

**СТО**

**АССОЦИАЦИЯ САМОРЕГУЛИРУЕМЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ  
ОБЩЕРОССИЙСКАЯ НЕГОСУДАРСТВЕННАЯ НЕКОММЕРЧЕСКАЯ  
ОРГАНИЗАЦИЯ – ОБЩЕРОССИЙСКОЕ МЕЖОТРАСЛЕВОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ  
РАБОТОДАТЕЛЕЙ «НАЦИОНАЛЬНОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ САМОРЕГУЛИРУЕМЫХ  
ОРГАНИЗАЦИЙ, ОСНОВАННЫХ НА ЧЛЕНСТВЕ ЛИЦ, ВЫПОЛНЯЮЩИХ  
ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ, И САМОРЕГУЛИРУЕМЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ,  
ОСНОВАННЫХ НА ЧЛЕНСТВЕ ЛИЦ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИХ ПОДГОТОВКУ  
ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ»**

**(НОПРИЗ)**

Стандарт организации

**ИНЖЕНЕРНО-ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ. ИССЛЕДОВАНИЕ  
РЕЖИМА СТОКА ВОДЫ**

**СТО НОПРИЗ**

Настоящий стандарт распространяется на процессы, связанные с исследованиями режима стока воды при инженерно-гидрометеорологических изысканиях

**Предисловие**

- |                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| 1. РАЗРАБОТАН                       | Автономной некоммерческой организацией «Агентство оценки и развития профессионального образования» |
| 2. РАССМОТРЕН И ОДОБРЕН             | Комитетом по инженерным изысканиям Национального объединения проектировщиков и изыскателей         |
| 3. УТВЕРЖДЁН И<br>ВВЕДЁН В ДЕЙСТВИЕ | Решением Совета Национального объединения проектировщиков и изыскателей                            |
| 4. ВВЕДЁН                           | ВПЕРВЫЕ  |

Национальное объединение проектировщиков и изыскателей, 2017

*Распространение настоящего стандарта осуществляется в соответствии с действующим законодательством и с соблюдением правил, установленным  
НОПРИЗ*

## Содержание

Введение.....	6
1. Область применения.....	6
2. Нормативные ссылки .....	7
3. Термины и определения.....	8
4. Требования к оборудованию, инструментам и материалам, используемым при исследовании режима стока воды.....	12
5. Процессы, связанные с производством работ по исследованию режима стока воды.....	15
5.1 Последовательность выполнения технологических операций .....	15
5.2 Планирование и организация гидрологических работ .....	15
5.3 Сбор и анализ данных гидрологических наблюдений.....	17
5.4 Измерение расхода воды.....	19
5.4.1 Методы определения расходов воды .....	20
5.4.2 Измерение расхода воды методом «скорость-площадь» .....	20
5.4.3 Требования к условиям выбора участка гидрометрического створа	
22	
5.4.4 Оборудование гидроствора .....	24
5.4.5 Координирование промерных вертикалей .....	25
5.4.6 Измерение глубин и вычисление площадей отсеков между скоростными вертикалями .....	25
5.4.6.1 Промеры глубин на гидростворе при измерении расхода воды	26
5.4.6.2 Количество промерных вертикалей .....	28
5.4.6.3 Местоположение промерных вертикалей .....	28
5.4.6.4 Вычисление рабочей глубины на вертикали.....	28
5.4.6.5 Вычисление площади водного сечения потока .....	29
5.4.7 Измерение и вычисление средней скорости на вертикали .....	30
5.4.7.1 Установка вертушки в точку измерения скорости потока .....	31

## СТО

5.4.8	Обработка результатов измерений и вычисление измеренного расхода воды.....	34
5.4.8.1	Графический способ вычисления расхода воды.....	35
5.5	Расчет характеристик речного стока .....	36
5.5.1	Общие положения .....	36
5.5.1.1	Расчет характеристик речного стока при наличии данных гидрологических наблюдений .....	39
5.5.1.2	При недостаточности данных гидрологических наблюдений ...	40
5.5.1.3	Определение расчетных гидрологических характеристик при отсутствии данных гидрометеорологических наблюдений .....	43
5.5.2	Расчет годового стока .....	44
5.5.2.1	Расчет годового стока при наличии данных гидрологических наблюдений.....	44
5.5.2.2	При недостаточности данных гидрологических наблюдений ...	44
5.5.2.3	При отсутствии данных гидрологических наблюдений .....	45
5.5.3	Расчет максимального стока .....	47
5.5.3.1	При наличии данных гидрологических наблюдений .....	47
5.5.3.2	При недостаточности данных гидрологических наблюдений ...	49
5.5.3.3	При наличии гидрометрических наблюдений 6 лет и более .....	49
5.5.3.4	При отсутствии данных гидрологических наблюдений .....	51
5.5.4	Расчетные гидрографы стока воды рек весеннего половодья и дождевых паводков.....	55
5.5.4.1	При наличии данных гидрологических наблюдений .....	55
5.5.4.2	При недостаточности данных гидрологических наблюдений ...	58
5.5.4.3	При отсутствии данных гидрологических наблюдений .....	59
5.5.5	Расчет минимального стока .....	60
5.5.5.1	При наличии данных гидрологических наблюдений .....	60
5.5.5.2	При недостаточности данных гидрологических наблюдений ...	62
5.5.5.3	При отсутствии данных гидрологических наблюдений .....	62
5.6	Составление раздела технического отчета.....	64

## СТО

6. Методы контроля технологических операций исследовании режима стока воды .....	65
6.1 Задачи контроля работ .....	65
6.2 Виды контроля .....	66
6.3 Контроль полевых работ.....	67
6.3.1 Общие положения .....	67
6.3.2 Измерение и вычисление измеренного расхода воды.....	68
6.4 Контроль камеральных работ.....	68
6.4.1 Планирование организации гидрологических работ.....	68
6.4.2 Сбор и анализ данных гидрологических наблюдений .....	69
6.4.3 Расчет характеристик речного стока.....	69
6.4.4 Составление раздела технического отчета .....	70
7. Требования безопасности при выполнении работ на воде.....	71
Библиография .....	75

# СТО

## Введение

Настоящий стандарт разработан в рамках реализации «Программы стандартизации работ по инженерным изысканиям» НОПРИЗ и направлен на создание системы стандартизации в НОПРИЗ в соответствии с Градостроительным кодексом Российской Федерации, Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. №184-ФЗ «О техническом регулировании», Федеральным законом от 30 декабря 2009 г. №384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», Федеральным законом от 1 декабря 2007 г. №315-ФЗ «О саморегулируемых организациях».

### 1. Область применения

Настоящий стандарт устанавливает порядок реализации процессов производства гидрологических измерений, предварительной обработки их результатов и расчета характеристик речного стока.

Производство гидрологических измерений следует выполнять в порядке, установленном действующим законодательством Российской Федерации и в соответствии с требованиями СП 47.13330.2016 "Инженерные изыскания для строительства. Основные положения", СП 11-103-97. Инженерно-гидрометеорологические изыскания для строительства и настоящего стандарта, а также нормативных документов Федеральной службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромета), отраслевых министерств и системы стандартов в области охраны природы и улучшения природных ресурсов.

# СТО

## 2. Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использования нормативные ссылки на следующие стандарты и классификаторы:

ГОСТ 1.5-2001 Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Общие требования к построению, изложению, оформлению, содержанию и обозначению.

ГОСТ 8.310-90 Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная служба стандартных справочных данных. Основные положения.

ГОСТ Р 1.4-2004 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения.

ГОСТ Р 1.5-2004 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные Российской Федерации. Правила построения, изложения, оформления и обозначения.

ГОСТ Р 1.12-2004 Стандартизация в Российской Федерации. Термины и определения.

ГОСТ Р 6.30-2003 Унифицированные системы документации. Унифицированные системы организационно-распорядительной документации. Требования к оформлению документов.

ОК (МК (ИСО/ИНФКО МКС) 001-96) 001-2000 Общероссийский классификатор стандартов.

# СТО

## 3. Термины и определения

### 3.1 водоток

Водный объект, характеризующийся движением воды в направлении уклона в углублении земной поверхности.

### 3.2 река

Водоток значительных размеров, питающийся атмосферными осадками со своего водосбора и имеющий четко выраженное русло.

### 3.3 большая река

Река, бассейн которой располагается в нескольких географических зонах и гидрологический режим ее не свойственен для рек каждой географической зоны в отдельности. К категории больших рек относятся равнинные реки, имеющие бассейн площадью более 50000 км<sup>2</sup>.

### 3.4 средняя река

Река, бассейн которой располагается в одной географической зоне и гидрологический режим ее свойственен для рек этой зоны. К категории средних рек относятся равнинные реки, имеющие бассейн площадью от 2000 до 50000 км<sup>2</sup>.

### 3.5 малая река

Река, бассейн которой располагается в одной географической зоне, и гидрологический режим ее под влиянием местных факторов может быть не свойственен для рек этой зоны. К категории малых рек относятся равнинные реки, имеющие бассейн площадью не более 2000 км<sup>2</sup>.

### 3.6 гидрометрический створ

Створ через водоток, в котором измеряются расходы воды и производятся другие виды гидрометрических работ.

### 3.7 водное сечение

Поперечное сечение водного потока.



## **СТО**

### **3.8 живое сечение**

Часть водного сечения, в которой наблюдается течение воды.

### **3.9 пространство мертвое**

Часть поперечного водного сечения водотока, в которой скорость течения меньше порога чувствительности средства измерения.

### **3.10 вертикаль промерная**

Вертикаль, на которой проводится измерение глубины потока.

### **3.11 вертикаль скоростная**

Вертикаль, на которой проводится измерение на вертикали скорости.

### **3.12 глубина рабочая**

Глубина потока на вертикали, принимаемая для вычисления расхода воды.

### **3.13 промер глубин**

Серия последовательных измерений глубин по поперечникам или по промерным галсам.

### **3.14 пульсация скорости**

Непрерывное изменение скорости течения в точке как по значению, так и по направлению.

### **3.15 расход воды**

Объем воды, протекающий через живое сечение потока в единицу времени.

### **3.16 расход воды элементарный**

Произведение средней скорости на вертикали на глубину потока на вертикали.

### **3.17 уровень воды**

Высотная отметка поверхности воды.

### **3.18 гидрометрическая вертушка**

Прибор для измерения скорости течения воды в водотоках и водоемах, отличительной особенностью которого является использование ротора или лопастного винта в качестве чувствительного элемента.

## **СТО**

### **3.19 профилограф**

Измерительный комплекс, который позволяет получить профили глубин русла и скоростей течения при пересечении водотока, а после их обработки программными средствами, вычислить расход воды.

### **3.20 репрезентативный ряд наблюдений**

Непрерывный ряд, продолжительность наблюдений которого составляет не менее 50 лет и включает в себя наиболее многоводные и маловодные годы, а также полные циклы водности.

### **3.21 гидрологические расчеты**

Раздел инженерной гидрологии, в задачи которого входит разработка методов, позволяющих рассчитать значения различных характеристик гидрологического режима

### **3.22 гидрологические характеристики**

Количественные оценки элементов гидрологического режима.

### **3.23 клетчатка вероятностей**

Специальная клетчатка с прямоугольной системой координат, построенная таким образом, что на них спрямляются (полностью или частично) различные кривые обеспеченности.

### **3.24 методы гидрологических расчетов**

Технические приемы, позволяющие рассчитать, обычно с оценкой вероятности их появления, значения характеристик гидрологического режима.

### **3.25 обеспеченность гидрологической характеристики**

Вероятность того, что рассматриваемое значение гидрологической характеристики может быть превышено среди совокупности всех возможных ее значений.

### **3.26 расчетная обеспеченность**

Обеспеченность гидрологической характеристики, принимаемая при строительном проектировании для установления значения параметров гидрологического режима, определяющих проектные решения.

## **СТО**

### **3.27 расчетный расход воды**

Расход воды заданной вероятности превышения, принимаемый в качестве исходного значения для определения размеров проектируемых сооружений.

### **3.28 объем стока**

Количество воды, протекающее через рассматриваемый створ водотока за какой либо период времени.

### **3.29 водохозяйственный год**

Расчетный годичный период времени, начинающийся с самого многоводного сезона.

### **3.30 лимитирующий период**

Часть водохозяйственного года, неблагоприятная для осуществления проектируемых мероприятий либо по водопотреблению и водопользованию, либо по борьбе с наводнениями и осушению болот.

### **3.31 нелимитирующий период**

Часть водохозяйственного года за вычетом лимитирующего периода.

### **3.32 свободное состояние русла**

Состояние русла, характеризующееся отсутствием препятствий (ледяных образований, водной растительности, сплавного леса и т.д.), которое влияет на зависимость между расходами и уровнями воды, а также отсутствием подпора.

### **3.33 подпор воды**

Повышение уровня воды из-за наличия в русле реки препятствия для ее движения.

### **3.34 гидрограф**

График изменения во времени расходов воды за год или часть года (сезон, половодье, или паводок) в данном створе водотока.

## СТО

### 4. Требования к оборудованию, инструментам и материалам, используемым при исследовании режима стока воды

При проведении полевых работ, используются следующие виды оборудования.

1. Вертушки гидрометрические речные типа ГР-21М, ГР-55, ГР-99, ИСП-1 ВГ-1-120/70 комплекта ИСТ-1-0,06/120/70

Вертушки гидрометрические предназначены для измерения средней скорости водного потока в открытых природных и искусственных руслах. Гидрометрические вертушки используются как датчик, преобразующий скорость набегающего водного потока в частоту импульсов выходного электрического сигнала вертушки.

Диапазон измерений скорости водного потока от 0,03 до 5,00 м/с.

На вновь выбранных участках при выполнении измерений расходов воды требуется соблюдение следующих условий:

- отсутствие резких переломов профиля водного сечения;
- диапазон температуры окружающего воздуха от -20 до +40 °С
- относительной влажности для ПСВ-1 при температуре 20 °С не более 95 %
- диапазон температуры воды от +1 до +30 °С
- диапазон минерализации потока воды от 0 до 1000 г/м<sup>3</sup>
- мутность потока воды от 10000 г/м<sup>3</sup>

2. Профилограф

Профилографы предназначены для выполнения гидрометрических работ на водотоках в реальном масштабе времени, бесконтактным ультразвуковым способом.

Границы допускаемой относительной погрешности измерений расходов воды по данной методике измерений составляют не более  $\pm 10$ .

На вновь выбранных участках при выполнении измерений расходов воды требуется соблюдение следующих условий:

- отсутствие резких переломов профиля водного сечения;

## СТО

- отсутствие выраженной пульсации скорости течения, а также значительной систематической косоуструйности потока, не более 20°;
- отсутствие на участке измерения поймы с протоками и рукавами;
- отсутствие естественных или искусственных преград;
- мутность потока на участке измерения не должна превышать 1000 мг на литр;
- отсутствие помех по глубине потока в гидрометрическом створе, в том числе водной растительности в самом створе, а также выше и ниже его на расстоянии 30 м; и крупных валунов, превышающих по размеру 1/3 глубины потока.

При измерении расходов воды профилографом «Stream Pro» глубина потока в створе пересечения должна быть не менее 0,3 м и не более 4 м, а профилографом «Rio Grande» – глубина потока в створе пересечения должна быть не менее 0,9 м и не более 21 м.

При измерении расходов воды с мостов профилограф следует перемещать ниже моста на таком удалении от него, чтобы исключить влияние опор моста на скоростной режим потока.

### 3. Эхолот

Эхолот - навигационный прибор, предназначенный для непрерывного автоматического измерения глубин по курсу движения судна путем замера промежутка времени между посылкой прямого ультразвукового сигнала и приемом эхоимпульса, отраженного от дна.

### 4. Гидрологическое оборудование для промеров

К гидрологическому оборудованию для промеров относятся: лебедка гидрометрическая, груз гидрометрический (ГГР, ПИ-1), гидрометрическая штанга ГР-56, промерные тросы.

### 5. Теодолиты

Теодолиты – геодезический прибор, предназначенный для измерения горизонтальных и вертикальных углов. Для выполнения угловых измерений

## СТО

используются теодолиты с нормируемыми метрологическими характеристиками согласно таблице 1.

Таблица 1 Теодолиты

Тип теодолита	T1	T2	T5
Допустимая средняя квадратическая погрешность измерения горизонтального угла одним приёмом, сек.	1	2	5
Увеличение зрительной трубы, не менее крат	40	30	

*Примечание:* при использовании теодолитов зарубежного производства, их применимость должна быть обоснована в проекте выполнения работ и метрологические характеристики такого теодолита должны быть соотнесены с указанными в таблице 1 нормируемыми метрологическими характеристиками.

### 6. Нивелиры

Нивелир - геодезический высотомер для определения превышений горизонтальной линией визирования. Всего можно выделить следующие группы нивелиров:

- оптические нивелиры;
- цифровые нивелиры;
- лазерные нивелиры

### 7. Тахеометры

Тахеометр - геодезический прибор, предназначенный для измерения горизонтальных и вертикальных углов, длин линий и превышений.

## **СТО**

### **5. Процессы, связанные с производством работ по исследованию режима стока воды**

#### **5.1 Последовательность выполнения технологических операций**

При выполнении инженерно-гидрометеорологических изысканий в части исследования речного стока выполняются следующие виды технологических операций:

- планирование организации гидрологических работ;
- сбор и анализ данных гидрологических наблюдений;
- измерение расхода воды;
- расчет характеристик речного стока;
- составление раздела технического отчета.

#### **5.2 Планирование и организация гидрологических работ**

Планирование и организация гидрологических работ является первым этапом при выполнении изысканий в части исследования речного стока.

В рамках данной технологической операции выполняются следующие виды подготовительных мероприятий.

1. Изучается техническое задание на производство изысканий с целью определения:

- технических характеристик проектируемых сооружений, их типа и компоновки;
- конструктивных особенностей и уровней ответственности сооружений;
- характеристик гидрологических условий территории, наличия или возможности проявления опасных гидрологических процессов и явлений;

## СТО

- состава расчетных гидрологических характеристик, определяемых в соответствии с требованиями строительных норм и правил по проектированию сооружений;

- объема изыскательских работ.

- техническое задание должно соответствовать требованиям пунктов 4.15 и 7.1.19 [17].

2. Осуществляется сбор и анализ:

- крупномасштабного картографического материала,

- материалов аэрокосмических съемок разных лет и повторных топографических съемок, лоцманских карт;

- сведений о режиме эксплуатации проектируемых и существующих гидротехнических сооружений;

- сведений о взаимовлиянии гидрометеорологических условий и эксплуатируемых сооружений;

- сведений о судоходстве, лесосплаве, карчеходе и др.

3. Осуществляется оценка степени гидрологической изученности территории (в том числе наличие материалов наблюдений по постам Росгидромета и других ведомств, и материалов изысканий прошлых лет). Степень гидрологической изученности территории следует устанавливать с учетом наличия (либо отсутствия) репрезентативного поста (станции), отвечающего условиям, приведенным в таблице 4.1 [18].

4. На основании технического задания разрабатывается программа изыскательских работ. Программа работ должна соответствовать требованиям пунктов 4.19 и 7.1.20 [19]. В соответствии с программой работ устанавливаются объемы полевых (количество исследуемых водотоков и створов, продолжительность периода наблюдений и проч.), и камеральных работ в зависимости от:

- особенностей гидрологического режима водного объекта и его линейных размеров;

- состава характеристик, необходимых для обоснования проектных



## СТО

решений, детальности их изучения и способов определения;

- типа и компоновки проектируемых сооружений;
- условий организации изыскательских работ.

**Примечание** – Возможность использования фондовых материалов и материалов наблюдений инженерно-гидрометеорологических изысканий прошлых лет без выполнения дополнительных инженерно-гидрометеорологических изысканий определяется с учетом анализа изменений, произошедших в гидрологическом режиме водных объектов (включая режим русловых и пойменных деформаций), климатических условиях и техногенном воздействии. Выявление этих изменений следует осуществлять по результатам рекогносцировочного обследования исследуемой территории, которое выполняется до разработки окончательной программы выполнения инженерных изысканий.

5. Проводится рекогносцировочное обследование, которое выполняется при изысканиях на первом этапе полевых работ и производится независимо от степени изученности территории. Для крупных объектов, либо для объектов, находящихся в сложных природных условиях, требующих дополнительной информации для составления программы инженерных изысканий, допускается проведение рекогносцировочного обследования в подготовительный период.

### **5.3 Сбор и анализ данных гидрологических наблюдений**

Сбору и анализу подлежат:

- материалы гидрологических наблюдений, включая полученные на их основе обобщения и расчетные характеристики;
- материалы изысканий прошлых лет;
- сведения об экстремальных значениях гидрологических характеристик;
- сведения о наличии и характере проявления опасных гидрологических процессов и явлений;

## СТО

При сборе информации следует использовать данные гидрометеорологических наблюдений, опубликованных в официальных документах Росгидромета, и неопубликованные данные последних лет наблюдений, а также данные наблюдений, содержащихся в архивах Госгидрометфонда:

- периодические издания Государственного водного кадастра, Научно-прикладной справочник по климату, а также Справочник Государственного фонда данных о состоянии природной среды и материалы изысканий прошлых лет;

- данные архивов АИС ГВК (автоматизированной информационной системы Государственного водного кадастра);

- научно-техническую литературу, архивные материалы, содержащие сведения об экстремальных гидрометеорологических явлениях (больших наводнениях, ветрах и др.), а также данные изыскательских, проектных и других организаций, включая материалы опроса местных жителей.

Кроме того, следует использовать достоверные данные наблюдений за гидрологическими характеристиками по архивным, литературным и другим материалам, относящимся к периоду до начала регулярных наблюдений. При этом необходимо указать источник, на основании которого установлена гидрологическая информация, и произвести оценку достоверности и точности полученных материалов.

Данные гидрометрических наблюдений, вызывающие сомнение, следует подвергать проверке, включающей анализ:

- полноты и надежности наблюдений за расходами воды;
- наличия данных о максимальных (мгновенных и среднесуточных) и минимальных расходах воды за время наблюдений, о стоке воды на поймах и в протоках;
- влияния хозяйственной деятельности на речной сток и другие виды анализа;

## СТО

- увязки годового и сезонного стока воды, максимальных и минимальных расходов в пунктах наблюдений по длине реки;

- обоснованности способов подсчета стока воды по осредненным или ежегодным кривым расходов воды или же другими методами;

- обоснованности экстраполяции кривых расходов воды до наивысших и наинизших уровней, а также точности расчета стока воды по кривым расходов за год, сезон, месяц, сутки;

- необходимости восстановления наблюдений, пропущенных за отдельные годы, месяцы, дни;

- точности расчетов стока воды за зимний и переходный периоды, обоснованности принятых при расчете стока воды коэффициентов, учитывающих зарастание русла водной растительностью, правильности учета деформации русла и переменного подпора уровня воды;

- влияния хозяйственной деятельности на речной сток; включая влияние плотины или взаимного подпора основной реки и притока в местах наблюдений за стоком;

- частоты наблюдений, обеспечивающей регистрацию наивысшего и наинизшего расходов воды.

Ненадежные данные гидрометрических наблюдений при невозможности их уточнения исключают из расчетного ряда наблюдений. В необходимых случаях должен выполняться пересчет стока воды за отдельные периоды.

### **5.4 Измерение расхода воды**

При отсутствии данных гидрометеорологических наблюдений в пункте проектирования обязательно проводятся гидрометеорологические изыскания для повышения точности и надежности расчетов. Изыскания осуществляются в соответствии со [18,19].

## **СТО**

Материалы полевых гидрометеорологических изысканий подлежат дальнейшему анализу и последующим расчетам в соответствии с рекомендациями по приведению кратковременных наблюдений к многолетнему периоду и в соответствии со [20].

### **5.4.1 Методы определения расходов воды**

Определение расходов воды выполняют по результатам непосредственных измерений расходов и его элементов (скорости и площади сечения). Для этой цели используются следующие методы.

- 1) Метод "скорость-площадь", основанный на измерении площади поперечного сечения потока и скоростей течения;
- 2) Метод смешения с введением в поток индикаторов и определением степени их разбавления;
- 3) Гидравлические методы, основанные на применении специальных расходомерных устройств и характеристик пропускной способности гидротехнических сооружений и турбин ГЭС;
- 4) Объемный метод, позволяющий определять расход воды по времени наполнения мерных емкостей;
- 5) Физические методы с применением ультразвука, электромагнитной индукции и других физических эффектов и законов.

### **5.4.2 Измерение расхода воды методом «скорость-площадь»**

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

## СТО

- 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).

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.

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  $V_n$ );
- ширина водного сечения  $B$ ;
- глубины потока: средняя  $h_{ср}$  и наибольшая  $h_n$ .

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

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

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

## **СТО**

- 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 допускается применение одноточечного способа.

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.

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

### **5.4.3 Требования к условиям выбора участка гидрометрического створа**

Расход воды измеряется в гидрометрическом створе, выбор которого осуществляется в процессе рекогносцировочного обследования исследуемого водотока.

Участок реки, на котором будут производиться гидрометрические работы должен соответствовать следующим требованиям:

- соблюдается прямолинейность русла по крайней мере на протяжении трехкратной ширины между бровками меженного русла реки для больших и средних рек и пятикратной для малых рек;

- 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;

## СТО

- 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.

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  $Ka$ ) 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  $20^\circ$ ;

- 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);

## СТО

- гидроствор должен быть расположен на однорукавном участке реки.

При необходимости допускается назначать гидроствор на участке разветвления русла на рукава и протоки.

### **5.4.4 Оборудование гидроствора**

Гидроствор должен быть закреплен на местности стальным канатом или гидрометрическим мостиком, или створными знаками.

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.

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

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

Гидроствор должен быть оборудован дополнительным постом для регистрации уровня во время измерения расхода воды, если гидроствор и основной уроненный пост удалены друг от друга и синхронные уровни изменяются с разной интенсивностью.

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.

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



## **СТО**

быть проведены дополнительно два-три измерения уровня. Время каждого измерения уровня фиксируется.

### **5.4.5 Координирование промерных вертикалей**

В соответствии с [21] местоположение промерных и скоростных вертикалей в гидростворе определяется расстоянием от постоянного начала.

На гидростворах, оборудованных лодочной, паромной или люлочной переправой с постоянно подвешенным разметочным канатом либо гидрометрическим мостиком, необходимо закреплять положение вертикалей согласно п. 5.4.4. настоящего стандарта.

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

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.

### **5.4.6 Измерение глубин и вычисление площадей отсеков между скоростными вертикалями**

Измерения глубин должны производиться по линии гидрометрического створа с соблюдением требований [21].

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.

## СТО

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.

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.

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

### **5.4.6.1 Промеры глубин на гидростворе при измерении расхода воды**

Промеры глубин производятся для определения площади водного сечения  $F$  и его отсеков  $f_s$ . 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

## СТО

гидроствору, а также по рассеянию точек эмпирической связи  $F(H)$  — зависимости площади водного сечения от уровня воды.

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

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).

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.

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.

## **СТО**

### **5.4.6.2      *Количество промерных вертикалей***

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 не должна превышать 2 %.

В основных руслах равнинных и полугорных рек минимальное количество промерных вертикалей следует назначать в соответствии с таблицей 4 методических рекомендаций [21].

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

### **5.4.6.3      *Местоположение промерных вертикалей***

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

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

### **5.4.6.4      *Вычисление рабочей глубины на вертикали***

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.

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

## СТО

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.

В качестве рабочих необходимо принимать глубины с исключенным систематическим отклонением.

### 5.4.6.5 Вычисление площади водного сечения потока

Площади отсеков водного сечения  $f_s$  необходимо вычислять по следующим формулам:

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

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

Площадь водного сечения потока должна определяться по формуле

$$F_B = \sum_{s=1}^N f_s, \quad (2)$$

где  $N$  — число отсеков водного сечения потока.

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

$$F = F_B - \sum_{k=1}^n f_{МП_k}, \quad (3)$$

где  $f_{МП_k}$  — площади между скоростными вертикалями, ограничивающими мертвое пространство потока.

## СТО

### 5.4.7 Измерение и вычисление средней скорости на вертикали

Измерение скоростей течения производится на скоростных вертикалях гидрометрическими вертушками, соответствующими [35].

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 в соответствии с таблицей 5 [21]. Заглубление вертушки рассчитывается относительно ее горизонтальной оси.

Число скоростных вертикалей в створе должно составлять от 8 до 15, в зависимости от особенностей скоростного поля потока [21].

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

5 при  $3 \text{ м} \leq B < 10 \text{ м}$ ;

3 при  $1 \text{ м} \leq B < 3 \text{ м}$ ;

1 при  $B < 1 \text{ м}$ .

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 полного расхода.

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;

## СТО

- 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.

### **5.4.7.1     Установка вертушки в точку измерения скорости потока**

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, следует применять способ жесткого крепления вертушки на гидрометрической штанге, либо на кронштейне гидрометрического груза;

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

## СТО

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

Вычисление средней скорости течения на вертикали по данным измерений точечным способом

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

$$v = 0,05 U_{нов} + 0,347 (U_{0,2} + U_{0,6}) + 0,173 U_{0,8} + 0,083 U_{дно}; \quad (4)$$

двухточечный способ при монотонном убывании скоростей от поверхности ко дну потока

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

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

$$v = 0,53 U_{0,2} + 0,47 U_{0,8}; \quad (6)$$

одноточечный способ при монотонном убывании скоростей от поверхности ко дну потока

$$v = U_{0,6}. \quad (7)$$

При заросшем русле и наличии ледяного покрова применяются:

шеститочечный способ

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

трехточечный способ

$$v = \frac{1}{3} (U_{0,15} + U_{0,5} + U_{0,85}); \quad (9)$$



## СТО

одноточечный способ

$$v = K U_{0,5}. \quad (10)$$

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.

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

$$v = q/h, \quad (11)$$

где  $q$  — элементарный расход,  $m^2/c$ , представляющий собой площадь эпюры скорости в масштабе чертежа, получаемую в результате планиметрирования.

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

$$v = v_u \cdot \cos \alpha, \quad (12)$$

где  $v_u$  — средняя скорость на вертикали, вычисленная без учета косоструйности.

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.

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.

## СТО

При интеграционном измерении скорости на вертикали среднее значение скорости вычисляется по формуле (12), при этом значение среднего угла косоуструйности на вертикали принимается по данным специальных наблюдений, выполненных согласно п. 7.5.5 [32].

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

### **5.4.8 Обработка результатов измерений и вычисление измеренного расхода воды**

При основном или детальном способе измерений средней скорости течения вычисление расхода воды осуществляется на основе линейно-детерминированной модели и рассчитывается по формуле:

$$Q = K_1 v_1 f_0 + \frac{v_1 + v_2}{2} f_1 + \dots + \frac{v_{n-1} + v_n}{2} f_{n-1} + K_n v_n f_n, \quad (13)$$

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

Вычисление средней скорости на вертикали  $v_i$  должно производиться в соответствии с п. 5.3.7. Порядок вычисления площадей отсеков поперечного сечения потока приводится в п. 5.3.6.

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 берегу с нулевой глубиной на урезе; вблизи границы скопления неподвижной шуги; 0,8 — при естественном обрывистом берегу или неровной стенке (бут, неотесанный камень); 0,9 — при гладкой бетонной или сплошь обшитой досками стенке, а также при течении воды поверх льда;

- 0,9 — при наличии мертвого пространства в прибрежной зоне.

## СТО

При сокращенном способе измерений средней скорости течения вычисление расхода воды осуществляется на основе интерполяционно-гидравлической модели и рассчитывается по формуле:

$$Q = \sum_{s=1}^{N_s} f_s \left[ ah_s^{2/3} + P_s (v_i - ah_i^{2/3} + v_j - ah_j^{2/3})_s \right], \quad (14)$$

где  $\Delta_s$  — 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

$$a = \frac{1}{N_v} \sum_{i=1}^{N_v} \frac{v_i}{h_i^{2/3}}, \quad (15)$$

где  $N_v$  — число скоростных вертикалей в живом сечении.

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.

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.

### **5.4.8.1 Графический способ вычисления расхода воды**

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  $N_v \geq 8$ . Расход воды вычисляется в следующем порядке:

## СТО

- 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;

- 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).

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 407x288 или 407x576 мм.

### **5.5 Расчет характеристик речного стока**

#### **5.5.1 Общие положения**

При проведении инженерно-гидрометеорологических изысканий рассчитываются годовой, максимальный и минимальный сток различной обеспеченности. Выбор методов определяется наличием и качеством необходимой гидрометеорологической информации и информации о факторах хозяйственной деятельности. Расчеты, в зависимости от продолжительности периода наблюдений, выполняются для условий наличия, недостаточности и отсутствия данных гидрометеорологических наблюдений.

## СТО

Продолжительность периода наблюдений считают достаточной, если рассматриваемый период репрезентативен (представителен), а относительная средняя квадратическая погрешность расчетного значения исследуемой гидрологической характеристики не превышает 10 % для годового и сезонного стоков и 20 % — для максимального и минимального стоков. В этом случае следует использовать методы расчётов при наличии данных наблюдений.

Если относительные средние квадратические погрешности превышают указанные пределы и период наблюдений нерепрезентативен, необходимо осуществить приведение рассматриваемой гидрологической характеристики к многолетнему периоду. В этом случае следует использовать методы расчета при недостаточности данных наблюдений.

Определение расчетных гидрологических характеристик следует производить по однородным рядам наблюдений. Оценку однородности рядов гидрологических наблюдений осуществляют на основе генетического и статистического анализов исходных данных наблюдений. Генетический анализ условий формирования речного стока заключается в выявлении физических причин, обуславливающих неоднородность исходных данных наблюдений. Для количественной оценки статистической однородности применяют критерии Смирнова — Граббса и Диксона критерий Фишера и критерий Стьюдента.

Критические значения статистик критериев однородности с учетом автокорреляции между смежными членами анализируемой последовательности и асимметрии эмпирического распределения приведены в Рекомендациях [12].

Для рек, в бассейнах которых имеет место интенсивная хозяйственная деятельность, существенно нарушающая естественный гидрологический режим рек, определение расчетных гидрологических характеристик производят по двум расчетным схемам.

1. Гидрологические ряды наблюдений приводятся к естественным

## СТО

однородным стационарным условиям воднобалансовыми и регрессионными методами [8, 9,] с введением в расчетное значение гидрологической характеристики, полученной по естественному ряду поправки на влияние хозяйственной деятельности, численно равной разность между бытовым и естественным стоками за каждый год. Значение поправки расчетной вероятности превышения определяют по кривой распределения поправок.

2. Гидрологические ряды наблюдений приводятся к бытовому стоку за весь период наблюдений воднобалансовыми и регрессионными методами в предположении, что сложившийся комплекс хозяйственной деятельности с учетом реальных планов развития народного хозяйства действовал с начала наблюдений. Восстановленный ряд проверяют на однородность. Определение расчетных гидрологических характеристик в этом случае производят по данным за весь период наблюдений без введения поправок на хозяйственную деятельность.

Приведение речного стока к естественным условиям не производят, если суммарное значение его изменений не выходит за пределы случайной средней квадратической погрешности исходных данных наблюдений.

Методология предлагаемых двух расчетных схем может быть применена для расчетов основных гидрологических характеристик с учетом влияния возможного регионального антропогенного изменения климата.

При использовании нескольких независимых (не более трех) методов расчета окончательное расчетное значение рассматриваемой гидрологической характеристики  $g$  определяют по формуле

$$g = \frac{\sum_{i=1}^k \frac{1}{\sigma_i^2} q_i}{\sum_{i=1}^k \frac{1}{\sigma_i^2}}, \quad (16)$$

где  $q_i$  — значение рассматриваемой гидрологической характеристики, определенное различными методами;

## СТО

$\sigma_i^2$  — абсолютные дисперсии погрешностей расчетных значений для каждого метода;

$k$  — число методов.

При проектировании водохозяйственных объектов допускается использование стохастических моделей колебаний стока рек, позволяющих моделировать искусственные ряды гидрометеорологических характеристик требуемой продолжительности. В качестве модели многолетних колебаний стока используют простую цепь Маркова [15, 16].

Моделирование рядов сезонных (месячных) значений стока осуществляют на основе периодических стохастических моделей различной степени сложности. При наличии продолжительных рядов наблюдений допускается использование метода фрагментов с учетом зависимости внутригодового распределения стока от водности года.

### **5.5.1.1 Расчет характеристик речного стока при наличии данных гидрологических наблюдений**

Определение расчетных гидрологических характеристик при наличии данных гидрометрических наблюдений достаточной продолжительности осуществляется путем применения аналитических и эмпирических функций распределения ежегодных вероятностей превышения - кривых обеспеченностей: трехпараметрическое распределение Крицкого — Менкеля, Пирсона III типа (биномиальная кривая), лог-нормальное распределение и другие распределения, имеющие предел простираения случайной переменной от нуля или положительного значения до бесконечности.

При неоднородности ряда наблюдений применяют усеченные или составные кривые распределения ежегодных вероятностей превышения.

Оценки параметров аналитических кривых распределения устанавливаются по рядам наблюдений за рассматриваемой гидрологической

## СТО

характеристикой методом наибольшего правдоподобия, методом моментов, а также графоаналитическим методом на начальных стадиях проектирования.

При значительных расхождениях аналитической кривой и фактических данных в нижней части кривой применяют эмпирические кривые обеспеченности.

### **5.5.1.2 При недостаточности данных гидрологических наблюдений**

При недостаточности данных гидрометрических наблюдений параметры кривых распределения вероятностей гидрологических характеристик, а также основных элементов расчетного гидрографа необходимо приводить к многолетнему периоду с привлечением данных наблюдений пунктов-аналогов.

Приведение рассматриваемой гидрологической характеристики осуществляют в случаях, когда средняя квадратическая погрешность расчетного значения гидрологической характеристики превышает 10 % для годового и сезонного стоков, 20 % — для максимального и минимального стоков. Оценка репрезентативности ряда наблюдений за  $n$  лет производится по рекам-аналогам с числом лет наблюдений  $N > n$ , при  $N > 50$  лет. Репрезентативность ряда наблюдений за гидрологической характеристикой может также определяться по разностным интегральным кривым речного стока или сопоставлением кривых распределения речного стока по реке-аналогу за периоды  $n$  и  $N$  лет.

При выборе рек-аналогов необходимо учитывать следующие условия:

- однотипность стока реки-аналога и исследуемой реки;
- географическая близость расположения водосборов;
- однородность условий формирования стока: сходство климатических



## СТО

условий, однотипность почв (грунтов) и гидрогеологических условий, близкую степень озерности, залесенности, заболоченности и распаханности водосборов и т.д.;

- средние высоты водосборов не должны существенно отличаться, для горных и полугорных районов следует учитывать экспозицию склона и гипсометрию;

- отсутствие факторов, существенно искажающих естественный речной сток (регулирование стока, сбросы воды, изъятие стока на орошение и другие нужды).

При выборе пункта-аналога основным критерием является наличие синхронности в колебаниях речного стока расчетного створа и створов-аналогов, которые количественно выражают через коэффициент парной или множественной (при одновременном использовании нескольких аналогов) корреляции между стоком в этих пунктах, максимально возможную продолжительность наблюдений в этих пунктах и наиболее тесные связи между стоком в приводимом к многолетнему периоду пункте и стоком в пунктах-аналогах. Матрицы парных коэффициентов корреляции и корреляционные функции определяют в однородном гидрологическом и физико-географическом районе.

При восстановлении значений стока за отдельные годы и расчете параметров и квантилей распределения необходимо производить статистическую оценку значимости и устойчивости получаемых решений с определением случайных и систематических погрешностей в соответствии с [12].

При приведении допускается использование гидрометрической информации, а также метеорологической и другой информации, период наблюдений за которой превышает период наблюдений за рассматриваемой гидрологической характеристикой.

## СТО

При привлечении метеорологической и другой информации могут быть использованы региональные зависимости рассматриваемой гидрологической характеристики от факторов, ее определяющих.

Приведение гидрологических рядов и их параметров распределения к многолетнему периоду, как правило, осуществляют аналитическими методами, основанными на регрессионном анализе с привлечением одного или нескольких пунктов – аналогов на различных временных этапах.

При этом должны соблюдаться следующие условия:

$$n' \geq (6-10); R \geq R_{кр}; R/\sigma_R \geq A_{кр}, k/\sigma_k \geq B_{кр}, \quad (17)$$

где  $n'$  — число совместных лет наблюдений в приводимом пункте и пунктах-аналогах ( $n' \geq 6$  при одном аналоге,  $n' \geq 10$  при двух и более аналогах) или число пунктов-аналогов при восстановлении с привлечением кратковременных наблюдений ( $n' \geq 6$ );

$R$  — коэффициент парной или множественной корреляции между значениями стока исследуемой реки и значениями стока в пунктах-аналогах;

$k$  — коэффициент уравнения регрессии;

$\sigma_k$  — средняя квадратическая погрешность коэффициента регрессии;

$R_{кр}$  — критическое значение коэффициента парной или множественной корреляции (обычно задается  $\geq 0,7$ );

$A_{кр}, B_{кр}$  — критические значения отношений  $R/\sigma_R$  и  $k/\sigma_k$  соответственно (обычно задаются  $\geq 2,0$ ).

Если хотя бы один из коэффициентов уравнения регрессии не удовлетворяет условию (17), то это уравнение не используют для приведения к многолетнему периоду.

Для предварительного приведения допускается использование графических и графоаналитических методов.

Если период наблюдений менее 6 лет используют метод отношений, регрессионные методы и графический метод.

## **СТО**

### **5.5.1.3 Определение расчетных гидрологических характеристик при отсутствии данных гидрометеорологических наблюдений**

При отсутствии данных гидрометрических наблюдений в расчетном створе применяют региональные методы расчета гидрологических характеристик, основанные на результатах обобщения данных гидрометеорологических наблюдений в районе проектирования в соответствии с [11].

При отсутствии гидрометрических наблюдений в расчетном створе параметры распределения и расчетные значения определяют с помощью следующих основных методов:

- водного баланса;
- гидрологической аналогии;
- осреднения в однородном районе;
- построения карт изолиний;
- построения региональных зависимостей стоковых характеристик от основных физико-географических факторов водосборов;
- построения зависимостей между погодичными стоковыми характеристиками и стокоформирующими факторами.
- построения зависимостей, основанных на использовании материалов полевых гидрометеорологических изысканий и кратковременных гидрологических наблюдений, отражающих пространственные закономерности распределения гидрологических характеристик.

При статистической однородности параметров распределения в гидрологическом районе расчетное значение параметров в исследуемом створе следует определять как среднеарифметическое значение для рек-аналогов, имеющих наиболее продолжительные ряды наблюдений, или по приведенным к многолетнему периоду данным.

## **СТО**

При статистической неоднородности параметров распределения значения гидрологических характеристик следует определять по районным картам, которые строят на основе использования всей имеющейся к моменту проектирования гидрологической информации согласно [11].

### **5.5.2 Расчет годового стока**

#### **5.5.2.1 Расчет годового стока при наличии данных гидрологических наблюдений**

При определении расчетных гидрологических характеристик годового стока воды рек и его внутригодового распределения необходимо выполнять требования, изложенные в [13].

Определение расчетного календарного внутригодового распределения стока в створе проектирования при длительности рядов наблюдений  $n$ , равной 15 годам и более, производится следующими тремя методами:

- компоновки;
- реального года;
- среднего распределения стока за годы характерной градации водности.

#### **5.5.2.2 При недостаточности данных гидрологических наблюдений**

При недостаточности данных гидрометрических наблюдений ряды наблюденных значений стока, параметры кривых распределения вероятностей гидрологических характеристик, необходимо приводить к многолетнему периоду с привлечением данных наблюдений пунктов-аналогов согласно разделу 5.4.3. данного стандарта.

## СТО

Исходные и приведенные к многолетнему периоду ряды должны проверяться на однородность. Внутригодовые календарные распределения месячного (или декадного) стока в расчетном створе исследуемой реки или реки-аналога определяют методами, изложенными в разделе 5.5.1.

### **5.5.2.3 При отсутствии данных гидрологических наблюдений**

При отсутствии гидрометрических наблюдений в расчетном створе расчеты параметров распределения годового стока (среднее многолетнее значение, коэффициент вариации, отношение коэффициента асимметрии к коэффициенту вариации и коэффициент автокорреляции между стоком смежных лет) и значений гидрологических характеристик базируются:

- на методах, основанных только на гидрологической информации в пунктах, где проводятся наблюдения. К этим методам относится картирование или осреднение в однородном районе параметров распределения годового стока на основе всей имеющейся в исследуемом районе гидрометрической информации за годовым стоком рек [4];

- на методах, основанных на региональных зависимостях, использующих дополнительную информацию о морфометрических характеристиках бассейна. К ним относятся эмпирические формулы стока, связывающие среднее многолетнее значение (норму) стока, коэффициент вариации или отношение коэффициента асимметрии к коэффициенту вариации с различными факторами;

- на методах, основанных на моделях формирования стока, использующих всю возможную информацию (гидрологическую, метеорологическую, агрофизическую, водно-физическую информацию, о характеристиках гидрографической сети, рельефа, почв и пр.). Эти методы основаны на непрерывном расчете детальных воднобалансовых соотношений за суточные интервалы времени по однородным участкам [1,5,6] и на

## СТО

разбиении годового стока на фазовооднородные сезоны и построении сезонных регрессионных зависимостей слоев стока со стокоформирующими факторами [7].

В значения среднего многолетнего стока (нормы), определенные по районной карте, следует вводить поправки на влияние местных азональных факторов, которые учитывают неполное дренирование реками подземных вод, наличие карста, выходов подземных вод, особенности геологического строения бассейна, характер почв (грунтов), промерзание и пересыхание рек, различие средних высот водосборов и другие особенности. Поправки определяют путем построения зависимостей среднего многолетнего стока от азональных факторов.

При определении расчетных величин годового стока рекомендуется вносить поправки, учитывающие изменение условий формирования стока, вызванные хозяйственной деятельностью.

Основными факторами, влияющими на изменение параметров распределения годового стока, являются:

- регулирование речного стока;
- изъятия стока из русла реки на водоснабжение, орошение, обводнение, сбросы в соседние речные бассейны;
- испарение с поверхности водохранилищ, входящих в речную систему;
- агротехнические, мелиоративные, лесотехнические мероприятия, меняющие суммарные потери стока на испарение и инфильтрацию;

Поправки, учитывающие влияние факторов хозяйственной деятельности, рассчитываются согласно рекомендаций [10].

При отсутствии данных гидрометрических наблюдений в створе проектирования расчетное внутригодовое распределение стока определяется по данным рек-аналогов, по районным схемам и по региональным зависимостям.

Применение метода аналогии для расчета внутригодового распределения стока рекомендуется для равнинных территорий и

## СТО

плоскогорий при сравнительно однообразных физико-географических условиях. Допускается при надлежащем обосновании применение этого метода и для горных районов.

Расчет внутригодичного распределения стока производится по региональным зависимостям параметров сезонного стока от определяющих факторов подстилающей поверхности: площадь водосбора реки, озерность, заболоченность, лесистость, характер почво-грунтов, а в горных условиях — также от средней высоты водосбора и метеорологических факторов сезонного стока.

Основным методом обобщения данных по внутригодичному распределению стока как для равнинных, так и для горных районов является составление районных схем межсезонного и внутрисезонного распределений стока, необходимых для определения расчетного календарного распределения месячного стока в характерном по водности году исследуемой неизученной реки.

Построение средней многолетней кривой продолжительности суточных расходов воды производят методом аналогии. Среднюю многолетнюю кривую продолжительности, построенную для реки-аналога в относительных значениях (в долях ее среднемноголетнего годового расхода воды), переносят на неизученную реку с учетом нормы стока неизученной реки, полученной в соответствии с [11].

### **5.5.3 Расчет максимального стока**

#### **5.5.3.1 При наличии данных гидрологических наблюдений**

Расчетные характеристики максимального стока воды рек весеннего половодья и дождевых паводков следует определять согласно общим указаниям, изложенным в 5.4.1 разделе настоящего стандарта.

## СТО

Для рек с продолжительностью стояния максимальных расходов воды весеннего половодья и дождевых паводков, равной суткам и более, расчет производят по среднесуточным значениям, менее суток — по срочным расходам воды.

При прохождении максимального расхода воды между сроками наблюдений его значение определяют на основе установления соотношения между мгновенными и среднесуточными его значениями по данным измерений других лет с наибольшими расходами воды или по данным рек-аналогов.

При невозможности разделения максимальных годовых расходов воды на максимумы дождевых и талых вод допускается построение кривых распределения ежегодных вероятностей превышения максимальных расходов воды независимо от их происхождения.

Расчетные максимальные расходы воды зарегулированных рек определяют исходя из расчетного максимального расхода воды рек в естественном состоянии с учетом изменения его в результате хозяйственной деятельности в бассейне реки и трансформации проектируемыми или действующими водохранилищами.

На реках с каскадным расположением гидроузлов расчетные максимальные расходы воды следует определять с учетом влияния вышележащих гидроузлов на приток к нижерасположенным и боковой приточности между гидроузлами.

К значениям расчетных максимальных расходов воды  $Q_p$  вероятностью превышения 0,01 % следует прибавлять гарантийную поправку (п.5.31 СП 33-101-2003). Поправка  $\Delta Q_{0,01\%}$  должна приниматься равной не более чем 20 % значения максимального расхода воды  $Q_{0,01\%}$ . Принимаемый расчетный расход с учетом гарантийной поправки не должен быть меньше, чем наибольший наблюдаемый расход.

Гидротехнические сооружения, разрушение которых может привести к катастрофическим последствиям со значительным ущербом, необходимо



## СТО

проверять на пропуск максимального расхода воды вероятностью превышения  $P = 0.01\%$  с учетом гарантийной поправки.

### **5.5.3.2 При недостаточности данных гидрологических наблюдений**

Определение значений стока за каждый год, норм и квантилей распределения речного стока осуществляют по методу отношений, основанному на приблизительном равенстве модульных коэффициентов в пункте с кратковременными наблюдениями и в пунктах-аналогах [12].

Метод отношений используют при выполнении условия  $R \geq R_{кр}$ , где  $R$  определяют по пространственной корреляционной функции. Пункты-аналоги с регулярными гидрометрическими наблюдениями при расчетах по методу, основанному на равенстве модульных коэффициентов, обычно выбирают по наименьшему расстоянию между центрами тяжести водосборов проектируемого пункта и пунктов-аналогов.

При наличии нескольких пунктов-аналогов расчеты осуществляют последовательно по всем аналогам и результаты осредняют (не более трех аналогов) с учетом случайных средних квадратических погрешностей.

Для предварительной оценки коэффициентов вариации и квантилей распределения речного стока может быть использован графический способ [12].

### **5.5.3.3 При наличии гидрометрических наблюдений 6 лет и более**

Для расчета параметров распределения и значений стока за отдельные годы используют аналитические методы, основанные на регрессионном анализе с привлечением одного или нескольких пунктов-аналогов на

## СТО

различных временных этапах. Последовательность приведения к многолетнему периоду состоит в следующем:

- все уравнения, удовлетворяющие условиям (17), располагают в порядке убывания коэффициентов корреляции;
- восстанавливают погодичные значения стока приводимого пункта за период совместных наблюдений в пунктах-аналогах по уравнению с наибольшим значением коэффициента корреляции;
- используют уравнения регрессии, коэффициенты корреляции которых меньше предыдущего, но больше всех остальных;
- поэтапное восстановление погодичных значений стока продолжают до тех пор, пока не будут использованы все уравнения регрессии, удовлетворяющие условиям (17).

Уравнение множественной линейной регрессии, по которому восстанавливается сток, имеет вид:

$$Q = k_0 + k_1Q_1 + k_2Q_2 + \dots + k_jQ_j + \dots + k_lQ_l, \quad (18)$$

где  $Q$  — значения стока в приводимом пункте;  $Q_j \dots Q_l$  — значения стока в пунктах-аналогах;  $k_0$  — свободный член;  $k_j \dots k_l$  — коэффициенты уравнения регрессии при  $j = 1, 2, \dots, l$ , где  $l$  — число пунктов-аналогов.

Коэффициенты и свободный член уравнения (2) определяют методом наименьших квадратов (МНК).

В случае одного пункта-аналога приведение среднего значения к более длительному периоду осуществляют по формуле

$$\bar{Q}_N = \bar{Q}_n + r(\sigma_n / \sigma_{n,a})(\bar{Q}_{N,a} - \bar{Q}_{n,a}), \quad (19)$$

где  $\bar{Q}_n$ ,  $\bar{Q}_{n,a}$  — среднеарифметические значения гидрологической характеристики соответственно для исследуемой реки и реки-аналога, вычисленные за период совместных наблюдений;  $\bar{Q}_N$ ,  $\bar{Q}_{N,a}$  — норма стока за  $N$ -летний период соответственно для исследуемой реки и реки-аналога;  $\sigma_n$ ,  $\sigma_{n,a}$  — средние квадратические отклонения гидрологической характеристики

## СТО

за совместный период  $n$  лет соответственно для исследуемой реки и реки-аналога.

Графический метод приведения к многолетнему периоду допускается применять на начальных стадиях проектирования в основном для определения среднего многолетнего значения (нормы) стока. Графические зависимости могут быть построены при наличии не менее шести соответственных значений речного стока в расчетном створе и створе-аналоге. Зависимости считают удовлетворительными, если коэффициент корреляции между стоком в приводимом пункте и пункте-аналоге не менее 0,7. При прямолинейной зависимости норму стока в приводимом пункте определяют непосредственно по норме стока реки-аналога.

Криволинейные связи значений стока принимают лишь в тех случаях, когда они объясняются не случайным расположением точек, а характером колебания стока в приводимом пункте и пункте-аналоге.

При приведении параметров распределения к многолетнему периоду на начальных стадиях проектирования допускается применять графоаналитический метод [12].

### **5.5.3.4 При отсутствии данных гидрологических наблюдений**

Методы определения расчетных характеристик максимального стока весеннего половодья и дождевых паводков подразделяют на следующие:

- при наличии одной или нескольких рек-аналогов;
- при отсутствии рек-аналогов.

Выбор рек-аналогов следует проводить с соблюдением требований, указанных в п. 5.4.3., а также при соблюдении условий:

$$L / A^{0,56} \approx L_a / A_a^{0,56}; \quad (22)$$

$$JA^{0,50} \approx J_a A_a^{0,50}, \quad (23)$$

## СТО

где  $L$  и  $L_a$  — длина исследуемой реки и реки-аналога соответственно, км;  
 $J$  и  $J_a$  — уклон водной поверхности исследуемой реки и реки-аналога, промилле;  $A$  и  $A_a$  — площади водосборов исследуемой реки и реки-аналога соответственно, км<sup>2</sup>.

При отсутствии гидрометрических наблюдений необходимо проводить инженерно-гидрометеорологические изыскания в исследуемом створе или районе проектирования с последующим учетом этих данных при определении расчетных максимальных расходов воды.

Параметры распределения и расчетные значения характеристик максимального стока определяются с помощью следующих основных методов:

- гидрологической аналогии;
- осреднения в однородном районе;
- построения карт изолиний параметров распределения максимального стока;
- построения региональных зависимостей максимального стока, параметров распределения и расчетных квантилей от основных физико-географических факторов.
- построения зависимостей между годовыми стоковыми характеристиками и формирующими сток факторами;
- построения зависимостей, основанных на использовании материалов полевых гидрометеорологических изысканий и кратковременных гидрологических наблюдений, отражающих пространственные закономерности распределения гидрологических характеристик.

При использовании нескольких независимых (но не более трех) региональных методов и схем расчета максимального стока окончательное расчетное значение рассматриваемой характеристики принимают в соответствии с 5.4.1.

При наличии рек-аналогов определение максимальных расходов воды весеннего половодья выполняют по редуccionной формуле. При

## СТО

обосновании в формулу допускается введение дополнительных параметров, учитывающих влияние естественных и искусственных факторов на формирование максимального стока воды рек весеннего половодья.

При наличии данных метеорологических наблюдений, позволяющих рассчитывать водоотдачу из снежного покрова, расходы воды весеннего половодья малых рек допускается определять по упрощенным генетическим формулам, структура которых и методы определения параметров регламентируются Территориальными строительными нормами.

Методы расчета максимальных расходов воды рек весеннего половодья применяют для рек с площадями водосборов от элементарно малых (менее 1 км<sup>2</sup>) до 20000 км<sup>2</sup> для европейской части России и до 50000 км<sup>2</sup> — для азиатской части, за исключением транзитных участков рек, где происходит сильное распластывание волны половодья, вызывающее снижение максимальных расходов воды.

При проектировании сооружений на реках с площадями водосборов, превышающими указанные пределы, максимальные расходы талых вод при отсутствии гидрометрических данных определяют по результатам инженерно-гидрометеорологических изысканий в исследуемом створе.

Расчетный максимальный расход воды весеннего половодья  $Q_{p\%}$ , м<sup>3</sup>/с, заданной вероятности превышения  $P_{\%}$  при наличии рек-аналогов определяют по редуцированной формуле:

$$Q_{p\%} = K_0 h_{p\%} \mu \delta \delta_1 \delta_2 A / (A + A_1)^n, \quad (24)$$

где  $K_0$  — параметр, характеризующий дружность весеннего половодья; рассчитывают как среднее из значений, определенных по данным нескольких рек-аналогов обратным путем из формулы (9);  $h_{p\%}$  — расчетный слой суммарного весеннего стока (без срезки грунтового питания), мм, ежегодной вероятности превышения  $P_{\%}$ ; определяют в зависимости от коэффициента вариации  $C_v$  и отношения  $C_s/C_v$ , а также среднего многолетнего слоя стока  $h_0$ ;  $\mu$  — коэффициент, учитывающий неравенство статистических параметров кривых распределения слоев стока и максимальных расходов воды;

## СТО

$\delta, \delta_1, \delta_2$  — коэффициенты, учитывающие влияние водохранилищ, прудов и проточных озер ( $\delta$ ), залесенности ( $\delta_1$ ) и заболоченности речных водосборов ( $\delta_2$ ) на максимальные расходы воды;  $A$  — площадь водосбора исследуемой реки до расчетного створа, км<sup>2</sup>;  $A_1$  — дополнительная площадь, учитывающая снижение интенсивности редукиции модуля максимального стока с уменьшением площади водосбора, км<sup>2</sup>;  $n$  — показатель степени редукиции.

Выбор типа расчетной формулы для определения максимального срочного расхода воды дождевого паводка заданной вероятности превышения  $Q_{p\%}$  следует производить учитывая размер площади водосбора и наличие или отсутствием рек-аналогов.

Для рек с площадями водосборов больше 200 км<sup>2</sup> расчетная редукиционная формула при наличии одной или нескольких рек-аналогов имеет вид:

$$Q_{p\%} = q_{p\%,a} \Phi_M (\delta \delta_2 / \delta_a \delta_{2a}) A, \quad (25)$$

где  $q_{p\%,a}$  — модуль максимального срочного расхода воды реки-аналога расчетной вероятности превышения  $P\%$ , м<sup>3</sup>/с·км<sup>2</sup>

$A_a$  — площадь водосбора реки-аналога, км<sup>2</sup>;

$\Phi_M$  — коэффициент, учитывающий редукицию максимального модуля стока дождевого паводка ( $q_{1\%}$ ) с увеличением площади водосбора ( $A$ , км<sup>2</sup>) или продолжительности руслового времени добегания ( $\tau_p$ , мин);

$\delta$  и  $\delta_a, \delta_2$  и  $\delta_{2a}$  — поправочные коэффициенты, учитывающие для исследуемой реки и реки-аналога регулирующее влияние соответственно озер (прудов, водохранилищ), а также болот и заболоченных земель.

Для рек с площадями водосборов больше 200 км<sup>2</sup> расчетная редукиционная формула при отсутствии рек-аналогов имеет вид:

$$Q_{p\%} = q_{200} (200 / A)^n \delta \delta_2 \delta_3 \lambda_{p\%} A, \quad (26)$$

## СТО

где  $q_{200}$  — модуль максимального срочного расхода воды ежегодной вероятности превышения  $P = 1 \%$ , приведенный к условной площади водосбора, равной  $200 \text{ км}^2$  при  $\delta = \delta_2 = \delta_3 = 1,0$ ;  $A$  — площадь водосбора,  $\text{км}^2$ ;  $\delta$  и  $\delta_2$  — допускается определять соответственно по формулам (В.3), (В.4) приложения В;  $\delta_3$  — поправочный коэффициент, учитывающий изменение параметра  $q'_{200}$  с увеличением средней высоты водосбора  $\bar{H}$ , м, в полугорных и горных районах;  $\lambda_{p\%}$  — переходный коэффициент от максимальных срочных расходов воды ежегодной вероятности превышения  $P = 1 \%$  к значениям другой вероятности превышения  $P < 25 \%$ ;

Расчетная формула типа III для определения  $Q_{p\%}$  на водосборах площадью менее  $200 \text{ км}^2$  имеет вид:

$$Q_{p\%} = q'_{1\%} \varphi H_{1\%} \delta \lambda_{p\%} A. \quad (27)$$

где  $q'_{1\%}$  — относительный модуль максимального срочного расхода воды ежегодной вероятности превышения  $P = 1 \%$ ,  $\varphi$  — сборный коэффициент стока;  $H_{1\%}$  — максимальный суточный слой осадков вероятности превышения  $P = 1 \%$ , мм; определяют по данным ближайших метеорологических станций;  $\delta$ ,  $\lambda_{p\%}$ ,  $A$  — то же, что и в формуле (26).

### **5.5.4 Расчетные гидрографы стока воды рек весеннего половодья и дождевых паводков**

#### **5.5.4.1 При наличии данных гидрологических наблюдений**

Расчетные гидрографы стока воды весеннего половодья и дождевых паводков необходимо рассчитывать при проектировании водохранилищ, отводе вод от сооружений в период их строительства, расчете затопления пойм и лиманов, пропуске высоких вод через дорожные и другие искусственные сооружения.

## СТО

Основные элементы расчетного гидрографа стока воды рек: максимальный расход воды, объем весеннего половодья (дождевого паводка), объем основной волны расчетной вероятности превышения, а также боковая приточность определяются по данным гидрометрических наблюдений.

Для построения расчетных гидрографов боковой приточности должны быть использованы имеющиеся материалы гидрометрических наблюдений по притокам на участках рек или водохранилищ. Если эти материалы освещают режим только наиболее крупных притоков, то сток с остальной части бассейна следует определять по аналогии с гидрологически сходными изученными водосборами.

В зависимости от размеров водохранилища, расположения притоков по его длине и их водности расчетные гидрографы боковой приточности можно строить для всего водохранилища в целом или для его отдельных участков.

В случае наличия боковой приточности между смежными створами, она определяется одним из следующих способов:

- суммированием расходов воды притоков с учетом времени добегания, впадающих на участке между двумя створами;
- по разности средних расходов воды в нижнем и верхнем створах участка реки;
- методом руслового водного баланса;
- по модулю стока, определенному по карте для частной площади.

Общая продолжительность весеннего половодья для больших и средних рек, включая дождевые паводки на спаде половодья, принимается одинаковой для всех лет и створов, как на основной реке, так и на притоках при условии включения в ее пределы продолжительности всех половодий.

Назначение периода общей продолжительности весеннего половодья допускается принимать переменным для разных лет, но одинаковым по длине реки. Продолжительность основной волны, включающей максимальную ординату, следует принимать постоянной в подвижных



## СТО

границах для всех лет исходя из условия наибольшего объема стока (притока) за принятый период.

Форму расчетных гидрографов принимают по моделям наблюдаемых высоких весенних половодий или дождевых паводков с наиболее неблагоприятной их формой, для которых основные элементы гидрографов и их соотношения должны быть близки к расчетным.

Для расчета отверстий дорожных и других искусственных сооружений допускается принимать схематизацию гидрографов стока воды рек весеннего половодья и дождевых паводков по геометрическим формам.

Расчетные гидрографы стока воды рек определяют:

- для весеннего половодья — по среднесуточным расходам воды; гидрографы внутрисуточного хода стока воды рассчитывают, если значение максимального мгновенного расхода воды в 1,5 раза больше соответствующего ему среднесуточного расхода воды;

- для дождевых паводков — по мгновенным расходам воды.

Выбор метода построения расчетного гидрографа и натурной модели зависит от задач, для решения которых он используется:

- при проектировании гидротехнических объектов с относительно небольшой регулирующей емкостью водохранилища используют модель одновершинного гидрографа с наибольшим максимальным расходом воды;

- при больших регулирующих емкостях, сопоставимых с полным объемом половодий (паводков), используют модель с наибольшим объемом половодья (паводка) и наибольшей сосредоточенностью стока в центральной части гидрографа;

- для рек с многовершинными гидрографами следует выбирать такую модель из числа многоводных лет, в которой наибольшая волна после короткого промежутка следует за меньшей волной;

- при каскаде водохранилищ строят расчетный гидрограф притока к верхнему гидроузлу и гидрографы боковой приточности между гидроузлами; при этом выбирают модель, общую для всего каскада;

## СТО

- для развитых систем инженерной защиты, включающих наряду с водохранилищами обвалование, регулирование русла реки и другие мероприятия, строят расчетные гидрографы во входном створе на основной реке и гидрографы боковой приточности на всем протяжении инженерной защиты по общей для всей системы модели.

Расчет гидрографов весеннего половодья (дождевого паводка) выполняют методом перехода от гидрографа-модели к расчетному гидрографу путем умножения ординат гидрографа-модели на коэффициенты [13].

Определение гидрографов внутрисуточного хода стока следует производить по методу, указанному в [13].

### **5.5.4.2 При недостаточности данных гидрологических наблюдений**

При недостаточности данных гидрометрических наблюдений основные элементы расчетного гидрографа необходимо приводить к многолетнему периоду с привлечением данных наблюдений пунктов-аналогов согласно разделу 5.4.3. данного стандарта.

Модель расчетного гидрографа стока воды устанавливают путем осреднения нескольких гидрографов стока воды высоких весенних половодий (дождевых паводков), выраженных в относительных единицах. Координаты натуральных гидрографов  $t'_i$  и  $Q'_i$  из абсолютных значений пересчитывают в относительные  $(t_i, Q_i)$  в долях общей продолжительности паводка  $t_m$  и максимального расхода  $Q_m$ :

$$t_i = t'_i / t_m ; \quad (28)$$

$$Q_i = Q'_i / Q_m . \quad (29)$$

Ординаты совмещают на одном чертеже относительно модальной ординаты. Затем по осредненным значениям ординат строят обобщенный гидрограф,

## СТО

наиболее полно отражающий особенности формы натуральных гидрографов. Этот гидрограф и принимают за модель.

Координаты расчетных гидрографов определяют согласно требованиям [12].

Для построения расчетных гидрографов боковой приточности должны быть использованы имеющиеся материалы гидрометрических наблюдений по притокам на участках рек или водохранилищ. Если эти материалы освещают режим только наиболее крупных притоков, то сток с остальной части бассейна следует определять по аналогии с гидрологически сходными изученными водосборами.

В зависимости от размеров водохранилища, расположения притоков по его длине и их водности расчетные гидрографы боковой приточности можно строить для всего водохранилища в целом или для его отдельных участков.

### **5.5.4.3 При отсутствии данных гидрологических наблюдений**

Параметры основных элементов расчетного гидрографа следует определять согласно [11].

Коэффициент перехода ( $k_t$ ) от максимального мгновенного расхода воды весеннего половодья к среднесуточному устанавливают по рекам-аналогам. При их отсутствии для равнинных рек определение коэффициента  $k_t$  осуществляют по региональным зависимостям от площади водосбора.

Одновершинный гидрограф стока воды весеннего половодья (дождевого паводка) рассчитывается согласно [11].

Максимальный сток рек по данным рек-аналогов или по значению коэффициента формы гидрографа  $\lambda$ , определяемого по формуле:

$$\lambda = q_{тп} / 0,0116h \quad (30)$$

Ординаты расчетного гидрографа определяются по формуле:

$$Q_i = yQ_p, \quad (31)$$

## СТО

а абсцисса по формуле:

$$t_i = x t_{п}, \quad (32)$$

где  $t_{п}$  — продолжительность подъема весеннего половодья (дождевого паводка), определяется по формуле:

$$t_{п} = 0,0116 \lambda h p / q_p \quad (33),$$

где  $x, y$  — относительные ординаты расчетного гидрографа стока воды, определяемые по Приложению Б, таблица Б.9 [11];  $q_p$  — расчетный модуль максимального среднего суточного расхода воды весеннего половодья или максимального мгновенного расхода воды дождевого паводка,  $\text{м}^3/\text{с км}^2$ .

Внутрисуточный гидрограф стока определяется по формуле (31), значения относительных ординат  $y$  которого принимается по Приложению Б, таблица Б.10 [11].

Для рек с площадью водосбора менее  $200 \text{ км}^2$ , с продолжительностью подъема дождевого паводка 1 сутки или менее, расчетная продолжительность определяется по формуле:

$$T_{п} = \beta \lambda h p / q_p \quad (32),$$

где  $\beta$  — коэффициент, принимаемый при расчете продолжительности подъема дождевого паводка в часах, равным 0,28, в минутах — 16,7.

При определении расчетных гидрографов дождевых паводков коэффициент несимметричности  $k_s$  следует принимать по рекам-аналогам; при отсутствии аналогов допускается  $k_s$  принимать равным 0,30, для рек с площадью менее  $1 \text{ км}^2$ , степной и полупустынной зон — равным 0,20.

### **5.5.5 Расчет минимального стока**

#### **5.5.5.1 При наличии данных гидрологических наблюдений**

Для расчетов используют минимальные среднесуточные, среднемесячные или 30-суточные (не календарные) расходы воды, наблюдавшиеся в зимний и (или) летне-осенний сезоны.

## СТО

Среднемесячные минимальные расходы используют, если они не превышают 30-суточные более чем на 10 %, в противном случае применяют средние расходы воды за 30 непрерывных суток с наименьшим стоком в рассматриваемом сезоне. При частых паводках и коротких межпаводочных периодах 30-суточный период допускается сокращать до 24 сут, чтобы максимально избежать включения паводковых вод в период минимального стока.

Определение расчетных минимальных расходов воды при наличии данных гидрометеорологических наблюдений производится по эмпирическим кривым обеспеченности аппроксимируемые распределением Пирсона III типа или трехпараметрическим распределением С.Н. Крицкого и М.Ф. Менкеля. При неоднородности ряда наблюдений применяют усеченные или составные кривые распределения ежегодных вероятностей превышения. При значительных расхождениях аналитической кривой и фактических данных в нижней части – резкое отклонение одной–двух последних точек, обусловленное физическими причинами, применяют эмпирические кривые обеспеченности.

При наличии нулевых расходов воды в ряду наблюдений расчеты производятся с использованием составных кривых распределения, а в случае несоответствия полученной аналитической кривой наблюдаемым значениям – по эмпирической кривой вероятности превышения.

Минимальный суточный расход воды обычно совпадает с 30–суточным (среднемесячным) периодом минимального стока. Однако на реках с частыми паводками их сроки могут значительно различаться. Минимальный среднемесячный (календарный) расход воды рекомендуется использовать в расчетах, когда рассматривается сток за зимний сезон для рек, находящихся восточнее границы: Ладожское озеро – верховья рек Днепра и Оки – среднее течение Дона – устье Волги; или сток за летне–осенний сезон для рек, расположенных южнее границы Санкт Петербург – Пермь – Магнитогорск – Тюмень – Новосибирск – Барнаул, исключая реки Северного Кавказа. Для

## **СТО**

остальных районов в расчетах следует использовать минимальные 30–суточные расходы воды.

### **5.5.5.2 При недостаточности данных гидрологических наблюдений**

В расчетах минимального стока при небольшом числе лет совместных наблюдений (до 6 лет) с рекой-аналогом для более надежного выявления связи в условиях меженных периодов длительностью более двух месяцев рекомендуется использовать значения расходов воды за меженный период или 30-суточные, или среднемесячные расходы воды за все месяцы межени.

### **5.5.5.3 При отсутствии данных гидрологических наблюдений**

Основной расчетной характеристикой является минимальный 30-суточный или среднемесячный расход воды в зимний и (или) летне-осенний сезоны. Минимальный среднесуточный расход определяется по связи с 30-суточным. Минимальный среднесуточный расход воды обычно используется в случаях, когда не допускается перерывов в подаче воды.

Способ определения минимального 30-суточного расхода воды зависит от категории реки — малая, средняя или большая.

Минимальные расходы воды на больших и средних реках определяют по интерполяции между пунктами наблюдений с учетом боковой приточности и данных полевых гидрометеорологических изысканий в расчетном створе.

При невозможности использовать указания предыдущего абзаца, для расчета минимальных 30-суточных (среднемесячных) расходов применяют методы пространственной интерполяции минимального 30-суточного модуля

## СТО

стока 80 %-ной обеспеченности для зимнего или летне-осеннего сезонов (карта изолиний).

Минимальный сток малых равнинных и полугорных рек рассчитывается по зависимости минимальных 30-суточных расходов воды 80 %-ной обеспеченности от площади водосбора для районов однородных по условиям формирования минимального стока. В общем виде эта зависимость имеет вид [2]:

$$Q_{P\%} = b(A \pm A_1) m \delta_1 \delta_2 \lambda_{P\%}, \quad (33)$$

где  $Q_{P\%}$  — минимальный 30-суточный расход воды расчетной обеспеченности, м<sup>3</sup>/с;  $A$  — площадь водосбора, км<sup>2</sup>;  $A_1$  — дополнительная площадь водосбора: при положительном значении отражает дополнительное подземное питание рек (за счет карста, выхода глубоких трещинных вод, подпитывание из водоносных горизонтов других бассейнов), в случае отрицательного значения показывает площади водосбора с ежегодным отсутствием стока в течение 30 суток;  $\delta_1$  — коэффициент, учитывающий увеличение минимальных расходов воды на озерных реках; (при расположении озер в верхней части водосбора и озерности менее 5% коэффициент  $\delta_1$  может быть принят равным 1);  $\delta_2$  — коэффициент, учитывающий увеличение минимальных расходов воды заболоченных водосборов;  $\lambda_{P\%}$  — переходный коэффициент от минимального 30-суточного расхода воды 80%-ной обеспеченности к расходу воды расчетной обеспеченности;  $b$ ,  $m$  — параметры, определяемые по рекам-аналогам или как средние районные значения с использованием минимальных расходов воды опорной обеспеченности, обычно 80 %.

В горных районах минимальный сток следует определять по графической зависимости модуля минимального 30-суточного стока от средней высоты водосбора. Дополнительным параметром для водосборов со средней высотой до 2500 м может служить площадь водосбора.

## 5.6 Составление раздела технического отчета

Результаты исследования режима стока, в рамках инженерно-гидрометеорологических изысканий представляются в техническом отчете в виде текстовой части (глава, раздел), текстовых и графических приложений. Технический отчет оформляется в соответствии с [23] и состоит из текстовой и графической частей.

Состав и содержание отчетных материалов в каждом конкретном случае должны определяться исходя из объемов выполненных работ, необходимых для решения поставленных задач на соответствующих стадиях проектирования, с учетом дополнительных требований производственно-отраслевых нормативных документов.

В соответствии с [17,18] отчетные материалы в общем случае должны содержать следующую информацию:

- Введение;
- Изученность территории;
- Краткая физико-географическая характеристика;
- Методика и технология выполнения работ;
- Результаты изысканий;
- Характеристика гидрологического режима водных объектов;
- Сведения по контролю качества и приемки работ;
- Заключение;
- Использованные документы и материалы;
- Текстовые приложения;
- Графическая часть.



# СТО

## 6. Методы контроля технологических операций исследовании режима стока воды

### 6.1 Задачи контроля работ

Контроль качества выполнения инженерно-гидрометеорологических изысканий должен осуществляться на всех этапах выполнения работ.

Основным критерием оценки полноты и качества материалов инженерно-гидрометеорологических изысканий является обеспечение проектирования необходимыми и достаточными данными о гидрометеорологических условиях территории с оценкой возможного изменения этих условий в течение периода эксплуатации сооружения.

Основными задачами контроля работ являются:

- проверка соответствия процессов, а также результатов выполненных работ и их оформления требованиям технических проектов, программ изысканий и действующих нормативных актов;
- выявление степени завершенности работ;
- проверка полноты использования исходных гидрологических и справочных материалов;
- предоставление объективных данных для оценки качества работ;
- предупреждение брака в работе, оказание необходимой помощи при выполнении работ в установленные сроки и с соблюдением установленных требований;
- проверка состояния приборов и вспомогательных принадлежностей, правильности их эксплуатации и хранения.

В организациях, выполняющих инженерные изыскания, контроль осуществляет персонал организации, отделы технического контроля (ОТК) или технические отделы изысканий (там, где ОТК не предусмотрен).

Основные виды и последовательность выполнения технологических операций, выполняемых при инженерно-гидрометеорологических

## СТО

изысканиях в части исследования речного стока приведены в разделе 5 настоящего стандарта.

### **6.2 Виды контроля**

В зависимости от цели контроля различают технический контроль и приемочный контроль. Виды технического контроля

- входной контроль;
- инспекционный контроль;
- сплошной контроль;
- выборочный контроль;
- контроль отдельных операций;
- инструментальный контроль.

При техническом контроле всех видов, за исключением входного контроля, контролирующее лицо в объеме, предусмотренном для данного вида контроля, обязано установить:

- полноту знаний, правильность понимания и исполнения требований нормативных и методических актов и технических предписаний требований к оформлению полевых технических материалов;

- техническое состояние применяемых приборов и оборудования, соблюдение правил их эксплуатации и хранения, своевременность и полноту их исследования и поверки;

- своевременность исполнения работ, уровень практических навыков специалистов в производстве данного вида работ;

- соблюдение требований экологии и правил безопасного ведения работ;

- выполнение указаний предыдущих проверок.

В зависимости от вида работ в процессе выполнения инженерных изысканий различают следующие виды контроля:

- контроль полевых работ (измерение и вычисление расхода воды);

## **СТО**

- контроль камеральных работ (планирование организации гидрологических работ, сбор и анализ данных наблюдений, расчет характеристик речного стока, составление технического отчета).

### **6.3 Контроль полевых работ**

#### **6.3.1 Общие положения**

Контроль полевых работ при инженерных изысканиях является составной частью производства и осуществляется систематически, и охватывает все технологические процессы.

Для контроля полевых работ, выполняемых юридическими лицами (негосударственными коммерческими организациями), рекомендуется привлекать представителей заказчика и саморегулируемой организации.

В зависимости от конкретных условий и видов полевых работ применяют две основные формы контроля: полевое обследование и просмотр (проверка) материалов полевых работ.

Полевое обследование выполняют с целью проверки полноты и правильности выполнения технологических приемов работ. Эта форма контроля осуществляется путем присутствия инспектирующего лица на месте работ при их проведении исполнителем.

Проверка материалов полевых работ, связанная с просмотром журналов, сводок и ведомостей работ, проводится с целью установления правильности, полноты и своевременности ведения рабочих записей, полевых вычислений, оформления и комплектования материалов по законченным работам.

При инспекционных проверках, в том числе представителями саморегулируемых организаций процессов выполнения работ по инженерным изысканиям необходимо руководствоваться требованиями [37]. В частности, подлежат проверке специалисты на соблюдение требований к

## **СТО**

образованию и опыту выполнения работ по инженерным изысканиям для объектов капитального строительства и на особо опасных, технически сложных и уникальных объектов [38], наличием не менее двух из них в реестре специалистов Национального объединения изыскателей и проектировщиков [37].

### **6.3.2 Измерение и вычисление измеренного расхода воды**

При измерении и вычислении расхода воды контролю подлежат следующее.

1. Наличие необходимого прошедшего поверки оборудования, и его исправное состояние;
2. Репрезентативность выбора участка гидрометрического створа;
3. Наличие и полнота заполнения журналов промеров глубин и измерения скоростей течения воды;
4. Расчётные значения расходов воды;
5. Соблюдение техники безопасности при выполнении изысканий.

## **6.4 Контроль камеральных работ**

### **6.4.1 Планирование организации гидрологических работ**

На этапе планирования организации гидрологических работ контролю подлежат следующие моменты.

1. Наличие технического задания и программы работ, составленных в соответствии с [17,18].
2. Наличие разрешительной документации: лицензия на право выполнения данного вида изысканий и лицензия на право выполнения гидрометеорологических работ;

## **СТО**

3. Наличие необходимого количества специалистов, обладающих соответствующими навыками и квалификацией;
4. Наличие необходимых сертифицированных приборов и оборудования;
5. Выполнение необходимых предварительных мероприятий:
  - осуществление сбора и анализа исходной информации;
  - оценка степени гидрологической изученности территории;
  - наличие задание на выполнение полевых работ (при необходимости)

### **6.4.2 Сбор и анализ данных гидрологических наблюдений**

На этапе сбора и анализа данных гидрологических наблюдений контролю подлежат следующие моменты.

1. Источники получения исходных данных принятых для получения расчетных гидрологических характеристик;
2. Полнота и надежность исходной информации;
3. Правильность выбора постов-аналогов.

### **6.4.3 Расчет характеристик речного стока**

При расчете характеристик речного стока контролю подлежат следующие моменты.

1. Репрезентативность и однородность исходных рядов данных;
2. Методы получения расчетных характеристик;
3. Значения расчетных характеристик стока необходимой обеспеченности в соответствии с условиями технического задания.

## СТО

### 6.4.4 Составление раздела технического отчета

Контролю подлежит соответствие состава раздела (главы) технического отчета требованиям [17,18]. Текстовые документы должны содержать:

- копию технического задания;
- копию программы работ;
- копия свидетельства о допуске к видам работ в составе инженерных изысканий, влияющих на безопасность объекта капитального строительства и лицензий;

- копии метрологической результатов метрологической проверки оборудования средств измерений и/ или аттестации испытательного оборудования;

- копии актов контроля и приемки работ;
- результаты наблюдений за период выполнения изысканий и результаты наблюдений по посту аналогу;

- исходные данные, принятые для расчетов и результаты расчетов;
- ведомость расчетных створов, пересекаемых водоток, оврагов и ложбин стока;

- акты полевого контроля;
- акты приемки работ;
- фотоматериалы.

В составе графических материалов следует представлять:

- схему гидрографической сети с указанием местоположения пунктов гидрологических наблюдений (включая пункты наблюдений прошлых лет);

- выкопировку с карты с обозначением расположения проектируемого объекта и пунктов гидрологических наблюдений;

- схему выполненных полевых работ (с указанием мест участков работ и переходов через водные объекты)

- гидролого-морфологическую схему перехода через водный объект;

## **СТО**

- поперечные профили по гидрометрическим створам;
- графики зависимости расходов воды, площадей водного сечения и средних скоростей течения от уровня воды;
- графики связи гидрологических параметров по исследуемым пунктам и по пунктам-аналогам, данные по которым были использованы для установления расчетных характеристик;
- схемы распределения скоростей и направления течений;
- кривые обеспеченности среднегодовых и характерных расходов воды и других расчетных характеристик;
- типовые гидрографы стока воды для маловодного, среднего по водности и многоводного года.

## **7. Требования безопасности при выполнении работ на воде**

Гидрологические наблюдения и работы должны производиться в соответствии с [22,24], а также утвержденными в установленном порядке наставлениями, руководствами, инструкциями и методическими указаниями по производству этих наблюдений и работ при строгом соблюдении требований государственных стандартов безопасности труда, и других действующих правил, норм и инструкций по технике безопасности.

Наиболее опасными являются гидрологические работы на реках и каналах, связанные с использованием паромных и лодочных переправ, подвесных люлек и мостиков, наблюдения в период неустойчивого ледостава и при ледоходе, а также измерения при тарировках ГЭС, связанные с возможными внезапными остановками ГЭС или аварийными сбросами воды.

Общие мероприятия по предупреждению несчастных случаев при гидрометрических работах состоят в следующем:

- при производстве наблюдений и работ, связанных с использованием плавучих средств, всех видов гидрометрических переправ, наблюдений и работ со льда, работ вблизи обрывистых берегов, на всех исполнителях этих

## СТО

работ должны быть надеты надувные спасательные жилеты. Производство указанных работ без надувных спасательных жилетов запрещается;

- при выполнении гидрологических работ использование всех видов плавсредств, не отвечающих требованиям техники безопасности запрещается.

Все самоходные плавсредства в рабочем состоянии должны иметь:

- исправный корпус, не обнаруживающий течи как ниже, так и выше ватерлинии;

- полный комплект необходимого для плавания оборудования (весла, уключины, якоря и др.);

- достаточные водоотливные средства (ковши, ведра, помпы, насосы);

- подручные ремонтные материалы для временной заделки пробоин и трещин;

- необходимые спасательные средства (спасательные круги и надувные жилеты), в количестве, обеспечивающем каждого работающего на судне;

- при наличии судоходства или сплава - установленную сигнализацию: (ночью - фонари), рупор, сирену или колокол;

- санитарную сумку с медикаментами для оказания первой помощи.

Во время работы и плавания запрещается:

- плавание и производство работ на реках на лодках и понтонах при ветре свыше 5 м/с или волнении более 3 баллов, на речных катерах при ветре свыше 7,5 м/с или волнении более 4 баллов.

- зачаливаться за мосты, движущиеся суда, плоты или остановочные знаки на воде (вехи, бакены);

- оставлять лодки, в особенности моторные, и катера непричаленными или непоставленными на якоря, а моторные лодки и катера - без надзора;

- подходить близко к идущим большим самоходным судам и пересекать их курс.



## СТО

- пересаживание людей из одной лодки в другую, передвижение по лодке и резкие движения вообще. Не разрешается становиться на борт лодки; все работы с лодки производятся сидя.

- пользовании любым плавучим средством (лодкой, катером, понтоном, челноком) при его перегрузке.

В случае, если судно получило значительную пробоину и течь не может быть быстро ликвидирована имеющимися средствами, работа немедленно прекращается и судно срочно должно направляться к ближайшему берегу.

Все катера и моторные лодки должны ежегодно предъявляться на освидетельствование органам судоходного надзора для получения свидетельства на право плавания в зоне работ.

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

Ответственными за безопасность производства работ, и в частности за наличие и годность спасательных средств являются: начальник гидрографической партии или отряда, инженер, самостоятельно измеряющий расходы воды. Если полностью не обеспечиваются требования, определенные [24,22], касающиеся плавсредств и спасательных средств, руководитель обязан прекратить производство работ и принять необходимые меры по ремонту и замене этих средств.

Руководитель работ обязан заблаговременно предупредить водноспасательные станции (где это возможно) об усилении с их стороны надзора на период работы, а также выяснить в техническом участке пути особенности участка реки, представляющие угрозу для безопасного выполнения работ. Кроме того, он обязан узнать местоположение и номера телефонов ближайших медпунктов, больницы, аптеки и милиции и сообщить об этом всем исполнителям работ.

## **СТО**

Более подробно требования безопасности при выполнении работ на воде изложены в [22,24].

## Библиография

1. Виноградов Ю.Б., Кучмент Л.С., Рождественский А.В. Проблемы совершенствования теории и методов расчета стока. Генеральные доклады V Всесоюзного гидрологического съезда. — Л.: Гидрометеиздат, 1986. — С. 47–63.
2. Владимиров А.М. Минимальный сток рек СССР.— Л.: Гидрометеиздат, 1970. — 214 с.
3. Владимиров А.М. Гидрологические расчеты. — Л.: Гидрометеиздат, 1990. — 368 с.
4. Воскресенский К.П. Норма и изменчивость годового стока рек Советского Союза. — Л.: Гидрометеиздат, 1962. — 545 с.
5. Кучмент Л.С. Математическое моделирование речного стока. — Л.: Гидрометеиздат, 1972. — 190 с.
6. Кучмент Л.С. Модели процессов формирования речного стока. — Л.: Гидрометеиздат, 1980. — 143 с.
7. Лобанов В.А. Общее динамическое моделирование пространственно-временных колебаний речного стока. Труды VI Всесоюзного гидрологического съезда, секция 5, — М.: Метеоагентство Росгидромета, 2006. — С. 219–223.
8. Методические рекомендации по учету влияния хозяйственной деятельности на сток малых рек при гидрологических расчетах для водохозяйственного проектирования. — Л.: Гидрометеиздат, 1986. — 167 с.
9. Методические рекомендации по учету влияния хозяйственной деятельности на сток малых рек при гидрологических расчетах для водохозяйственного проектирования. — Л.: Гидрометеиздат, 1966. — 168 с.

## СТО

10. Методические указания по оценке влияния хозяйственной деятельности на сток средних и больших рек и восстановлению его характеристик. — Л.: Гидрометеоздат, 1986. — 130 с.
11. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при отсутствии данных гидрометрических наблюдений. — Санкт-Петербург.: Нестор-История, 2009. — 192 с.
12. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при недостаточности данных гидрометрических наблюдений. — Санкт-Петербург.: Нестор-История, 2004. — 67 с.
13. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при наличии данных гидрометрических наблюдений. — Санкт-Петербург.: Нестор-История, 2005. — 103 с.
14. Рекомендации по статистическим методам анализа однородности пространственно-временных колебаний речного стока. — Л.: Гидрометеоздат, 1984. — 78 с.
15. Рождественский А.В. Оценка точности кривых распределения гидрологических характеристик. — Л.: Гидрометеоздат, 1977. — 269 с.
16. Рождественский А.В., Ежов А.В., Сахарюк А.В. Оценка точности гидрологических расчетов. — Л.: Гидрометеоздат, 1990. — 276 с.
17. СП 47.13330.2016 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения;
18. СП 11-103-97. Инженерно-гидрометеорологические изыскания для строительства;
19. СП 47.13330.2016 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения;

## СТО

- 20.СП 33-101-2003. Определение основных расчётных гидрологических характеристик
- 21.МИ 1759-87 Государственная система обеспечения единства измерений. Расход воды на реках и каналах. Методика выполнения измерений методом «скорость-площадь»;
- 22.НПАОП 74.2-1.03-83. «Правилами по технике безопасности при производстве наблюдений и работ на сети Госкомгидромета»;
- 23.ГОСТ 21.301-2014 «Система проектной документации для строительства (СПДС). Основные требования к оформлению отчетной документации по инженерным изысканиям (с Поправкой)».
- 24.РСН 76-90. Инженерные изыскания для строительства. Технические требования к производству гидрометеорологических работ;
- 25.Водный кодекс РФ с изменениями на 31 октября 2016 г.;
- 26.ГОСТ 17.1.1.02-77 Охрана природы. Гидросфера. Классификация водных объектов;
- 27.ГОСТ 19179-73 Гидрология суши. Термины и определения;
- 28.СП 47.13330.2016 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения;
- 29.СП 11-103-97. Инженерно-гидрометеорологические изыскания для строительства;
- 30.Наставления гидрометеорологическим станциям и постам. Выпуск 6. Часть I. Гидрологические наблюдения на малых реках;
- 31.Наставления гидрометеорологическим станциям и постам. Выпуск 6. Часть II. Гидрологические наблюдения на больших и средних реках;
- 32.МИ 1759-87 Государственная система обеспечения единства измерений. Расход воды на реках и каналах. Методика выполнения измерений методом «скорость-площадь»;
- 33.ГОСТ 25855-83 (СТ СЭВ 3546-82 и СТ СЭВ 3547-82) Уровень и расход поверхностных вод. Общие требования к измерению

## СТО

- 34.РД 52.08.767-2012. Расходы воды на водотоках. Методика измерений акустическими доплеровскими профилографами «Stream Pro» и «Rio Grande»;
- 35.ГОСТ 15126-80 Средства измерения скорости течения воды. Вертушки гидрометрические речные. Общие технические требования (с Изменением N 1)
- 36.СП 33-101-2003. Определение основных расчётных гидрологических характеристик
- 37.Градостроительный кодекс Российской Федерации
- 38.Постановление Правительства РФ от 11 мая 2017 г. № 559 "Об утверждении минимальных требований к членам саморегулируемой организации, выполняющим инженерные изыскания, осуществляющим подготовку проектной документации, строительство, реконструкцию, капитальный ремонт особо опасных, технически сложных и уникальных объектов”