохода и сообщаться с водным объектом горизонтальной водопропускной трубой, установленной ниже минимально возможного уровня в водном объекте. В колодец помещают поплавок, тросом или лентой соединенный с записывающим устройством. Масштабы времени и записи уровня воды выбираются с учетом амплитуды его колебаний.

Уровнемеры радарного типа основаны на измерении времен передачи импульса и приема отраженного сигнала приемопередатчиком, расположенным над акваторией водного объекта. Время между моментом излучения сигнала и моментом приема отраженного сигнала прямо пропорционально расстоянию

между приемопередатчиком и поверхностью воды и обратно пропорционально скорости распространения сигнала в воздухе. Ограничение для применения уровнемеров радарного типа обусловлено наличием льда и формированием снежного покрова на акватории в период ледостава. Применение уровнемеров, сконструированных по принципу дальномеров, возможно либо в период открытой воды, либо в условиях искусственного поддержания майны (искусственной полыни) на участке акватории, где выполняют измерения. Определение уровня воды только в период года без ледовых явлений может использоваться в целях сбора данных о максимальных уровнях воды.

6.10 Автоматические самописцы уровня воды [7], основанные на измерении давления водного столба (гидростатические уровнемеры), не требуют установки успокоительного колодца. Установку гидростатического уровнемера осуществляют непосредственно на дно водного объекта с соблюдением требования о его неизменном положении как по высоте, так и в плане. Измерительное устройство должно быть установлено ниже минимально возможного уровня воды. Место установки должно характеризоваться минимальными темпами русловых деформаций. Данные измерений могут записываться в автономную память уровнемера или передаваться в режиме реального времени на гидрологический пост. В случае автономной записи, показания прибора снимаются оператором через заданный интервал времени (сутки, месяц, год, отдельная фаза водного режима или другой интервал, определяемый задачами измерений, указанными в программе наблюдений). На момент переноса данных из автономной памяти уровнемера должен быть зафиксирован уровень водной поверхности. Для решения задач прогнозирования паводков допускается применять системы, осуществляющие передачу данных из пункта наблюдений при изменении уровня на заранее определенную величину.

При использовании автоматического самописца уровня воды, измеряющего давление, регистрируется суммарное давление водного и атмосферного столба. Определение изменений уровня воды может быть выполнено только после барокомпенсации (исключения влияния изменения атмосферного давления). Для этого необходимо организовать синхронные наблюдения за атмосферным давлением в соответствующие сроки наблюдений. Допускается выполнять барокомпенсацию на основе данных наблюдений ближайшей метеорологической станции при выполнении следующих условий: расстояние до метеорологической

станции не более 50 км, разница в высоте метеостанции и участка наблюдений за уровнем воды не более 50 м, сходные географические условия (рельеф, растительность, застройка территории). Допустимость применения данных ближайшей метеорологической станции для барокомпенсации должна быть подтверждена синхронными наблюдениями за атмосферным давлением продолжительностью не менее одного месяца.

6.11 Автоматические самописцы уровня воды барботажного типа измеряют давление, необходимое для выпуска заданного объема воздуха через пьезометрическую трубку, установленную на дне водного объекта. Требования к установке барботажных уровнемеров совпадают с требованиями к гидростатическим уровнемерам (6.10). Измерительное оборудование (манометр) и компрессор устанавливают вне зоны возможного затопления и воздействия русловых деформаций.

6.12 Измерение уровня воды с применением фото- или видеофиксации выполняют в период года, когда акватория водного объекта свободна от ледовых явлений. Измерения основаны на получении изображений долины реки и их последующего анализа, который позволяет определить положение водной поверхности. Для повышения эффективности измерений в пределах участка долины водного объекта, попадающего в объектив камеры, устанавливаются маркерные знаки с известными высотными отметками.

6.13 Измерение уровня воды с применением дистанционного зондирования, включает в себя аэрофототопографические методы с беспилотными летательными аппаратами (БПЛА) с применением лидарной съемки (по ГОСТ Р 59328) и спутниковую альтиметрию.

6.14 При выполнении инженерно-гидрометеорологических изысканий уровень воды измеряют один или несколько раз в течение периода полевых работ. В этом случае выбор участка для измерения уровня воды производят в соответствии с заданием на выполнение инженерно-гидрометеорологических изысканий и программой работ (СП 47.13330).

При однократном измерении уровня воды не предусмотрена организация стационарных уровнемерных устройств. Уровень воды может быть измерен с помощью систем глобального спутникового позиционирования или путем геометрического нивелирования уреза водной поверхности от реперных отметок.

При многократном измерении уровня воды организуют временный гидрологический пост в акватории водного объекта, на котором устанавливают размеченную рейку для визуального отсчета уровней воды в сроки наблюдений. Допускается применение БПЛА для измерения уровня воды на акватории труднодоступных водных объектов.

6.15 При неоднозначной связи расходов и уровней воды в створе наблюдений (вызванной переменным подпором, влиянием ледовых явлений, зарастанием русла) следует организовывать уклонный гидрологический пост. Такой пост представляет собой два створа наблюдений, имеющих единый нуль графика. Расстояние между створами определяется в зависимости от характерного минимального уклона водной поверхности. Превышение между уровнями воды на данных створах должно превышать допустимую погрешность определения уровня воды. Измерение уровня воды на двух створах наблюдений проводят одновременно. Уклон водной поверхности определяется как отношение превышения между измеренными в створах уровнями воды к горизонтальному проложению между ними. На уклонном гидрологическом посту в каждый срок наблюдений фиксируются измеренные уровни и уклон водной поверхности.

6.16 Вне зависимости от метода измерения уровня воды точность его определения должна составлять ± 1 см. При этом необходимо учитывать совокупную погрешность измерений, которая формируется за счет технической погрешности уровнемерного устройства, погрешности определения уровня отсчета (нуля графика поста, сваи или рейки, по которой ведется отсчет), погрешности исполнителя наблюдений. Совокупная погрешность не должна превышать ± 7 см [8].

6.17 Измеренные значения уровней воды фиксируют в журнале водомерных наблюдений (в бумажном виде) или на цифровом носителе (в электронном виде). Дополнительно указывают наличие и тип ледовых явлений, высоту ветровых волн, наличие внутриводной растительности, приводят сведения о значимых русловых деформациях, сведения о судоходстве; приводят сведения об осадках между сроками наблюдений, сведения о заторных, зажорных, приливных, нагонных явлениях, зафиксированных выше и ниже створа измерения уровня воды, а также сведения о техногенном воздействии на режим уровней воды.

На постах государственной сети мониторинга оформление результатов наблюдений выполняют согласно [9].

7 Требования к измерению расхода поверхностных вод

7.1 Измерение расхода воды водного объекта представляет собой комплекс гидрологических работ по определению объема воды, проходящего через заданное сечение в единицу времени.

7.2 При измерении расхода воды:

- измеряют уровень воды;
- определяют метеорологические (скорость и направление ветра, температура воздуха и др.) и ледовые условия;
- определяют уклон водной поверхности (по возможности);
- определяют характер рельефа дна и затопленной части поймы, состав донных отложений и наличие внутриводной растительности.

7.3 Значение измеренного расхода воды определяется в кубических метрах в секунду ($\text{м}^3/\text{с}$) или в литрах в секунду ($\text{л}/\text{с}$). Округление значения расхода воды принимают до трех значащих цифр (если данный показатель не оговорен отдельно).

7.4 Основные требования к выбору участка для размещения створа измерения расхода воды соответствуют требованиям к выбору участка измерений уровня воды (6.6). Дополнительные требования к участку:

- скорость течения воды в межень не менее 0,05 м/с;
- скорость течения воды на пике паводка или половодья не более 5 м/с;
- максимальная глубина потока в межень не менее 0,1 м;
- отсутствие зон со стоячей водой или противотечениями;
- отсутствие влияния гидротехнических сооружений;
- равномерное квазипрямолинейное движение воды в потоке.

При выборе участка следует стремиться к выполнению максимального количества вышеперечисленных требований. При необходимости на несудоходных водотоках с шириной до 100 м створ измерений может быть оборудован гидрометрической переправой.

7.5 При несоблюдении требований по минимальной скорости течения и минимальной глубине (7.4) рекомендуется выполнение работ по упорядочиванию русла (искусственное стеснение, расчистка и спрямление русла, планировка и укрепление береговых откосов).

7.6 Измерение расхода воды выполняют с применением следующих методов:

- объемного — непосредственного измерения объема истечения в единицу времени (7.7);
- применения акустик-доплеровских измерителей расхода воды (7.8);
- «скорость — площадь» — определение средней скорости течения (с применением гидрометрических вертушек, батометров-тахиметров, гидрометрических трубок, измерителей электромагнитной индукции, погружных динамометров, измерителей скорости теплообмена, пуска поверхностных и глубинных поплавков, а также поплавков-интеграторов) и площади водного сечения (с применением механического лота, эхолота, наметки) (7.9);
- видеофиксации при крупномасштабной велосиметрии (7.10);
- мерных устройств — определения напора перед гидрометрическим водосливом или уровня воды в лотке с постоянной геометрией (7.11);
- смешения (длительного пуска вещества-индикатора или «ионного паводка») (7.12).

7.7 Измерение расхода воды путем непосредственного определения объема истечения в единицу времени (объемный метод) применяют на водотоках с расходом воды до 20 л/с. Данный метод применяют для измерения расхода воды родников, ключей и малых водотоков. Подготовительные работы заключаются в организации барьера, перекрывающего поток, сток которого через отверстие попадает в мерный сосуд. Сосуд тарируется и размечается с шагом в 0,01 или 0,001 м (высоты сосуда). Расход воды определяют как отношение объема воды в сосуде ко времени наполнения.

Автоматизация объемного метода измерения заключается в применении опрокидывающихся емкостей.

7.8 Измерение расхода воды путем применения акустик-доплеровского профилографа течений (АДПТ) заключается в зондировании всего поперечного сечения потока и применяется на больших и средних реках [10]. Ограничений по значению максимального измеряемого расхода воды нет. Данный метод не рекомендуется при недостаточных глубинах потока (в зависимости от типа применяемого оборудования и его рабочей частоты минимальная рабочая глубина изменяется в диапазоне 0,1—0,6 м). Максимальная глубина исследуемого потока ограничена техническими характеристиками АДПТ и обычно составляет не менее

40 м. Применение АДПТ невозможно в условиях высокой минерализации потока, отсутствия «твердого дна» (значительной подвижностью донных отложений), отсутствия в воде отражающих элементов (взвешенных наносов, пузырьков воздуха, планктона).

В процессе зондирования АДПТ в режиме реального времени измеряет глубину потока, его скорость и плановое положение промерного судна и передает данные измерений на компьютер. Измерения проводят путем перемещения профилографа от берега к берегу в поверхностном слое водного объекта. Профилограф может быть установлен на кронштейнах, закрепленных на промерном судне, или размещаться на автономном плавсредстве. Заглубление излучателя профилографа следует устанавливать в диапазоне 0,02—0,10 м. Расстояние от берега до начальной и конечной точек профилирования должно быть минимальным (учитывая маневренность и осадку промерного судна) и фиксироваться в процессе измерений. Скорость движения АДПТ по профилю следует принимать не более двух—пяти средних скоростей течения потока.

Непосредственное измерение расхода воды с помощью АДПТ выполняют в рабочей области поперечного сечения реки. Рабочая область не включает в себя сегменты у берегов, поверхностный и придонный слои. Размеры поверхностного и придонного слоя зависят от типа применяемого измерительного оборудования. Доля рабочей области от полной площади поперечного сечения должна быть максимально возможной. Для определения общего расхода в поперечном сечении скорость течения в поверхностном и придонном слое определяется путем экстраполяции. Экстраполяцию допускается проводить по линейному или степенному тренду. Так же выполняют экстраполяцию скорости течения в береговые сегменты, не охваченные зондированием.

Измерение расхода воды в каждом створе рекомендуется выполнять не менее четырех раз. Если общий расход воды для одного из измерений отличается от остальных более чем на 5 %, выполняют дополнительное измерение.

7.9 Определение расхода воды методом «скорость — площадь» заключается в выполнении следующего комплекса работ:

- выбор створа и определение рабочего уровня воды;
- выполнение промерных работ (измерение глубины потока в поперечном сечении водного объекта) для определения площади поперечного сечения и назначения положения скоростных вертикалей;

- измерение скорости течения на заданных горизонтах на каждой вертикали;
- определение расхода воды.

7.9.1 Работы на створе проводятся:

- вброд (при глубинах не более 1 м и скорости течения менее 1,0 м/с);
- с помощью гидрометрической переправы (при ширине русла не более 100 м и глубине не более 12 м);
- с плавсредства.

7.9.2 Измерение глубины потока по поперечному створу выполняют с помощью:

- наметки или систем глобального спутникового позиционирования — при глубинах до 6 м;
- лота или механического лота — при скорости течения до 3,0 м/с;
- эхолота — при глубине не менее 0,2—0,6 м в зависимости от типа применяемого оборудования.

7.9.3 Определение положения точки измерения глубины потока на створе выполняют с помощью:

- размеченного троса (при ширине русла до 100 м);
- оптического или лазерного дальномера;
- теодолита или тахеометра (путем триангуляции с выносной точки);
- систем спутникового позиционирования.

7.9.4 При выполнении промерных работ измерения глубины потока выполняют с минимально возможным расстоянием между точками измерений. Оно должно составлять 1/10—1/100 общей ширины потока. Промерные работы выполняют дважды: от левого берега к правому и обратно. При выявлении значимых расхождений в измеренных глубинах по прямому и обратному ходу выполняют повторную серию измерений. Разница в площади сечения, вычисленной по прямому и обратному ходу, не должна превышать 2 %.

7.9.5 В результате анализа поперечного профиля русла назначают количество и положение скоростных вертикалей. Основной принцип назначения заключается в получении репрезентативного распределения скоростного поля потока по всему сечению. При первом измерении расхода воды на новых гидрологических постах рекомендуется назначать не менее 10 скоростных вертикалей. Количество вертикалей допускается снижать только после накопления

достаточного количества измерений в течение всех фаз водного режима. Оптимизацию количества скоростных вертикалей выполняют следующим образом:

- выполняют измерения на 10 вертикалях;
- определяют расход воды на основе данных по всем 10 вертикалям;
- определяют расход воды по данным того же измерения, но с использованием сокращенного количества вертикалей.

При отклонении расхода воды, полученного по сокращенному количеству вертикалей, менее чем на 2 % допускается выполнить оптимизацию путем выбора наиболее репрезентативных вертикалей для дальнейших измерений.

7.9.6 На каждой вертикали измерение скорости течения выполняют:

- гидрометрической вертушкой;
- акустическим доплеровским измерителем скорости течения (АДИС);
- индукционным измерителем скорости течения (ИИС);
- поверхностными или глубинными поплавками.

7.9.7 Гидрометрические вертушки измеряют количество оборотов винта (или чашечного ротора) за время измерения, которое составляет не менее 30—60 с. Продолжительность измерений определяется степенью турбулентности потока. Преобразование количества оборотов вертушки в единицу времени в скорость потока выполняется по тарифовочным таблицам или с применением электронного преобразователя.

7.9.8 Измерения гидрометрическими вертушками, АДИС и ИИС выполняются на пяти-шести горизонтах на каждой вертикали. Измерительный прибор опускают на выбранный горизонт на гидрометрической штанге (при глубинах до 4—6 м) или на тросе. При погружении прибора на тросе он должен быть снабжен хвостовым оперением (стабилизатором). Допускается отклонение измерителя от направления потока, но не более чем на значение его компонентности (которое определяется типом и техническими характеристиками прибора). Измерения выполняют у поверхности воды, в придонном слое, а также при заглублении на 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 от общей глубины. При необходимости назначают дополнительные горизонты для измерения. При достаточной степени изученности створа измерений допускается сокращать количество горизонтов, если сокращение не приводит к изменению расчетного значения средней скорости на вертикали более чем на 5 %.

7.9.9 Расчетное значение средней скорости на вертикали определяют как отношение площади, ограниченной поверхностью воды, эпюрой вертикального

распределения скорости потока и дном, к глубине потока. Допускается применение аналитических уравнений по определению средней скорости на вертикали типа:

$$V_{\text{ср}} = 0,1(V_{\text{поверхн}} + 3V_{0,2} + 3V_{0,6} + 2V_{0,8} + V_{\text{придонн}}) \quad (1)$$

или

$$V_{\text{ср}} = 0,1(V_{\text{поверхн}} + 2V_{0,2} + 2V_{0,4} + 2V_{0,6} + 2V_{0,8} + V_{\text{придонн}}), \quad (2)$$

где $V_{\text{поверхн}}$ — скорость потока у поверхности воды, м/с;

$V_{0,2}$, $V_{0,4}$, $V_{0,6}$, $V_{0,8}$ — скорость потока при заглублении на 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 от общей глубины соответственно, м/с;

$V_{\text{придонн}}$ — скорость потока в придонном слое, м/с.

7.9.10 Расход воды в сегменте потока, ограниченном скоростными вертикалями, определяют:

- аналитическим способом, как произведение полусуммы средних скоростей течения на смежных вертикалях на площадь ограниченного ими сегмента. В береговых сегментах потока (ограниченных берегом и ближайшей к нему вертикалью) расход воды определяют как произведение средней скорости течения на данной вертикали на его площадь и на береговой коэффициент. Береговой коэффициент изменяется в диапазоне от 0,5 до 1,0 и зависит от характера гашения скорости течения в прибрежной области;

- способом изотак — путем построения схемы распределения измеренных скоростей течения и интерполяции изолиний равных скоростей течения (изотах); вычисляют частные расходы воды (как произведение площади между изотахами и средней скорости потока воды, ограниченного изотахами) и общий расход воды в сегменте потока (как сумму частных расходов воды).

7.9.11 При измерении скорости потока поплавками фиксируют время движения поплавок между поперечными сечениями потока (с помощью секундомера). В процессе работ необходимо записывать расстояние от постоянного начала до точки пересечения поплавок верхнего и нижнего сечения (с помощью теодолита или дальномера). Расстояние, пройденное поплавок, определяется как длина гипотенузы треугольника, катетами которого являются: расстояние между сечениями; разность в расстоянии от постоянного начала до точки пересечения верхнего и нижнего створов. Скорость течения принимают равной скорости движения поплавок, полученной как отношение расстояния, пройденного поплавок, ко времени его движения между створами. Для измерения

расхода воды рекомендуется запускать не менее 15 поплавков равномерно по всей ширине потока.

7.9.12 Определение расхода воды, измеренного поплавками, выполняют аналогично 7.9.10. При использовании только поверхностных поплавков определяют фиктивный (полученный только по данным о поверхностных скоростях течения) расход воды. Переход от фиктивного к фактическому расходу воды выполняют с помощью коэффициента, который зависит от глубины потока и шероховатости русла. Переходный коэффициент может быть получен при синхронном измерении гидрометрической вертушкой. Для предварительных расчетов расхода воды допускается использовать переходные коэффициенты, рекомендованные [11].

7.10 При определении расхода методом крупномасштабной велосиметрии поверхностную скорость течения определяют путем фиксации движения частиц, вовлеченных в поток. Измерения проводят с помощью видеокамеры, размещенной над потоком. На берегах потока предварительно устанавливают неподвижные маркеры, которые позволяют дешифровать данные измерений. В створе измерений осуществляют параллельные инструментальные измерения для определения переходного коэффициента от поверхностной скорости к средней скорости потока в широком диапазоне изменения уровней воды.

7.11 Измерение расхода воды с применением мерных устройств (специальных сооружений для упорядочивания потока) рекомендуется на гидрологических постах при измерении расхода воды, не превышающего 10 м³/с. Берега и дно русла закрепляются бетонными или металлическими конструкциями. При этом существенно снижается трудоемкость работ и увеличивается точность измерений. Основные типы мерных устройств представляют собой гидрометрические водосливы с широким порогом или с тонкой стенкой и гидрометрические лотки. Для всех типов мерных устройств необходимо соблюдение следующих условий:

- постоянная геометрия сооружения (отсутствие деформаций);
- равномерное движение воды в потоке на подходе к сооружению;
- отсутствие ледовых явлений и зарастания русла внутриводной растительностью;
- незначительный сток наносов или эксплуатационные работы по расчистке сооружения от аллювиальных отложений.

В верхнем бьефе мерного устройства устанавливают постоянную рейку для измерения напора. Расход воды в мерном устройстве имеет однозначную функциональную зависимость от напора. Тип данной зависимости определяется при тарировании мерного устройства. Допускается применение радарного уровнемера для определения напора, что позволяет полностью автоматизировать измерение расхода воды.

7.12 Измерение расхода воды методом смешения основано на определении степени разбавления потоком введенного в нее раствора вещества-индикатора. Вещество-индикатор должно характеризоваться постоянной электропроводностью, которая в 10—1000 раз превышает электропроводность потока. Применение этого метода рекомендовано для потоков с высокой степенью турбулентности, в том числе на горных потоках с валунным руслом и высокой скоростью течения, где затруднено определение площади поперечного сечения. Измерение методом смешения выполняют:

- способом длительного введения в водный объект вещества-индикатора с постоянным расходом;
- способом мгновенного введения в водный объект вещества-индикатора с известным объемом (метод «ионного паводка»).

Для каждого из способов измеряют фоновую электропроводность потока на участке выше створа пуска вещества-индикатора и проводят наблюдения за изменением электропроводности в контрольном створе. Контрольный створ должен быть организован ниже по течению относительно створа введения вещества-индикатора. Расстояние до контрольного створа должно обеспечить полное смешение вещества-индикатора с водой потока. На участке между створом введения и контрольным створом не должно быть притоков, застойных зон, гидротехнических сооружений, водовыпусков и водозаборов, значительного развития внутриводной растительности.

Для способа длительного пуска расход воды потока Q , м³/с или л/с, определяют по формуле

$$Q = Q_{и} \cdot C_{и} / C_{ф}, \quad (3)$$

где $Q_{и}$ — расход вещества-индикатора, м³/с или л/с;

$C_{и}$ — электропроводность вещества-индикатора, мкСм (микросименс) или мСм (миллисименс);

$C_{ф}$ — фоновая электропроводность потока, мкСм или мСм.

Для способа мгновенного пуска выполняют высокочастотное (один раз в 2—10 с) измерение электропроводности потока. Расход воды потока Q , м³/с или л/с, определяют по формуле

$$Q = C_{и} V_{и} / (\sum C_i \Delta t - C_{ф} \sum \Delta t), \quad (4)$$

где $C_{и}$ — электропроводность вещества-индикатора, мкСм или мСм;

$V_{и}$ — объем вещества-индикатора, л;

C_i — электропроводность потока в контрольном створе в момент i -го измерения, мкСм или мСм;

Δt — время между измерениями, с;

$C_{ф}$ — фоновая электропроводность потока, мкСм или мСм.

В качестве вещества-индикатора допускается использовать поваренную соль или другое вещество, не оказывающее негативное воздействие на экологическое состояние потока. Альтернативной технологией для метода смешения является введение в поток красителя и определение степени разбавления флуориметром (прибором для определения цвета воды в потоке [11]).

7.13 Точность измерения расхода воды определяется в зависимости от метеорологических и ледовых условий, метода измерения, применяемых приборов. В таблице 1 представлен диапазон изменения точности измерения расхода воды в зависимости от метода измерения.

Т а б л и ц а 1 — Ориентировочная точность измерения расхода воды в зависимости от применяемого метода

Метод определения расхода воды	Расход воды, л/с		Точность метода, %
	минимальный	максимальный	
Объемный метод (6.7)	—	20	0,5—2,0
АДПТ (6.8)	100,0	—	2,0—10,0
«Скорость — площадь» (6.9)	15,0—30,0	—	2,0—30,0
Крупномасштабная велосиметрия (6.10)	10,0	300000	10,0
Метод мерных устройств (6.11)	0,8—6,0	1400—10000	2,0—5,0
Метод смешения (6.12)	50,0	50000	5,0—20,0

7.14 Полученные значения измеренных расходов воды должны быть проверены на основе сопоставления с результатами наблюдений на смежных постах, а также путем анализа комплексных графиков гидрометеорологических условий на водосборе (включающих в себя сведения о жидких и твердых осадках, температуре воздуха, ледовых явлениях и снеговом покрове). Резкие изменения

расходов воды («выбросы»), не имеющие обоснования, должны быть отмечены как сомнительные для принятия дальнейшего решения об их использовании в расчетах.

7.15 Результаты измерения расхода воды на гидрологических постах могут быть использованы для определения среднесуточных расходов воды на основе кривой (или семейства кривых) связи с соответствующими уровнями воды. При этом следует учитывать неоднозначность связи расходов и уровней воды, определяемую:

- переменным подпором при заторах, зажорах, приливах, нагонах, а также в узлах слияния рек;
- неустановившимся движением воды и пойменным регулированием стока;
- формированием и разрушением ледостава;
- карчеходом и заломами;
- зарастанием русла;
- русловыми деформациями;
- техногенным регулированием стока.

7.16 Результаты измерения расхода воды при выполнении инженерно-гидрометеорологических изысканий могут быть использованы для:

- уточнения коэффициента шероховатости (n) русла и затопленной части долины (7.16.1);
- оценки распределения стока по рукавам на разветвленных участках рек (7.16.2);
- определения соотношения между расходом воды и площадью водосбора (7.16.3);

7.16.1 Уточнение коэффициента шероховатости затопленной части долины выполняют в случае наличия данных об уклоне водной поверхности на момент измерений. Коэффициент шероховатости для каждой части долины в первом приближении может быть получен обратным расчетом по формуле Шези—Маннинга:

$$n = Q / \omega R^{2/3} i^{0,5} \quad (5)$$

где Q — расход воды в исследуемой части долины, м³/с;

ω — площадь поперечного сечения данной части долины, м²;

R — гидравлический радиус, м;

i — уклон водной поверхности, м/м.

Коэффициент шероховатости следует рассчитывать для отдельных секторов затопленной части долины, характеризующихся квазиоднородными условиями дна (рельеф, крупность донных отложений, растительность).

Значения измеренного расхода воды наносят на кривую связи расходов и уровней воды, полученную расчетным путем по формуле Шези—Маннинга, для створа производства инженерно-гидрометеорологических изысканий. Отклонение измеренных от расчетных расходов воды позволяет выполнить калибровку и уточнение кривой путем введения поправок в расчетные значения коэффициента шероховатости или уклона водной поверхности.

7.16.2 Оценку распределения стока по рукавам измерения расхода воды следует выполнять путем измерения в рукавах, а также выше разветвления или ниже слияния рукавов. Выполняют проверку суммарного расхода воды в рукавах с расходом воды единого русла.

7.16.3 Определение соотношения между расходом воды и площадью водосбора выполняют для уточнения региональных эмпирических зависимостей, используемых для расчета минимальных расходов воды в неизученных створах водных объектов. Измерения выполняют выше и ниже узлов слияния рек и на приустьевых участках их притоков. При формировании устойчивой связи между расходом воды и модулем его стока может быть выведена региональная расчетная формула. Применение подобной технологии допускается при изучении максимального стока весеннего половодья и дождевых паводков при соблюдении синхронности измерений с прохождением волны максимальных расходов через створы наблюдения.

7.17 Частота измерения расхода воды на гидрологических постах в течении года зависит от:

- устойчивости зависимости между уровнем и расходом воды;
- интенсивности изменения расхода в половодье и периоды паводков;
- доступности створа для производства измерений.

Для новых гидрологических постов рекомендуется измерение расхода воды не менее 30 раз в год. С течением времени и накоплением данных для кривой связи расходов от уровней воды количество измерений допускается уменьшать, но производить не менее 10 измерений в год. Частоту измерений увеличивают в периоды половодья и паводков, наличия ледовых явлений, зарастания русла

внутриводной растительностью, при наблюдении интенсивных русловых деформаций.

Количество измерений расхода воды при производстве инженерно-гидрометеорологических изысканий определяется программой наблюдений.

7.18 Результаты оформляют в зависимости от метода измерения расхода воды в бумажном или электронном виде:

- в типовых книжках для записи расхода воды, измеренного гидрометрической вертушкой или поплавками;
- в ведомостях концентраций растворенного вещества-индикатора при использовании метода смешения;
- в ведомостях измеренных напоров воды при использовании мерных устройств;
- на электронном носителе при измерении с помощью АДПТ.

Библиография

[1] Постановление Правительства Российской Федерации от 19 января 2006 г. № 20 «Об инженерных изысканиях для подготовки проектной документации, строительства, реконструкции объектов капитального строительства»

[2] Постановление Правительства Российской Федерации от 10 апреля 2007 г. № 219 «Об утверждении Положения об осуществлении государственного мониторинга водных объектов»

[3] Федеральный закон от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений»

[4] Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. Доступен в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» по адресу: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/cm/results>

[5] Федеральный закон от 19 июля 1998 г. № 113-ФЗ «О гидрометеорологической службе»

[6] Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Выпуск 2. Часть II. Гидрологические наблюдения на постах (утверждено Главным управлением гидрометеорологической службы при Совете Министров СССР 1 ноября 1973 г.)

[7] РД 52.08.869—2022 «Руководство по организации и проведению измерений уровня воды в водоемах и на водотоках автоматизированными гидрологическими комплексами»

[8] Постановление Правительства РФ от 16 ноября 2020 г. № 1847 «Об утверждении перечня измерений, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений»

[9] РД 52.19.857—2016 «Подготовка и занесение гидрологической информации по рекам и каналам на технический носитель»

[10] РД 52.08.767—2012 «Расход воды на водотоках. Методика измерений акустическими доплеровскими профилографами «Stream Pro» и «Rio Grande»

[11] Руководство по гидрологической практике. Том I. Гидрология: от измерений до гидрологической информации. — ВМО-№ 168. — ISBN 978-92-63-40168-7. — 2011. — 314 с., илл.

УДК 532.57:006.354

ОКС 07.060

Ключевые слова: уровень поверхностных вод, расход поверхностных вод, измерения, инженерно-гидрометеорологические изыскания, поверхностный водный объект, гидрологический пост, объемный метод, акустик-доплеровские измерители расхода воды, метод «скорость — площадь», крупномасштабная велосиметрия, мерные устройства, метод смешения, журнал водомерных наблюдений

ИСПОЛНИТЕЛЬ:

ООО «ИГИИС»

Руководитель Генеральный
разработки директор


М.И. Богданов

Ответственный Начальник отдела
исполнитель нормативно-
 методологических
 исследований


С.А. Гурова