

Охрана окружающей среды и природопользование
Гидрометеорология

ПРАВИЛА ПРОВЕДЕНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ И РАБОТ ЧАСТЬ 1

Ахова навакольнага асяроддзя і прыродакарыстанне
Гідраметэаралогія

ПРАВИЛЫ ПРАВЯДЗЕННЯ ГІДРАЛАГІЧНЫХ НАЗІРАННЯЎ І РАБОТ ЧАСТКА 1

Издание официальное



Минприроды

Минск

УДК

МКС 07.060

КП 06

Ключевые слова: гидрометеорология, гидрологические наблюдения, уровень воды, расход воды, температура воды, ледовые явления

Предисловие

Цели, основные принципы, положения по государственному регулированию и управлению в области технического нормирования и стандартизации установлены Законом Республики Беларусь «О техническом нормировании и стандартизации».

Цели, основные принципы, положения по государственному регулированию и управлению техническим нормированием и стандартизацией в области охраны окружающей среды установлены Законом Республики Беларусь «Об охране окружающей среды».

1 РАЗРАБОТАН Государственным учреждением «Республиканский гидрометеорологический центр» Департамента по гидрометеорологии Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь

ВНЕСЕН Департаментом по гидрометеорологии Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь

2 УТВЕРЖДЕН и ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 31.10.2008 г. № 5-Т

3 ВЗАМЕН Наставлений гидрометеорологическим станциям и постам вып.6.ч.I Ленинград–Гидрометеоиздат–1978, вып.2,ч.II, Ленинград–Гидрометеоиздат–1975, вып.6.ч II, Ленинград–Гидрометеоиздат–1972 и Руководящего документа 52.08.163–8 Дополнение к Наставлению гидрометеорологическим станциям и постам, вып.6,ч.1

Настоящий технический кодекс не может быть воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Минприроды Республики Беларусь

Издан на русском языке

Содержание

1 Область применения	1
2 Нормативные ссылки	1
3 Термины и определения	2
4 Общие положения	3
5 Состав работ и сроки гидрологических наблюдений	4
6 Разряд гидрологического поста и работа наблюдателя	15
7 Выбор участка реки для организации и оборудования гидрологического поста	18
8 Топогеодезические работы на постах сетевых гидрологических подразделений	26
9 Наблюдения за уровнем воды	53
10 Наблюдения за продольным уклоном водной поверхности	92
11 Наблюдения за температурой воды	106
12 Наблюдения за ледовыми явлениями и толщиной льда	113
13 Наблюдения за водной растительностью и явлениями, влияющими на условия течения реки	140
14 Общие понятия о расходе воды	142
15 Измерение расходов воды	159
16 Гидрометрические работы на пойменных участках рек	198
17 Вычисление расхода воды, рациональная организация и оптимизация измерений, правила округления	200
18 Расход наносов: общее понятие, отбор проб единичной и контрольной мутностей	222
19 Измерение и вычисление расхода взвешенных наносов, особенности	231
20 Наблюдения за гранулометрическим составом, обработка проб	238
21 Специальные и научно-методические исследования	267
22 Сбор и автоматизированная обработка данных гидрологических наблюдений	287
Приложение А (обязательное) Примерная форма акта опроса о режиме реки	288
Приложение Б (обязательное) Закрепление геодезических пунктов	290
Приложение В (обязательное) План участка гидрологического поста (образец оформления плана)	295
Приложение Г (обязательное) Пример заполнения таблицы ТГ-11 при многосрочных наблюдениях за уровнем воды	297
Приложение Д (обязательное) Методика оценки коэффициента вариации и радиуса корреляции случайного процесса	298
Приложение Е (обязательное) Поправки на длину троса	300
Приложение Ж (обязательное) Описания и указания по сборке и разборке гидрометрических вертушек	302
Приложение К (обязательное) Правила обращения и ухода за гидрометрической вертушкой	305
Приложение Л (обязательное) Перечень видов состояния водного объекта, за которыми должны производиться наблюдения на гидрологических постах	309
Приложение М (обязательное) Перечень оборудования и материалов для обработки проб наносов и донных отложений	315

Приложение Н (обязательное) Перечень оборудования для обеспечения лабораторной обработки проб наносов	316
Приложение П (обязательное) Правила обращения и ухода за установками и приборами для лабораторной обработки проб наносов	318
Библиография	322

Введение

Технический кодекс установившейся практики «Правила проведения гидрологических наблюдений и работ» (далее – технический кодекс) разработан в развитие ст. 15 Закона Республики Беларусь от 09.01.2006г. «О гидрометеорологической деятельности» и во исполнение приказа Департамента по гидрометеорологии Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 27.02.2006г. № 3 «План подготовки проектов нормативных правовых актов в области, относящейся к компетенции Департамента по гидрометеорологии». Технический кодекс состоит из двух частей:

- часть 1 технического кодекса содержит «Правила проведения гидрологических наблюдений и работ на больших и средних реках»;
- часть 2 технического кодекса содержит «Правила проведения гидрологических наблюдений и работ на малых реках».

ТЕХНИЧЕСКИЙ КОДЕКС УСТАНОВИВШЕЙСЯ ПРАКТИКИ

**Охрана окружающей среды и природопользование
Гидрометеорология
ПРАВИЛА ПРОВЕДЕНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ И РАБОТ
Часть I**

**Ахова навакольнага асяродзя і прыродакарыстанне
Гідраметэаралогія
ПРАВІЛЫ ПРАВЯДЗЕННЯ ГІДРАЛАГІЧНЫХ НАЗІРАННЯУ І РАБОТ
Частка I**

**Environmental Protection and Nature Use.
Hydrometeorology
Rules of carrying out of hydrological observations and operations
Part 1**

Дата введения 2009–01–01

1 Область применения

Настоящий технический кодекс установившейся практики (далее—технический кодекс) устанавливает правила проведения гидрологических наблюдений и работ в сетевых гидрологических подразделениях и на постах государственной сети наблюдений Департамента по гидрометеорологии Республики Беларусь.

Технический кодекс предназначен для сетевых наблюдательных организаций гидрометеорологической службы, осуществляющих гидрологические наблюдения и работы на больших и средних реках и для организаций, осуществляющих контроль и обобщение результатов наблюдений.

Требования настоящего технического кодекса обязательны для сетевых наблюдательных организаций гидрометеорологической службы, для организаций, осуществляющих контроль и обобщение результатов наблюдений, для организаций и индивидуальных предпринимателей, имеющих право осуществлять гидрометеорологическую деятельность.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие технические нормативные правовые акты в области технического нормирования и стандартизации (далее – ТНПА):

ТКП 8.3–2007(03220) Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь Вертушки гидрометрические. Методика поверки в градуировочном лотке

СТБ 1804–2007 Знаки информационные особо охраняемых природных территорий, водоохранных зон и прибрежных полос водных объектов

ГОСТ 4.331–85 Система показателей качества продукции. Мотопомпы пожарные Номенклатура показателей

ГОСТ 7502–98 Рулетки измерительные металлические. Технические условия

ГОСТ 8.417–2002 Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин

ГОСТ 10528–90 Нивелиры. Общие технические условия

ГОСТ 10529–96 Теодолиты. Общие технические условия

ГОСТ 11897–94 Штативы для геодезических приборов. Общие технические требования и методы испытаний

Издание официальное

ГОСТ 15126–80 Средства измерения скорости течения воды. Вертушки гидрометрические речные. Общие технические условия

ГОСТ 15150–69 Уровнемер поплавковый цифровой одностросовый УПЦО

ГОСТ 19179–73 Гидрология суши. Термины и определения

ГОСТ 19185–73 Гидротехника. Основные понятия. Термины и определения

ГОСТ 21292–89 Лодки надувные гребные. Технические условия

ГОСТ 28556–90 Моторы лодочные подвесные. Типы. Основные параметры. Общие технические требования

Примечание – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ТНПА по каталогу, составленному по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году.

Если ссылочные ТНПА заменены (изменены), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться замененными (измененными) ТНПА. Если ссылочные ТНПА отменены без замены, то положение, в котором дана ссылка на них, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем техническом кодексе применяют следующие термины с соответствующими определениями (ГОСТ 19179, ГОСТ 19185) и [6].

3.1 гидрологические наблюдения: Наблюдения над элементами гидрологического режима.

3.2 гидрологический пост: Пункт на реке, озере, водохранилище, болоте, выбранный с соблюдением известных правил и оборудованный для производства систематических гидрологических наблюдений и сбора информации по определенной программе и методике.

3.3 гидрометрические устройства (сооружения): Специальные устройства, создаваемые для улучшения условий производства гидрометрических работ и для повышения точности измерения.

Примечание – к гидрометрическим устройствам (сооружениям) относят гидрометрические переправы, в форме мостов и тросовых люлек, гидрометрические измерительные устройства, оборудование гидрометрических створов (водомерные посты, створные знаки, будки самописцев и пр.).

3.4 гранулометрический состав речных наносов: Состав грунта по крупности образующих его частиц.

3.5 ледовый режим: Период времени возникновения, развития и разрушения ледяных образований на водных объектах.

3.6 наблюдатель: Специально обученное лицо, производящее по заданной программе и по утвержденным правилам наблюдения за изменением гидрометеорологических элементов.

3.7 нуль наблюдений: Горизонтальная плоскость, совпадающая с нулевым делением (отсчетом) постоянной или переносной водомерной рейки.

3.8 нуль поста: Горизонтальная плоскость, к которой, как к нулевой поверхности, приводятся отсчеты высоты уровня воды.

3.9 мутность воды: Содержание взвешенных веществ – наносов в единице объема смеси воды с наносами.

3.10 площадь живого сечения: Плоскость, перпендикулярная общему (среднему) направлению течения потока и ограниченная профилем русла, а сверху уровнем воды.

3.11 расход воды: Объем воды, протекающей через живое сечение потока в единицу времени.

3.12 расход взвешенных наносов: Количество наносов, проносимых потоком через поперечное сечение реки в единицу времени.

3.13 река: Водный поток сравнительно больших размеров, как правило, постоянный, питающийся стоком атмосферных осадков со своего водосбора и текущий в разработанном им русле.

3.14 скорость течения: Величина, характеризующая секундное перемещение водных масс всего потока через фиксированное сечение.

3.15 топогеодезические работы: Работы по геодезической привязке пунктов гидрологических наблюдений.

3.16 уклон водной поверхности: Падение напора на единицу длины потока. Для условий открытых водных потоков определяется как отношение разности высотных отметок уровня воды на рассматриваемом участке к длине этого участка.

3.17 уровень воды: Высота поверхности воды, отсчитываемая относительно некоторой постоянной плоскости сравнения.

4 Общие положения

4.1 Гидрометеорологическая служба Республики Беларусь обеспечивает потребителей гидрометеорологической информации сведениями:

- о текущем состоянии режима рек, озер и водохранилищ;
- об ожидаемом состоянии режима вод (прогнозами);
- о режиме вод, издаваемыми в виде гидрологических ежегодников, описаний, справочников, карт и других пособий, необходимых для наиболее эффективного использования водных ресурсов страны, проектирования и эксплуатации водохозяйственных систем, водных путей, гидроэлектростанций и других сооружений на реках в соответствии с требованиями [1], [2].

4.2 На территории Республики Беларусь создана сеть гидрологических постов, на которых ведут наблюдения за элементами режима вод. Сеть состоит из реперных и периодических гидрологических постов согласно [5].

Реперные (вековые) гидрологические посты действуют постоянно, предназначены для изучения многолетних колебаний и изменений гидрологического режима, а также для приведения к длинному ряду наблюдений на периодических постах. Периодические посты – посты с ограниченным сроком действия.

В соответствии с водным объектом, на котором оборудован гидрологический пост, он называется речным, озерным (на озерах и водохранилищах) или болотным постом. Речной гидрологический пост, на котором учитывают сток воды, называют расходным, а пост, где ведут наблюдения только за уровнем воды – уровнем, в соответствии с [3].

На каждом посту должна быть установлена стандартная вывеска в соответствии с требованиями СТБ 1804.

4.3 Непосредственное руководство работой постов осуществляют областные центры по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Облгидрометами), а в их составе – межрайонные центры по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (МЦГМ), гидрологическими станциями (ГС), озерной (ОС) и болотной (БС) станциями. Все вышеперечисленные подразделения являются сетевыми гидрологическими подразделениями. Специалисты этих подразделений (инженеры и техники) выбирают места для наблюдений, организуют строительство и ремонт измерительных и вспомогательных сооружений и установок, проверяют исправность приборов и оборудования, инструктируют наблюдателей и контролируют их работу, в соответствии с [10].

4.4 В сетевом гидрологическом подразделении проводят первичный анализ и обработку материалов наблюдений и составляют ежегодные данные (ЕД), в которых

помещают характеристики элементов режима рек, озер, водохранилищ, необходимые для гидрологического обеспечения потребителей гидрометеорологической информации согласно [2].

4.5 Сетевые гидрологические подразделения составляют планы работ, осуществляют методическое руководство постами и проверяют их работу. ЕД, составленные сетевыми гидрологическими подразделениями, редактируются и подготавливаются к опубликованию в Государственном учреждении «Республиканский гидрометеорологический центр» (РГМЦ).

4.6 Общее руководство деятельностью государственной сети гидрометеорологических наблюдений осуществляет республиканский орган государственного управления в области гидрометеорологической деятельности Республики Беларусь, в соответствии с [1], [5]

5 Состав работ и сроки гидрологических наблюдений

5.1 Состав работ

5.1.1 Сетевые гидрологические подразделения организуют и производят гидрологические наблюдения и связанные с ними работы на прикрепленных постах; осуществляют техническое руководство работой этих постов, обработку и обобщение материалов наблюдений; выполняют специальные и исследовательские работы; обслуживают потребителей гидрометеорологической информации в соответствии с [2], [5].

В состав работ по организации наблюдений входит:

- организация новых постов и видов наблюдений на действующих постах в порядке, устанавливаемом Департаментом по гидрометеорологии (включая обследование участков постов, изыскания под установку приборов и измерительных устройств, установку оборудования; последнее – совместно с наблюдателем);
- подбор, обучение и контроль за работой наблюдателей постов;
- установка приборов и средств автоматизации, их профилактика и текущий ремонт;
- капитальный ремонт постового оборудования (при участии наблюдателя);
- обеспечение постов бланковым материалом, оборудованием и приборами, инвентарем, а также другими материалами и средствами, необходимыми для производства наблюдений;
- непосредственное выполнение гидрометрических (контрольные замеры), топографических и гидрологических работ на прикрепленных постах;

5.1.2 Техническое руководство работой прикрепленных постов и обработка материалов наблюдений включает:

- систематический контроль за выполнением плана и качеством наблюдений и оперативной информации;
- техническую проверку постов;
- ежемесячную проверку (выборочно или полностью), текущий анализ и оценку материалов наблюдений;
- обработку материалов наблюдений;
- подготовку таблиц и текста ЕД, входящих в состав справочника «Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод» (МД).

5.1.3 Специальные работы включают:

- сбор и систематизацию сведений о природных условиях и гидрологической изученности территории деятельности сетевого гидрологического подразделения;
- сбор сведений о водозаборах и сбросах на территории деятельности подразделения;
- обследование водных объектов (участков), где имели место особо опасные

гидрологические явления;

- определение критических отметок уровней воды, при которых возникает угроза затопления населенных пунктов и хозяйственных объектов;
- проведение гидрографических обследований и экспедиционных работ (согласно планам Департамента по гидрометеорологии);
- составление водных балансов речных бассейнов, русловых, водных балансов и водных балансов озер и водохранилищ в соответствии с методическими указаниями и руководствами;
- гидрологическое обеспечение гидрохимических наблюдений и обследований по программе загрязнения, проводимых вне гидрологических постов (измерения или расчет расходов воды при отборе проб, расчеты ежедневных расходов воды и др.);
- производство специальных наблюдений (на постах и вне их) прикладного или научного назначения (по заданию Департамента по гидрометеорологии);
- испытание новых приборов и методов наблюдения (по заданию Департамента по гидрометеорологии).

5.1.4 В состав работ исследовательского характера входят:

- анализ репрезентативности пунктов наблюдений;
- анализ полноты и надежности материалов наблюдений;
- выявление дублирующих постов в порядке рационализации сети;
- методические проработки (включая экспериментальные наблюдения и измерения), направленные на определение точности, оптимизацию частоты, объема и способов выполнения измерений;
- изучение региональных особенностей гидрологического режима и влияния хозяйственной деятельности (по специальным программам);
- учет водопользования и оценка его влияния на сток;
- внедрение средств автоматизации с переходом на новую систему организации наблюдений и работ;
- участие в тематических исследованиях по заданию Департамента по гидрометеорологии.

5.2 Сроки гидрологических наблюдений

5.2.1 Наблюдения за стоком воды.

5.2.1.1 Сетевые гидрологические подразделения организуют и ведут планомерное изучение стока воды рек (в том числе зарегулированных). Учет стока воды в створах сооружений гидроэлектростанций (ГЭС), а также учет количества воды, забираемой из рек и водохранилищ на орошение и другие хозяйственные нужды, осуществляется соответствующими организациями. Сетевые гидрологические подразделения контролируют работу гидрологических постов, принадлежащих различным министерствам и ведомствам.

Изучение и учет стока производится на основании измерений расходов воды следующими способами:

- по кривым расходов, выражающим связь между расходом и уровнем, при систематическом измерении уровня;
- по расчетным зависимостям между расходом, уровнем и уклоном водной поверхности, при систематическом измерении уровня и уклона;
- по измеренным расходам, если зависимости, перечисленные в выше указанных способах, не устанавливаются с достаточной надежностью;
- с использованием протарированных водопропускных и водозаборных гидротехнических сооружений (турбинных трактов, водосбросных отверстий, шлюзов-регуляторов и т. п.) при систематическом измерении напора, степени открытия затворов, направляющего аппарата турбин и выработки энергии.

5.2.1.2 Точность гидрологических измерений характеризуется систематическими

и случайными погрешностями.

Порядок вычисления погрешностей измерений гидрологических величин необходимо проводить в соответствии с [2], [3]. Методика оценки коэффициента вариации и радиуса корреляции случайного процесса изложена в приложении Д.

Примерные данные о точности измерения расхода воды применительно к различным условиям производства работ приводятся в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Относительные случайные среднеквадратические погрешности (в процентах) измерения расхода воды основным способом в зависимости от числа скоростных вертикалей

Характеристика объекта	Число скоростных вертикалей, шт.			
	10	15	20	25
Русло без поймы	3,0/2,0	2,5/1,5	2,0/1,5	2,0/1,0
Русло с поймой	5,0	4,0	3,5	3,0
Заросшее русло	3,0/6,0	2,5/5,5	2,0/5,0	2,0/4,5
Ледостав	4,5	4,0	3,5	3,0
Ледостав, русло зашуговано не более чем на 25%	8,0	6,5	5,5	5,0
Реки с интенсивной деформацией русла	8,5/5,0	7,0/4,0	6,0/3,5	5,5/3,0
Примечание - Числитель – погрешность измерения расхода воды в паводок, знаменатель – то же в летнюю межень; для русла с поймой – только паводок.				

5.2.1.3 Одной из задач сетевых гидрологических подразделений, ведущих планомерное изучение и учет речного стока, является проведение систематических исследований с целью выяснения действительной точности измерений и величины учетного стока воды и принятия необходимых мер для повышения точности измерений.

Программу и план этих исследований устанавливает методический отдел Республиканского гидрометеоцентра в общих чертах для ряда типичных случаев и в соответствии с методиками [3]. Конкретно для каждого створа – самым сетевым гидрологическим подразделением, сообразуясь с принятым способом учета стока, режимом водотока и реальными возможностями подразделения в отношении оборудования и материальных средств.

5.2.1.4 Сетевые гидрологические подразделения обязаны для всех прикрепленных гидростворов установить и по мере необходимости систематически корректировать достаточную для надежного вычисления стока частоту наблюдений – измерений каждого элемента режима из числа тех, на которых основывается подсчет стока, т. е. частоту измерений расхода воды, частоту регистрации уровня воды и другое в различные фазы режима реки.

Как правило, оптимальная частота измерений не может быть установлена для данного поста сразу, а вырабатывается постепенно в ходе его работы, по мере изучения режима водотока и накопления материалов наблюдений и результатов вычисления стока. В целях скорейшего установления оптимальной частоты и порядка измерений расходов на вновь открываемых расходных постах, а также на постах, ранее производивших только уровенные наблюдения и приступивших к наблюдениям за стоком, в начальный период работы поста (в течение 1-2 лет) расходы измеряются с частотой, заведомо превышающей оптимальную.

Полученные в этот период работы расходного поста результаты измерений подлежат анализу, при котором следует обращать внимание на гидравлические особенности потока при той или иной фазе режима, в частности, на изменение уклона водной поверхности при прохождении паводка, на явления переменного подпора со стороны водоприемника или впадающих ниже притоков, на колебания уровня вследствие влияния водной растительности и появления ледяных образований. При анализе следует выяснить также влияние деформаций русла на связи между расходом и уровнем, установить периоды относительной устойчивости русла и периоды резких деформаций в зависимости от величины расхода.

Таким путем в сравнительно короткое время достигается достаточно детальное изучение характера связей между расходом и уровнем в различные фазы режима реки, которое позволит уточнить последующие порядок и достаточную частоту измерений применительно к конкретным условиям створа.

В тех случаях, когда на действующих расходных постах материалы наблюдений и вычисления стока недостаточны для установления оптимальной частоты и порядка измерений, на них также должны быть проведены в течение некоторого периода учащенные измерения.

В таблице 5.2 приведены ориентировочные данные о достаточной в среднем частоте измерений, которые могут оказаться полезными при установлении опытным путем, как указано выше, оптимальной частоты наблюдений для конкретного гидрометрического створа. При наличии многолетних кривых зависимости расхода от уровня, однозначных или петлеобразных (при прохождении волны паводка), установленных на основании всего предшествующего периода наблюдений на действующих или в течение начального двухлетнего периода действия вновь открытых расходных постах, в дальнейшем выполняются контрольные измерения, обычно проводимые ежегодно или через 2 года в зависимости от результатов предыдущих контрольных измерений.

Таблица 5.2 – Ориентировочные сроки измерения уровней и расходов воды

Характеристика режима	В среднем достаточная частота регистрации уровня воды	В среднем достаточная частота опорных измерений расхода воды
Половодье и паводки		
Весеннее половодье в виде плавной одиночной волны, значительно растянутой во времени. Характерно для незарегулированных больших равнинных рек	В 8 и 20 ч ежесуточно	4-5 измерений на подъеме и 5-8 измерений на спаде приблизительно через равные приращения уровня воды
Период весеннего половодья небольших рек, когда вода течет в ледяном или снежном русле, постепенно углубляющемся	В 8 и 20 ч ежесуточно и, кроме того, между этими сроками через равные промежутки времени	Одно-два измерения в течение суток
Межень		
Сравнительно длительный период незначительных колебаний стока, наступающий после весеннего половодья на равнинных реках	В 8 и 20 ч ежесуточно	Одно измерение через 7—10 суток
Одиночные дождевые паводки в период межени на крупных равнинных реках	В 8 и 20 ч ежесуточно и, кроме того, между этими сроками через равные промежутки времени	Одно-два измерения на подъеме и 2-3 – на спаде каждого значительного паводка

Продолжение таблицы 5.2

Характеристика режима	В среднем достаточная частота регистрации уровня воды	В среднем достаточная частота опорных измерений расхода воды
Период с наличием ледяных образований		
Шугоход и ледоход перед длительным ледоставом и ледоход весенний, особенно в случае возможности образования заторов и зажоров	В 8 и 20 ч ежесуточно и, кроме того, между этими сроками через равные промежутки времени	Наиболее часто, насколько это практически представляется возможным по условиям производства работ
Ледостав устойчивый и длительный при плавном изменении уровня	В 8 ч ежесуточно	Одно измерение через 10-20 суток
Неустойчивая ледовая обстановка в течение всей зимы – ледоходы, шугоходы, кратковременные ледоставы сменяются сравнительно длительными периодами «чисто», бывают паводки от дождей и таяния снега	В 8 и 20 ч ежесуточно и, кроме того, во время паводков дополнительно через равные промежутки времени	Одно измерение через 7-10 суток и, кроме того, по 1-2 измерения на подъеме и спаде каждого значительного паводка

5.2.2 Наблюдения за уровнем воды

5.2.2.1 Наблюдения за уровнем воды на гидрологическом посту производятся в сроки указанные в таблице 5.2 в соответствии с требованиями [2].

Эти наблюдения, как правило, связаны с общей задачей учета стока на гидрологическом посту, но в отдельных случаях могут иметь самостоятельное значение (на постах, расположенных на судоходных реках и каналах, вблизи крупных населенных пунктов, промышленных объектов, транспортных и гидротехнических сооружений, в местах водозабора для водоснабжения промышленных предприятий или для орошения и обводнения и т.д.).

5.2.2.2 В период пересыхания реки в створе поста измерения высоты уровня, естественно, прекращаются, но участок поста ежедневно в утренний срок обследуется наблюдателем. Если пост расположен в плёсе и при пересыхании водотока оказывается в водоеме со стоячей водой, измерение высоты уровня продолжается в утренний срок, но не ежедневно, а через 1–3 суток или вовсе прекращается (по согласованию с сетевым гидрологическим подразделением) в зависимости от размеров и хозяйственного использования водотока.

5.2.2.3 При промерзании реки в створе поста измерение высоты уровня, как и при пересыхании, прекращается, но посещение поста наблюдателем должно продолжаться. При устойчивой (без оттепелей) морозной погоде пост должен посещаться каждые 5–15 суток (по указанию сетевого гидрологического подразделения), а при наступлении оттепелей – ежедневно, чтобы не упустить момент возобновления стока. Если после промерзания водотока пост оказывается в водоеме со стоячей водой, измерение высоты уровня продолжается в утренний срок, но не ежедневно, а через 5–10 суток или вовсе прекращается (по согласованию с Департаментом по гидрометеорологии).

5.2.2.4 В случае, если при промерзании или пересыхании водотока пост оказывается в водоеме со стоячей водой, для того чтобы не упустить момент возобновления или прекращения стока, сетевое гидрологическое подразделение указывает наблюдателю значение высоты уровня воды на посту, при достижении которой наблюдатель должен ежедневно обследовать нижележащий промерзающий или обсыхающий перекал в целях более точного определения момента возобновления или прекращения стока.

5.2.2.5 Во всех случаях появления стока после выпадения дождей, при оттепелях

или в результате весеннего снеготаяния измерение высоты уровня следует немедленно возобновить и производить в два срока или учащенно.

5.2.2.6 Дополнительные сроки измерения уровней воды (по указанию Департамента по гидрометеорологии), устанавливают для отдельных периодов года в зависимости от назначения гидрологического поста. Если в течение 2–3 лет наблюдений на таком посту выявлено, что в период межени (летней и зимней) уровень устойчив, то (по согласованию с методическим отделом РГМЦ) наблюдения за уровнем в этот период можно производить один раз в сутки в 8 ч. Наблюдения должны быть выполнены при любых экстремальных значениях уровня.

5.2.2.7 На гидрологических постах, оборудованных самописцами, контрольные измерения производят:

- при самописцах суточного действия типа «Валдай» и др. один или два раза в сутки (8 или 8 и 20 ч);
- при самописцах длительного действия типа ГР–38 и др. в зависимости от масштаба записи времени один раз в двое суток, неделю, две недели или месяц.

5.2.3 Наблюдения за стоком наносов

5.2.3.1 Изучение стока наносов производят на гидрологических постах в соответствии со стандартной программой согласно [7], [8].

Основу для изучения и учета стока наносов составляют наблюдения за взвешенными, влекомыми и донными наносами в соответствии с [2].

Наблюдения за взвешенными и донными наносами производят на всех гидрологических постах, на которых ведут учет стока наносов. Наблюдения за влекомыми наносами ведут на ограниченном числе постов по специальным указаниям Департамента по гидрометеорологии.

Результаты наблюдений за наносами должны дать следующие их характеристики:

- годовой сток взвешенных и влекомых наносов и распределение его внутри года;
- гранулометрический состав взвешенных, влекомых и донных наносов;
- содержание органических включений в составе взвешенных и донных наносов;
- плотность частиц донных наносов и плотность донных наносов в естественном залегании.

5.2.3.2 Для получения указанных характеристик наблюдения за наносами включают следующие виды работ:

- отбор единичных проб воды на мутность;
- отбор проб воды на мутность по живому сечению для определения расхода взвешенных наносов и содержания в них органических включений;
- отбор контрольных единичных проб воды на мутность при измерении расходов взвешенных наносов;
- отбор проб для определения гранулометрического состава взвешенных, влекомых и донных наносов, а также для определения плотности частиц донных наносов и их плотности в естественном залегании.

5.2.3.3 Единичные пробы воды на мутность отбирают ежедневно в сроки водомерных наблюдений: при односрочных наблюдениях в 8 часов, при двухсрочных - в 8 и 20 часов, иногда учащенно – несколько раз в сутки. Односрочные наблюдения за мутностью производятся на всех реках, где ведут наблюдения стока наносов в период устойчивой летней и зимней межени, а в период половодья только на больших реках при плавном нарастании уровня. Двухсрочные наблюдения производят в периоды половодья и паводков на равнинных реках с площадями водосборов более 1000 км² при отсутствии в течение суток резких подъемов и спадов уровня воды. При наличии резких колебаний уровня воды в течение суток на средних равнинных реках следует проводить многосрочные

наблюдения. Многосрочные наблюдения за мутностью должны быть и на реках с меньшими площадями водосбора, где наблюдается суточный ход уровня.

На малых реках в периоды кратковременных паводков учащенные наблюдения за мутностью должны производиться через 1 ч.

Оптимальные сроки наблюдений за мутностью в периоды половодья и паводков следует выбирать на основании изучения суточного хода мутности по учащенным наблюдениям.

Единичные пробы нужно брать учащенно также на участках рек с зарегулированным водохранилищами режимом в периоды попусков.

В периоды устойчивой летней и зимней межени, когда значение мутности не превышает 50 г/м^3 и суммарный за период сток взвешенных наносов составляет менее 5% годового его значения, измерения ежедневной мутности не производят.

Отбор ежедневных проб воды на мутность следует возобновить сразу же с начала весеннего подъема уровня воды и при прохождении летних паводков.

5.2.3.4 Количество измерений расходов взвешенных наносов в течение года назначают в зависимости от режима реки и изученности стока наносов на данном гидрологическом посту. В среднем число измерений расходов наносов в первые 2–3 года наблюдений на равнинных реках должно быть не менее 15–20. В последующие годы на основании анализа материалов наблюдений оно может быть уменьшено.

Наибольшее количество измерений расходов наносов следует производить в период половодья и паводков, когда в реках переносится наибольшая доля годового стока наносов.

На равнинных реках с весенним или летним половодьем в первые 2–3 года наблюдений в течение половодья нужно производить не менее 8–10 измерений, по возможности равномерно распределенных по амплитуде уровня и фазам подъема и спада половодья.

При наличии дождевых паводков следует измерить по одному расходу на подъеме и спаде.

В летнюю межень в первые 2–3 года измерения расходов наносов производят 1 раз в месяц и в зимнюю межень по одному расходу в 1–2 месяца в зависимости от мутности воды в реке.

5.2.3.5 Если в результате первых лет наблюдений выявится устойчивая связь между средней мутностью потока (по измеренному расходу наносов) и мутностью единичных контрольных проб, то в последующие годы производят лишь контрольные измерения расходов наносов, приурочиваемые преимущественно к периоду половодья. Количество контрольных измерений в году и их повторность (ежегодно или через 1–2 года) устанавливает сетевое гидрологическое подразделение для каждого конкретного створа в зависимости от вида и степени устойчивости связи между средней мутностью потока и мутностью единичных контрольных проб.

5.2.3.6 При сильно деформирующемся русле, когда связь между средней мутностью потока и мутностью единичных контрольных проб не выявляется, необходимо производить учащенные измерения расходов наносов (4–6 в месяц) в зависимости от режима реки для возможности вычисления ежедневных расходов наносов путем интерполяции между измеренными значениями средней мутности.

5.2.3.7 В случае, когда на основании не менее трех лет наблюдений на равнинных реках установлено, что сток наносов в периоды устойчивой летней и зимней межени составляет суммарно не более 5 % годового стока наносов, измерение расходов наносов в эти периоды прекращают.

Если за эти периоды сток наносов превышает 5 % годового, то из общего периода летней и зимней межени следует выделить и рассмотреть отдельно зимний период, если он продолжается не менее трех месяцев. В том случае, если за этот

период сток наносов составляет менее 5 % годового, то измерения расходов в течение зимы прекращают.

5.2.3.8 Пробы для определения гранулометрического состава взвешенных наносов берут на всех гидрологических постах, на которых измеряют расходы взвешенных наносов.

Гранулометрический состав взвешенных наносов определяют 4–6 раз в год в зависимости от режима реки и мутности. При средней мутности потока в период половодья менее 50 г/м³ определение крупности взвешенных наносов не производят, если на это не будет специального задания Департамента по гидрометеорологии.

Пробы берут в основном в периоды подъема, пика и спада половодья (по одному определению) и отдельных существенных паводков (одно-два определения), а также в периоды летней и зимней межени (по одному определению), если средняя мутность в эти периоды превышает 50 г/м³.

5.2.3.9 Изучение влекомых наносов на равнинных реках осуществляют путем определения параметров донных гряд на прямолинейном участке реки. В течение года выполняется 4–6 серий определения высоты гряд и скорости их перемещения. Эти измерения производят в основном в период половодья и продолжительных паводков. В межень производят одно определение.

Измерение расходов влекомых наносов производят одновременно с измерением расхода воды и взвешенных наносов.

Пробы влекомых наносов для определения их гранулометрического состава отбирают из числа проб, взятых при измерении расходов влекомых наносов.

Отбор проб донных наносов на равнинных реках производят 4–6 раз в году в разные фазы водного режима: на подъеме, пике и спаде половодья, в период летне-осенних паводков и в межень. Пробы донных наносов на гидропосте берут в те же дни, когда берут и пробы взвешенных наносов для определения их гранулометрического состава. При мутности потока менее 50 г/м³, когда определение гранулометрического состава взвешенных наносов не является обязательным, отбор проб донных наносов приурочивают к дням измерения расходов взвешенных наносов.

5.2.4 Наблюдения за температурой воды и воздуха

5.2.4.1 Наблюдения за температурой воды производят на гидрологических постах по указанию сетевого гидрологического подразделения в соответствии с [2]. Данные наблюдения включают:

- систематические измерения температуры воды в постоянной точке в створе гидрологического поста или в другом месте по указанию сетевого гидрологического подразделения;
- эпизодические специальные исследования на участке поста, связанные с выбором постоянного места измерений;
- специальные измерения температуры воды, связанные с изучением явлений шугообразования и шугохода.

5.2.4.2 Систематические измерения температуры воды ведут ежесуточно в 8 и 20 ч в период начиная с первых оттепелей и признаков таяния снега на льду весной, а прекращают осенью после 3–5 суток измерений при устойчивом ледоставе. В периоды оттепелей и временных нарушений ледяного покрова зимой наблюдения за температурой воды возобновляют.

На реках, где зимы характеризуются на всем своем протяжении неустойчивым ледовым режимом, без длительного устойчивого ледостава, а морозы чередуются с оттепелями, измерения температуры воды ведут в течение всего года.

5.2.4.3 Эпизодические специальные исследования производят в первый год наблюдений для проверки правильности выбора места систематических измерений

температуры воды, т. е. соответствия наблюдаемых значений температуры в постоянном месте измерений термическому режиму всей водной массы на участке поста.

Эти исследования состоят в производстве параллельных наблюдений в ряде точек стрежневой зоны по длине реки выше поста, а также в постоянном месте измерений у берега и на стрежне (в одном створе). Оба вида специальных исследований производят в характерные фазы режима реки: в период половодья и в межень.

5.2.4.4 Наблюдения за температурой воды ведут, кроме того, в составе специальных исследований на шугоносных реках при изучении условий шугообразования и шугохода. Измерения температуры воды в этом случае следует вести микротермометром с повышенной точностью до 0,01 °С в сроки, установленные сетевым гидрологическим подразделением в зависимости от метеорологической обстановки и режима реки.

5.2.4.5 Наблюдения за температурой воздуха производят по указанию Департамента по гидрометеорологии на гидрологических постах, которые удалены от метеорологических станций на расстоянии свыше 30–50 км, и на постах, где сведения о температуре воздуха необходимы для службы гидрологических прогнозов или для других гидрологических исследований и расчетов в соответствии с [4].

Наблюдения за температурой воздуха производят по сухому термометру аспирационного психрометра в сроки, установленные Департаментом по гидрометеорологии в соответствии с [4]

5.2.5 Наблюдения за ледовыми явлениями

5.2.5.1 Изучение ледового режима рек ведут на всех гидрологических постах, где могут наблюдаться ледовые явления (ежегодно или в отдельные годы) в соответствии с [2].

Наблюдения за ледовой обстановкой организуют на гидрологических постах, на участке протяжением 0,2–2,0 км ежедневно в тот период, когда на реке возможно появление ледяных образований.

Календарные сроки периода, в течение которого наблюдатель обязан записывать состояние реки независимо от того, имеются или отсутствуют на ней ледяные образования, назначает сетевое гидрологическое подразделение для рек определенного района, исходя из многолетних данных о наиболее ранних (осенью) и поздних (весной) сроках наступления ледовых явлений на изучаемых реках с округлением до первого числа ближайшего месяца (с запасом).

Наблюдения ведут в светлое время суток, по возможности во все основные и учащенные сроки измерений высоты уровня воды и дополнительно между ними в случаях быстрой смены гидрометеорологической обстановки и ледовых явлений.

5.2.5.2 Обследование ледовой обстановки в районе поста и на участке большего протяжения, производят преимущественно на расходных постах и совмещают с выполнением паводочных (в период вскрытия) или осенних (в период замерзания) гидрометрических работ.

Обследование ведут по длине реки, выше и ниже гидрологического поста, на возможно большем протяжении: до 1 км на малых и до 1–2 км на средних и больших реках.

Сроки производства обследований ледовой обстановки (от одного раза в 3–5 дней до ежедневных) определяет сетевое гидрологическое подразделение и изменяет в зависимости от интенсивности развития ледовых явлений и колебания уровня воды на посту (если есть основание предполагать, что эти колебания вызваны не изменением водности, а ледовой обстановкой).

5.2.5.3 Наблюдения за толщиной льда в единичных точках на участке поста

организуют на всех реках, где наблюдается ледяной покров. Измерения величины льда и других характеристик наблюдатель должен производить на середине реки в створе поста или в другом месте по указанию сетевого гидрологического подразделения.

Основными сроками производства измерений толщины льда при устойчивой, без оттепелей зиме являются каждое 10, 20-е числа и последний день месяца.

В зимы с неустойчивыми морозами, чередующимися с оттепелями, толщину льда измеряют в каждые 5, 10, 15, 20, 25-го числа и в последний день месяца.

После временных нарушений ледяного покрова (зимних вскрытий) наблюдения возобновляют в первый день безопасной ходьбы по льду, вне очередных сроков.

При толщине льда более 70 см измерения производят ежедекадно, даже если наблюдались оттепели, но не было нарушения ледяного покрова.

Учащенные измерения (один раз в каждые пять дней) следует вести:

- на шугоносных реках со дня обнаружения подледной шуги до полного ее исчезновения;
- на некоторых постах в течение всей зимы для целей гидрологической информации и прогнозов (по указанию сетевого гидрологического подразделения).

Одновременно с общей толщиной льда в точке измеряют толщину погруженного льда, слой снега на льду и толщину подледной шуги.

В особых случаях на участках рек, на которых в результате частых и значительных по объему наледей ледяной покров образуется в виде наледных полей и бугров, систематические измерения толщины льда на участке поста не ведут. В этих случаях следует вести наблюдения за нарастанием наледного льда.

На участке зарегулированных рек, где учет стока воды производится в створах ГЭС, систематические измерения толщины льда в единичной точке организуют в верхнем бьефе плотины, вблизи нее. Наблюдения непосредственно на участках ниже плотин организуют только по заданию Департамента по гидрометеорологии.

5.2.5.4 Обследование толщины льда на участке поста (ледомерная съемка) производят на всех гидрологических постах, где ведут систематические измерения толщины ледяного покрова с целью:

- для рек с однообразными из года в год условиями формирования ледяного покрова, выявить в результате съемок типичность выбранного места систематических измерений толщины льда для всего изучаемого участка;
- для рек, на которых условия формирования ледяного покрова из года в год значительно меняются, дать основание для ежегодной оценки результатов систематических измерений толщины льда в единичной точке по сравнению с характером его залегания на всем изучаемом участке в данном году.

Ледомерные съемки на вновь открываемых гидрологических постах производят начиная с первого года их действия. На действующих постах подобные обследования производят в том случае, если они не были выполнены ранее.

Очередность производства ледомерной съемки на прикрепленных к сетевому гидрологическому подразделению постах устанавливает Департамент по гидрометеорологии.

5.2.5.5 Ледомерные съемки назначают два раза в зиму: в начале ледостава при тонком льде, сразу после того, как ходьба по нему станет безопасной, и в конце зимы при наибольшей толщине ледяного покрова.

На реках районов, где условия формирования льда сравнительно однообразны и мало изменяются из года в год, ледомерные съемки на участке повторяют в течение двух-трех зим подряд, а затем прекращают. В дальнейшем съемки на этих постах повторяют с целью контроля один раз в 10 лет и, по указанию методического отдела РГМЦ, в особо выдающиеся, необычные зимы (исключительно суровые или мягкие, много или малоснежные и пр.).

На реках районов, где условия формирования льда непостоянны и значительно изменяются из года в год, после 2-3 лет проведения этих съемок в полном объеме их повторяют ежегодно, но по сокращенному количеству точек и профилей. Как правило, такие съемки ведут в течение 10 лет, а при выявившейся большой изменчивости полученных данных и более продолжительное время (по заданию сетевого гидрологического подразделения).

Ледомерные съемки на участках зарегулированных рек ниже плотин, где по заданию методического отдела РГМЦ ведут систематические измерения толщины ледяного покрова, необходимо производить ежегодно, как и для рек с неустойчивыми условиями формирования льда.

5.2.5.6 На малых реках (шириной менее 25 м при ледоставе) на участках без явно выраженных плёсов и перекатов в пределах до 1,5–2,0 км от поста ледомерную съемку заменяют ежедекадными наблюдениями за толщиной льда в пяти точках по длине реки. Одну точку назначают в месте постоянных измерений и две другие через 25–50 м выше и ниже по течению на стрежне реки.

При наличии на участке длиной до 1,5–2,0 км от поста ясно выраженных плёсов и перекатов ежедекадные измерения производят отдельно на плёсовом и на перекатном участках в трех точках по длине реки на каждом из них.

Сроки производства ежедекадных измерений толщины льда на малых реках в зависимости от условий формирования ледяного покрова на участке такие же, как и для ледомерных съемок на больших реках: эпизодически – в течение только 2–3 лет и в характерные зимы или ежегодно на протяжении 10 лет и более.

5.2.5.7 Специальные наблюдения за условиями образования шуги, за шугоходом, ледоходом, зажорами и заторами организуют по указанию методического отдела РГМЦ на некоторых постах, преимущественно на тех шугоносных реках, которым свойственно образование зажоров, и в первую очередь на участках, представляющих интерес для проектирования, строительства и эксплуатации гидротехнических сооружений (мостов, ГЭС и др.).

В состав наблюдений за условиями шугообразования и за шугоходом входят:

- производство в осенне-зимний сезон наблюдений за температурой воды микротермометром с целью выявить наличие переохлаждения в период ледообразования;
- наблюдения за шугоходом, за густотой и степенью покрытия поверхности плывущей шугой, за количеством и скоростью движения шуги (льда).

5.2.5.8 В состав наблюдений за зажорами (заторами) входят:

- наблюдения за уровнем воды в нескольких точках по длине зажорного участка (для выявления характера колебаний уровня и определения уклонов водной поверхности в период зажора);
- наблюдения за ледовой обстановкой и положением верхней кромки льда с целью получить характеристику процесса формирования зажора;
- ледомерная съемка зажорного участка реки с целью определить размеры и форму тела зажора.

Для наблюдений за уровнем воды на зажорном участке и за уклонами водной поверхности на участке распространения зажора организуют несколько (пять-шесть) временных постов в местах характерных переломов продольного профиля реки. Наблюдения на этих постах ведут с начала шугохода в разные сроки в зависимости от интенсивности зажорных явлений – от одного раза в 3–5 суток в начальный период шугохода до шести раз в сутки в период интенсивного формирования зажора при резких кратковременных колебаниях уровня, обычно связанных с подвижками ледяного покрова.

Наблюдения на временных постах прекращают с наступлением устойчивого ледостава и рассасыванием зажора, когда на основном посту наблюдается

систематическое понижение уровня в течение 2–3 суток.

Ледомерные съемки на зажорном участке производят дважды в зиму: вскоре после установления сплошного ледяного покрова и через 1–3 месяца для выявления убывания подледных масс шуги.

6 Разряд гидрологического поста и работа наблюдателя

6.1 Разряд поста

6.1.1 Гидрологические посты на средних и больших реках в зависимости от состава наблюдений разделяются на три разряда (1, 2 и 3).

Состав, сроки наблюдений и работ, выполняемых гидрологическими постами 1 разряда приведены в таблице 6.1.

Гидрологические посты 2 разряда выполняют наблюдения и работы, указанные в строке 1, 4, 5, 6 и 7 таблицы 6.1.

Гидрологические посты 3 разряда производят те же виды наблюдений и работ, что и посты 2 разряда, за исключением метеорологических наблюдений в соответствии со строкой 5 таблицы 6.1. Объем и сроки наблюдений на постах 2 и 3 разрядов те же, что и на постах 1 разряда.

Метеорологические наблюдения на гидрологических постах 1 и 2 разряда ведут в полном соответствии с установленными для каждого поста программами и с требованиями [4].

6.2 Работа наблюдателя

6.2.1 Наблюдатель гидрологического поста должен соблюдать основные сроки производства всех видов наблюдений и самостоятельно переходить на учащенные наблюдения в дополнительные сроки в характерные периоды гидрометеорологической обстановки в соответствии с требованиями [2].

Основными сроками гидрологических наблюдений приняты 08 и 20 ч по местному времени. При производстве на посту нескольких видов наблюдений в один срок сетевое гидрологическое подразделение дает расписание, в котором в зависимости от взаимного расположения пунктов и значимости наблюдений указывается, какие именно наблюдения следует производить несколько раньше срока, точно в срок или позже. Наблюдатель обязан соблюдать указанные сроки производства каждого вида наблюдений, а в случае нарушения должен отмечать точное время выполнения данного наблюдения. Это относится и к наблюдениям в дополнительные сроки. Запись времени следует производить с точностью до 5 мин; на самописцах – с точностью до 1 минуты.

6.2.2 Наблюдатель должен не реже чем один раз в неделю проверять часы, которыми он пользуется, по радио.

6.2.3 Некоторые явления водного режима и погоды по существу следует наблюдать круглосуточно, например прохождение пика паводка, ледовую обстановку, метеорологические явления (осадки, гроза, гололед, туман и т. п.). Если же наблюдатель не произвел этих наблюдений, а знает о них по оставшимся следам или по достоверным сообщениям других лиц, он должен отметить эти явления в ближайший очередной срок с указанием приблизительно промежутка времени, когда они наблюдались (ночью, между 11-13 ч и т.п.).

Таблица 6.1 – Виды наблюдений и сроки их производства

Виды наблюдений	Сроки производства
1. Гидрологические наблюдения	
за высотой уровня воды	Ежедневно в 08 и 20 ч по местному времени; в период половодья и дождевых паводков учащено, по указанию сетевого гидрологического подразделения
за температурой воды	Ежедневно в 08 и 20 ч по местному времени в период, свободный от ледяного покрова. (Выполняется по указанию сетевого гидрологического подразделения)

Продолжение таблицы 6.1

за толщиной льда, шуги и высотой снега на льду	5,10,15,20,25 числа и в последний день месяца. Учащенно, по указанию сетевого гидрологического подразделения
за ветром и волнением (визуально)	Ежедневно в сроки измерения уровня воды в период, свободный от ледяного покрова
за явлениями ледового режима	Ежедневно в сроки измерения уровня воды (в период замерзания и вскрытия – учащенно)
за распространением водной растительности (визуально)	Ежедневно в сроки измерения уровня воды
за высотой уровня подземных вод	По указанию сетевого гидрологического подразделения
2. Измерение расходов воды, расходов взвешенных наносов, взятие проб воды на мутность, проб наносов и донных отложений на механический анализ	По плану сетевого гидрологического подразделения
3. Наблюдения за уклоном водной поверхности	По указанию сетевого гидрологического подразделения
4. Составление и передача телеграмм о гидрологическом режиме и осадках	В сроки и в адреса по указанию сетевого гидрологического подразделения
5. Метеорологические наблюдения:	
за осадками	Ежедневно в 08 и 20 ч по местному времени
за атмосферными явлениями	В течение суток
за снежным покровом(высотой и плотностью снега) – на постоянных участках – при снегомерных съемках	В 08 ч по местному времени По плану сетевого гидрологического подразделения
за метеорологической видимостью, облачностью и ветром (визуально)	По указанию сетевого гидрологического подразделения
составление и передача телеграмм об осадках и опасных метеорологических явлениях в светлое время суток	В сроки и адреса по указанию сетевого гидрологического подразделения
6. Участие в работе при производстве гидрологических и геодезических работ	По плану сетевого гидрологического подразделения
7. Первичная обработка материалов наблюдений и составление месячных таблиц	Регулярно в течение месяца

6.2.4 Наблюдатель самостоятельно выполняет все виды наблюдений и работ, которые по условиям соблюдения правил охраны труда и техники безопасности возможно выполнить одному человеку, (например, наблюдения за уровнем воды, измерение расхода воды в межень и т. д.). В случаях, когда он участвует в выполнении наблюдений в составе гидрометрической бригады (техник, наблюдатель, рабочий, моторист катера или лодки и т. д.), ответственным за выполнение наблюдений является техник.

Вопрос о привлечении к работе на посту техника или другого специалиста в каждом конкретном случае решает сетевое гидрологическое подразделение.

6.2.5 Наблюдатель должен производить все наблюдения лично. В случае болезни или другой уважительной причины он поручает производство наблюдений заместителю наблюдателя, кандидатура которого заранее утверждена сетевым

гидрологическим подразделением. О том, что наблюдения производились временно другим лицом, в книжке наблюдений следует сделать соответствующую запись. Наблюдатель не имеет права самовольно прекратить наблюдения.

6.2.6 Все виды наблюдений наблюдатель производит точно в местах, установленных специалистами сетевого гидрологического подразделения. Перенос места наблюдений допускается только в случае полной невозможности вести наблюдения на прежнем месте. Об этом наблюдатель немедленно, с использованием имеющихся средств связи, извещает сетевое гидрологическое подразделение и до приезда специалиста самостоятельно проводит наблюдения на новом месте.

6.2.7 Наблюдатель принимает участие во всех работах, выполняемых работниками сетевых гидрологических подразделений во время их пребывания на посту:

- оборудование и ремонт постовых устройств и гидрометрических створов;
- топографические работы;
- измерения расходов воды, взвешенных и влекомых наносов и др.

6.2.8 Наблюдатель должен бережно обращаться с приборами и оборудованием поста и гидрометрических створов, следить за их исправностью и сохранностью. Каждый раз перед производством наблюдений и измерений наблюдатель должен осмотреть водомерные устройства и убедиться в их исправности. В его обязанности входит также мелкий текущий ремонт постовых устройств.

Приборы, имеющие чехлы или футляры, наблюдатель должен хранить и переносить к месту наблюдений обязательно в них. После работы прибор следует насухо вытереть и уложить на место. Наблюдатель не должен допускать коррозии (ржавления) металлических частей приборов и оборудования.

6.2.9 В случае хищения или умышленного разрушения (поломки) приборов и оборудования на посту наблюдатель должен немедленно сообщить об этом сетевому гидрологическому подразделению и заявить в местные органы власти для розыска и привлечения виновных к ответственности. Факт хищения или разрушения должен быть оформлен актом. Во всех случаях повреждения устройств и оборудования наблюдатель должен принять меры для продолжения наблюдений путем восстановления, ремонта или замены другим прибором или оборудованием; например, вместо поврежденной рейки установить временную (или прочно забитый кол), при повреждении самописца вести учащенные наблюдения на основном посту, при разрушении мостика временно воспользоваться лодкой и т. п.

6.2.10 Наблюдатель должен поддерживать порядок и чистоту на берегах водного объекта у поста и у гидрометрического створа.

При необходимости за содействием и помощью в поддержании порядка и сохранности постовых устройств наблюдатель должен обращаться к местным органам власти, на которые, согласно действующему законоположению, возложена ответственность за сохранность устроенных на берегу знаков и сооружений (реперов, свай, реек, различных водомерных и измерительных установок, средств переправ через реку и т. п.).

6.2.11 Результаты наблюдений наблюдатель записывает в соответствующих книжках и бланках.

Полевую книжку для записи водомерных наблюдений (форма КГ-М(н) следует заполнять в двух экземплярах: подлинник, заполняемый в поле (у реки), и копия, в которую необходимо переписать данные сразу же по возвращении с места наблюдений.

Начиная новую книжку, следует сначала заполнить первую ее страницу, т. е. записать месяц, год, название реки, название поста, фамилию наблюдателя.

Записи ведут простым карандашом, аккуратно, разборчиво; стирать резинкой или

подчищать написанное запрещается. Если запись сделана неверно, она должна быть перечеркнута один раз так, чтобы можно было прочесть неверную запись, а сверху или рядом следует сделать правильную запись.

Все результаты наблюдений должны быть записаны в книжку немедленно, не уходя с места наблюдения. Категорически запрещается записывать результаты наблюдений по памяти или же сначала записывать их «начерно» (на отдельных листках), а затем дома переписывать «набело» в книжку или бланк. Для того чтобы книжка не пачкалась и не мялась, ее следует вложить в твердую обложку.

6.2.12 По возвращении с поста наблюдатель должен сразу же произвести в подлинных экземплярах книжек необходимую первичную обработку результатов наблюдений (привести высоты уровня к нулю поста, ввести инструментальные поправки к отсчетам по приборам, вычислить расход воды и т. д.). Результаты наблюдений и их обработки сразу же следует переписать в копии книжек. По окончании месяца наблюдатель должен выполнить полагающуюся обработку за месяц и не позднее 2-го числа следующего месяца выслать в сетевое гидрологическое подразделение подлинные книжки, таблицы, ленты самописцев и др. Копии книжек для записи водомерных наблюдений необходимо выслать в сетевое гидрологическое подразделение по окончании года.

6.2.13 Наблюдатель обязан выполнять все указания проверяющих лиц в отношении производства наблюдений и работ на данном посту.

При каждом посещении поста специалистами наблюдатель должен воспользоваться возможностью получить от них разъяснения по всем возникшим у него вопросам. В случае неясности какого-либо указания, содержавшегося в письменном задании или Правилах, наблюдатель должен обратиться за разъяснением в подразделение.

6.2.14 На постах, привлеченных к текущей информации о гидрологическом режиме и осадках, составление телеграмм и ведение отчетности по оплате почтово-телеграфных расходов наблюдатель производит руководствуясь инструкцией, выдаваемой сетевым гидрологическим подразделением.

6.2.15 При появлении особо опасных гидрологических явлений наблюдателю следует руководствоваться инструкцией, выдаваемой сетевым гидрологическим подразделением.

6.2.16 Наблюдатель обязан строго соблюдать инструкцию по технике безопасности при ведении гидрометрических наблюдений, составленную сетевым гидрологическим подразделением.

6.2.17 По всем вопросам работы и материально-технического обеспечения поста наблюдатель должен обращаться непосредственно к начальнику подразделения, к которому данный пост прикреплен.

7 Выбор участка реки для организации и оборудования гидрологического поста

7.1 Общие требования

7.1.1 Место для проведения гидрологических наблюдений на посту в соответствии с [2] должно удовлетворять трем условиям:

- режим реки в этом месте должен быть характерным для достаточно большого участка (района), чтобы результаты наблюдений можно было использовать для гидрологических прогнозов, расчетов и информации;
- место (участок) должно быть удобно для производства наблюдений, обеспечивая наибольшую возможную их точность в данных условиях;
- вблизи от участка должны быть средства связи (телефон, телеграф, радио), что особенно важно для информационных (оперативных) постов.

Место для оборудования гидрологического поста, удовлетворяющее первому условию, устанавливается с учетом перспективного плана рационализации размещения и развития пунктов гидрологических наблюдений на реках, озерах и водохранилищах, составляемых Департаментом по гидрометеорологии на основании современного использования водных ресурсов.

Характерность режима реки, удобство и обеспечение точности наблюдений должны быть с возможной полнотой оценены по имеющимся опубликованным монографиям [7], [8] на месте при обследовании реки. Поэтому выбор участка является весьма ответственной работой, которую должен выполнять опытный и квалифицированный специалист сетевого гидрологического подразделения, способный выбрать наиболее выгодное место (участок) для организации стационарных гидрологических наблюдений.

Следует помнить, что неудачный выбор участка влечет за собой перенос наблюдений на другое место, связанный с большими материальными затратами и зачастую с нарушением непрерывности ряда наблюдений.

Выбирая место наблюдений, следует оценивать не только природные условия с точки зрения их соответствия наиболее удобному производству наблюдений в данном месте при разных состояниях режима, но нужно определить необходимость и реальную возможность осуществления разного рода искусственных мероприятий для повышения удобства наблюдений, таких, как, например, расчистка русла и поймы, устройство переправы, гидрометрических сооружений и др.

7.1.2 Участок реки, предназначенный для организации стационарных гидрологических наблюдений за стоком воды, должен быть прямолинейным по крайней мере на протяжении трехкратной ширины между бровками меженного русла реки, с однообразными по длине участка шириной, глубиной и продольным уклоном водной поверхности и по возможности с правильной формой профиля поперечного сечения. На равнинных реках, характеризующихся чередованием плёсов и перекатов, предпочтение отдается плёсовым участкам, проведение наблюдений на которых удобнее и дает большую точность наблюдений в паводочный период.

На участке, а также непосредственно ниже его, не должны впадать крупные притоки, находиться неустойчивые перекаты и острова, могущие вызывать косоструйность течения, поперечные уклоны, заторы и зажоры льда и другие явления, нарушающие правильность и однообразие течения.

Берега и русло должны быть возможно более устойчивыми, а также не подверженными значительному зарастанию растительностью. Пойма, если ее нельзя избежать, должна быть наименьшей ширины, по возможности ровная, без протоков, стариц, возвышенностей и свободная от древесной и кустарниковой растительности. Коренные берега должны быть по возможности параллельными между собою хотя бы на протяжении половины ширины разлива при высоком стоянии уровня воды.

На участке и непосредственно выше его не должно быть сбросов промышленных и канализационных вод и других отходов производства, могущих искажать естественный режим реки в отношении всех изучаемых элементов. На участке поста не должно быть пристаней с большим грузооборотом.

При выборе участка для уровенных наблюдений, если в дальнейшем на данном участке не предполагается организация наблюдений за стоком воды, приведенные выше требования могут быть несколько смягчены с тем, однако, условием, чтобы выбранный участок резко не отличался от выше- и нижележащего участков реки.

Приведенные выше требования к участку наблюдений не могут распространяться на гидрологические посты, организуемые со специальными целями, например, для изучения режима перекатов, исследований заторов, химического состава воды и термического режима в связи со сбросами

промышленных вод и в других подобных случаях.

7.1.3 На участке реки, предназначенном для оборудования гидрологического поста, влияние переменного подпора должно сказываться в наименьшей степени. Переменный подпор выражается в независимых от естественных колебаний водности реки изменениях уровня и продольного уклона водной поверхности. При наличии переменного подпора связь между расходом и уровнем воды оказывается неоднозначной, вследствие чего учет стока значительно усложняется.

Причинами возникновения переменного подпора на участке реки могут быть:

- расположенное ниже водохранилище, созданное плотиной, или озеро, уровни которых зависят от естественного баланса притока и стока воды в них, от искусственного регулирования наполнения и от ветровых денивеляций водной поверхности;

- колебания уровня в реке, являющейся водоприемником изучаемой реки;

- впадение ниже участка достаточно крупного притока;

- наличие ниже по течению переката или скоплений наносов, подвергающихся деформациям;

- переменное сопротивление в русле в результате скоплений льда и водной растительности, а также в результате сплава древесины.

Как видно, переменный подпор – явление весьма широко распространенное. Выбрать такой участок, где в полной мере и всегда отсутствовал бы переменный подпор, почти невозможно, поэтому приходится искать место, в котором эффект переменного подпора наиболее ослаблен, т. е. где периоды наличия подпора сменяются наиболее длительными периодами отсутствия его и где переменный подпор характеризуется плавными и сравнительно медленными изменениями уровня и уклона водной поверхности.

7.1.4 Дальность распространения подпора от гидротехнического сооружения может быть выяснена из проекта сооружения, ранее произведенных изысканий и исследований или путем опроса персонала, обслуживающего сооружение, и местных жителей.

Если этих сведений не имеется, то дальность распространения подпора в метрах может быть приближенно оценена по формуле

$$L = a \frac{h_0 + z}{i} \quad (7.1)$$

где a – коэффициент, зависящий от отношения $\frac{z}{h_0}$ и определяемый по данным таблицы 7.1.

h_0 – средняя глубина при отсутствии подпора, м;

z – значение подпора (разность уровней верхнего и нижнего бьефов), м;

i – средний уклон водной поверхности при отсутствии подпора, выраженный в относительных единицах (не в промилле).

При отсутствии данных об уклоне водной поверхности он может быть заменен средним значением уклона дна реки;

Таблица 7.1

$\frac{z}{h_0}$	5.0	2.0	1.0	0.5	0.3	0.2	0.1	0.05
a	0.96	0.91	0.85	0.76	0.67	0.58	0.41	0.24

Оценку дальности распространения подпора по приведенной формуле следует произвести как для межени, так и половодья.

Дальность распространения подпора, возникающего вследствие колебаний

уровня воды водоприемника (озера, основной реки), может быть приближенно оценена по этой же формуле, причем за величину z следует принимать полную амплитуду колебания уровня водоприемника. Иногда не представляется возможным достаточно уверенно оценить вероятность появления переменного подпора, особенно в том случае, когда причиной подпора являются деформации нижерасположенного переката. При этом рекомендуется предусмотреть устройство двух постов: первого – на участке гидрологических наблюдений и второго – у возможного источника подпора. В дальнейшем, в результате анализа материалов наблюдений по этим постам (путем построения графиков соответственных уровней) может быть сделано окончательно суждение о наличии переменного подпора.

При наличии переменного подпора выше гидротехнических сооружений, а равным образом неустановившегося режима ниже их, при суточном регулировании на ГЭС в большинстве случаев целесообразно организовать и проводить наблюдения, необходимые для учета стока непосредственно на гидротехнических сооружениях.

На реках, зарегулированных крупными водохранилищами ГЭС, учет стока организуется и ведется их персоналом по действующим инструкциям в системе Министерства энергетики Республики Беларусь, а материалы, согласно существующим инструкциям, передаются в сетевое гидрологическое подразделение, на территории действия которого находится водохранилище.

7.2 Рекогносцировочное обследование участка реки

7.2.1 Выбор участка реки для производства гидрологических наблюдений, а также их организация в соответствии с имеющимся планом развития сети выполняет начальник сетевого гидрологического подразделения или инженер-гидролог. Выбору участка должно предшествовать предварительное всестороннее ознакомление с районом по имеющимся литературным, архивным материалам и другим источникам и рекогносцировочное обследование реки в соответствии с [7], [8]

.Материалы обследования и предложения подразделения по выбору участка для производства гидрологических наблюдений представляются в Республиканский гидрометеоцентр на утверждение. Обследование участка должно быть произведено с достаточной заблаговременностью с тем расчетом, чтобы после утверждения в Республиканском гидрометеоцентре выбора участка оборудование его и организация наблюдений были закончены к тому сроку, в какой по плану предусмотрено открытие поста.

7.2.2 В результате предварительного ознакомления с материалами по району выбираемого участка для производства гидрологических наблюдений необходимо выяснить:

- основные черты гидрологического режима реки – характер колебаний уровня, расхода и мутности, характер ледовых явлений (замерзание, вскрытие, наледи), толщину льда, шугоносность;
- гидрографические и морфометрические характеристики участка;
- наличие существовавших и существующих поблизости постов Департамента по гидрометеорологии и других ведомств;
- современное состояние и перспективы развития водного хозяйства, наличие поблизости ГЭС, оросительных, мелиоративных, транспортных и других гидротехнических сооружений;
- наличие знаков геодезической сети – высотных реперов, пунктов триангуляции и полигонометрии, могущих служить для высотно-плановой привязки геодезической основы участка;
- наличие крупномасштабных карт, лоцманских карт (для судоходных рек), профилей реки и т. п.;

- современное состояние путей сообщения и средств связи;
- наличие и перспективы развития населенных пунктов;
- наличие энергопитания.

На основании собранных сведений и имеющихся картографических материалов предварительно по карте намечают один или несколько участков реки, после чего производят рекогносцировку на месте и выбор (из числа предварительно намеченных) участка, наиболее пригодного для оборудования гидрологического поста.

7.2.3 Рекогносцировку производят не только в пределах предварительно намеченных участков для открытия поста, а на значительно большем протяжении вверх и вниз, например, до ближайших поворотов реки, устьев притоков, перекатов, порогов, разветвлений на рукава, ближайших искусственных сооружений – гидроузлов, ГЭС, мостов и т. п.

Таким образом, длина участка, подлежащего рекогносцировке, определяется исключительно местными условиями и особенностями водного объекта.

Предварительно рекогносцировочное обследование, как правило, производят дважды:

- при низком стоянии уровня воды (обычно в летнее время);
- во время половодья или паводков (весной или летом).

Для участков постов, имеющих широкую пойму, последнее обязательно, так как только при высокой воде и больших скоростях течения можно выявить ряд особенностей режима (наличие подпора и, в частности, заторных колебаний уровня, условия затопления поймы и пр.) и связанных с ними трудностей в проведении гидрометрических работ. Характеристики паводочного режима, полученные путем опроса местного населения в меженный период, нельзя считать достаточно надежными.

Для беспойменных участков допускается ограничить предварительное рекогносцировочное обследование одним выездом; в этом случае второе обследование в паводочный период производится в первый год работы поста.

7.2.4 В процессе рекогносцировки участка реки с целью организации на нем гидрологического поста производятся следующие работы:

- общий осмотр участка;
- исправление выкопировки топографического плана или фотосхемы, промер глубин, определение скоростей и уклонов, (при отсутствии необходимых топографических съемок или аэрофотоматериалов производят глазомерную съемку);
- выяснение основных характеристик гидрологического режима реки (уровни, скорости, глубины) путем выполнения измерений и опроса местного населения.

Осмотр участка реки является первым этапом рекогносцировки, когда, руководствуясь внешними признаками и данными опроса местных жителей, не прибегая к трудоемким измерениям на местности, на реке выбирается место, наиболее удовлетворяющее требованиям 7.2.1 и 7.2.2.

В процессе осмотра выявляют:

- возможные естественные и искусственные причины подпора;
- регулирующие сечения – пороги;
- места сужения русла и долины;
- степень устойчивости русла и берегов, характер грунтов;
- условия производства гидрометрических работ особенно зимою и в половодье.

Одновременно собирают дополнительные сведения о режиме реки и отыскивают метки наивысшего уровня воды. Осмотр реки должен сопровождаться фотографированием и схематическими зарисовками, которые должны наглядно дополнить описание участка.

7.2.5 При сборе сведений о гидрологическом режиме реки путем опроса местного населения необходимо получить некоторые наиболее важные характеристики:

а) годового хода уровня:

1) начало прибыли воды в половодье (обычный и крайний сроки), продолжительность и интенсивность периода подъема и спада, наступление наивысшего уровня (обычный и крайний сроки), стояние высокого уровня (от до. суток), конец половодья (обычный и крайний сроки);

2) летняя межень, ее характер (устойчивая, нарушается небольшими колебаниями уровня – до 0,2–0,3 м, неустойчивая, с резкими, довольно высокими подъемами и спадами уровня – свыше 0,5 м), продолжительность стояния высокой воды и летний минимум (сроки и высоты, обычные и крайние значения);

3) пересыхание реки, участки реки, где оно наблюдается наиболее часто (ежегодно, в отдельные годы, продолжительность периода);

4) паводки, их происхождение (дождевые), количество за сезон, продолжительность, интенсивность подъема и спада;

5) зимняя межень, ее характер (устойчивая, с медленным падением или повышением уровня воды, с довольно резкими колебаниями уровня), начало межени (обычный и крайний сроки), продолжительность (средняя, наибольшая), наличие зажорных явлений (места образования, высота подъема воды при зажорах, их периоды и продолжительность), зимний минимум (сроки – обычный и крайние, высота – средняя и наибольшая);

6) подъемы уровня при заторах льда весной и осенью и при ледоставе, их высота, продолжительность и повторяемость; места образования заторов и зажоров.

б) опасные гидрологические явления, вызываемые высокими подъемами или большими понижениями уровня:

1) затопление и разрушение населенных пунктов, промышленных предприятий, инженерных сооружений;

2) длительные перерывы в судоходстве, прекращение работ водозаборных сооружений и т. п.

Следует установить, как часто эти явления наблюдаются, при каких значениях уровня начинается опасность (затопление, размыв и т. п.) и происходят указанные выше явления (критическая и опасная отметки).

в) ледовый режим:

1) замерзание реки – появление ледовых явлений осенью, начало осеннего ледохода (обычный и крайний сроки), его продолжительность (примерное число суток) и характер (лед идет спокойно, бурно, сопровождается заторами на каких участках, есть ли перерывы ледохода);

2) ледяной покров – его устойчивость (временные зимние вскрытия реки), характер (сплошной, с полыньями, обычные их места), характер поверхности (ровная, торосистая), наледи (время и места их образования, размеры), максимальная толщина льда на плёсах и перекатах, время ее наступления, структура льда (плотный, кристаллический, слоистый);

3) промерзание реки до дна – местоположение участков и частота (ежегодно, в отдельные годы), обычный период;

4) вскрытие реки – появление закраин и промоин (за сколько суток до ледохода и в каких местах они образуются), начало весеннего ледохода (обычные и крайние сроки, его продолжительность в сутках) и характер (спокойный, бурный, с заторами льда), с какой фазой половодья совпадает (подъем, пик, спад). Случаи вскрытия реки без ледохода – лед тает на месте. Разрушительное действие осеннего и весеннего ледоходов.

7.2.6 Сведения о гидрологических явлениях следует собрать также в расположенных вблизи реки населенных пунктах у местных жителей, которые по

роду своей деятельности знают реку и ее режим, работников водного транспорта, рыбаков, дорожников. Для получения более достоверных данных в каждом пункте следует спрашивать не менее двух лиц отдельно, находясь на берегу реки (а не в помещении) и устанавливая высоты уровней в натуре.

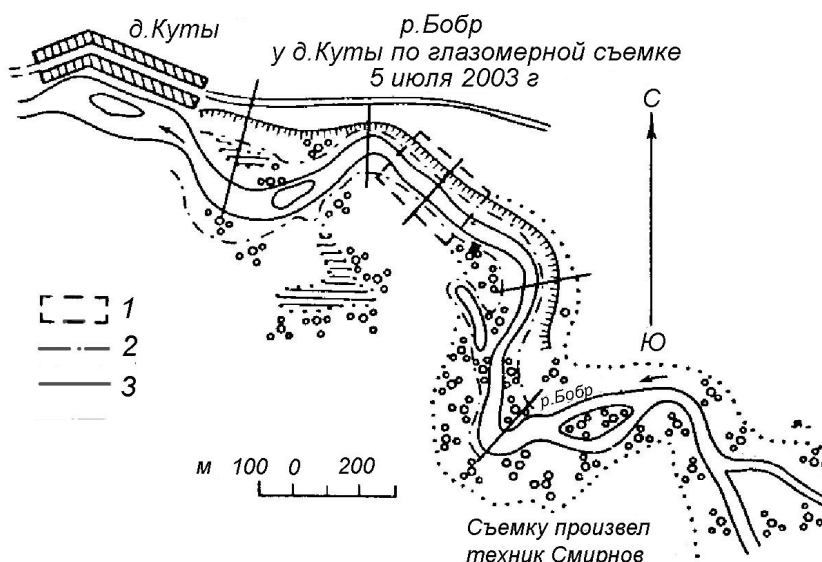
Количество пунктов, в которых делается опрос, зависит от степени изученности режима реки, изменений ее водности и хозяйственного значения, но для каждого обследованного участка реки желательно иметь их не менее двух. Полученные таким образом сведения необходимо занести в полевой дневник с указанием пункта, к которому они относятся, и даты. Лучше, однако, фиксировать их в специальном акте, примерная форма которого дана в приложении А. Опрос следует оформить подписью лица, собиравшего сведения (инженер, техник), и лица, дававшего их.

7.2.7 Другим этапом рекогносцировки является корректура крупномасштабных карт, если таковые имеются, с фиксацией изменений, происшедших в рельефе и глубинах русла, очертании берегов, характере рельефа и растительности на пойме и т. п. При отсутствии крупномасштабных карт или аэрофотоматериалов, как указано в 7.2.3 производят глазомерную съемку, в результате которой должен быть получен схематический план обследуемого участка с показанием очертаний меженного русла, коренных берегов, основных элементов рельефа поймы и характера растительности на ней. Особое внимание следует обратить на выяснение условий движения потока в половодье или паводок, для чего нужно установить положения урезов воды при наивысшем уровне, отметить места отклонения от основного русла пойменных понижений и проток и места их сочленения с основным руслом, установить степень связи их с основным руслом (при каких уровнях пойменные понижения и протоки начинают пропускать воду), отметить наличие береговых валов и разрывов в них, как мест возможного оттока воды из основного русла в пойму или наоборот.

При рекогносцировке или глазомерной съемке необходимо произвести промер глубин по стрежню через 50–100 м в зависимости от размера реки в пределах длины обследуемого участка и на нескольких поперечных профилях в характерных сечениях русла (на плёсах, перекатах, закруглениях); в тех же профилях измеряют скорости течения. На участке определяют также уклон водной поверхности.

7.3 Состав представляемых в Республиканский гидрометеоцентр материалов по выбору участков.

7.3.1 Сетевое гидрологическое подразделение высылает материалы рекогносцировки со своими предложениями на утверждение Республиканским гидрометеоцентром.



1 – граница намеченного участка; 2 – урез воды при наивысшем уровне; 3 – профили

Рисунок 7.1 – План участка реки в районе намечаемого поста, составленный по глазомерной съемке

Представляют:

а) выкопировку с карты крупного масштаба или фотоплан, исправленные и дополненные по материалам рекогносцировки, или план глазомерной съемки части реки в пределах, достаточных для подтверждения правильности выбора участка поста. На выкопировке с карты или плане глазомерной съемки следует показать выбранный участок в виде контура, урезы при наивысшем уровне, контуры меженного русла и коренных берегов, основные элементы рельефа поймы и ситуации. План участка приведен на рисунке 7.1;

б) поперечные профили на характерных сечениях русла, места которых должны быть показаны на выкопировке с карты или на плане глазомерной съемки;

в) описание обследованного участка реки и выбранного участка поста, которое включает:

1) сведения об основных чертах гидрологического режима реки и данные по морфологии участка дополнительно к тем, которые показаны на выкопировке с карты или плана глазомерной съемки;

2) сведения о водохозяйственном использовании реки;

3) данные о геологии;

4) данные о подъездных путях, связи (телефон, телеграф), энергоснабжении;

5) заключение о пригодности участка реки для организации на нем гидрологических наблюдений.

7.3.2 В разделе описания, касающемся сведений о режиме реки, приводят краткие характеристики следующих наиболее важных явлений:

– изменчивость русла и берегов, перемещения русла, образование и исчезновение мелей, кос, островов, случаи обвала и оползней берегов и пр;

– зарастание русла водной растительностью;

– засоренность русла валунами и их предельные размеры;

– замерзание и вскрытие, характер ледостава, заторы и зажоры, наледи, случаи промерзания;

– колебания уровня воды – наибольшая амплитуда, общий характер годового хода, подпор от искусственных сооружений и водоприемников, пересыхание водотока;

– наличие суточного хода уровня.

Приводят краткие данные по морфологии выбранного участка поста и непосредственно прилегающих к нему соседних участков реки (ширина и глубина русла, характер берегов и долины в целом), данные об уклоне водной поверхности в виде схематического продольного профиля. Особо отмечают и подробнее характеризуют регулирующие сечения – пороги, перекаты, сужения и пр., а также места возможных естественных потерь и прибыли воды вследствие карстовых явлений и выходов грунтовых вод.

В разделе сведений о водном хозяйстве приводят краткие описания и характеристики водохозяйственного использования водотока и гидротехнических сооружений, располагающихся на данной реке вблизи выбранного участка и на устьевых участках впадающих выше притоков. Особо отмечают возможности подпора воды гидротехническими сооружениями, наличие отводов и сбросов промышленных и оросительных вод непосредственно выше или ниже выбранного участка, характер регулирования стока и пр.

7.3.3 В заключении, кроме общей оценки пригодности участка реки для гидрологических наблюдений, указывают наиболее рациональные для данных условий типы постовых устройств (пост свайный, речной, самописец уровня и т. п.) и оборудования (мостик, люлочная переправа, паромная переправа, дистанционная установка и т. п.), указывают схему размещения устройств на участке и приводят соображения о постановке дополнительных наблюдений, определяемых местными условиями.

Все разделы описания участка иллюстрируют photographиями, зарисовками и схемами.

8 Топогеодезические работы на постах сетевых гидрологических подразделений

8.1 Общее положение

8.1.1 Топогеодезическую подготовку участка гидрологического поста следует произвести непосредственно после его выбора. Подобные работы необходимо выполнить также и на существующих постах, если эти работы по каким-либо причинам не были сделаны ранее.

8.1.2 Топогеодезические работы на гидрологических постах производят специалисты сетевых гидрологических подразделений, реже сторонние организации.

8.1.3 Цель этих работ сводится к геодезической привязке пунктов гидрологических наблюдений и к получению детального топографического плана участка гидрологического поста с нанесенными на нем планово-высотными характеристиками элементов водного объекта, всех гидрометрических сооружений и устройств и прилегающей к ним местности в соответствии с [9].

8.1.4 План участка служит для наглядного представления о характере речного русла, рельефе дна и окружающей местности, влияющих на условия движения водного потока, а также о местоположении и взаимном расположении гидрометрических сооружений, устройств и коммуникаций к ним на участке гидрологического поста. Он имеет большое значение для установления динамики речного русла и всего участка во времени путем сопоставления плана с последующими съемками участка, произведенными на той же плановой и высотной основе. В связи с этим на плане должны найти наглядное и точное отображение закрепленные на местности пункты планового и высотного обоснования:

- очертания и рельеф меженного русла;
- размеры поймы, наличие в ней проток, староречий, береговых валов и другие морфометрические характеристики;

– тип растительности, ее распределение в пойме с характеристикой плотности и высоты.

8.1.5 При съемке особенно важно отобразить на плане условия движения потока на выбранном участке реки при высоких уровнях, т. е. показать на нем очертания коренных берегов, установить отметки уровня, при которых начинают пропускать расход отдельные протоки, староречья и вся пойма в целом. Для того чтобы обеспечить характеристику этих условий без чрезмерного увеличения размеров участка, подлежащего топографической съемке, допускается дополнять план съемки выкопировкой с топографической карты крупного масштаба, приведенной на уровень современности путем рекогносцировки на местности. На этой выкопировке должны быть показаны очертания коренных и меженных берегов выше и ниже участка поста, места отклонения и соединения с основным руслом отдельных проток и староречий.

В отдельных случаях (при сложном рельефе поймы) для обеспечения характеристики рельефа поймы на подходах к выбранному участку необходимо нивелирные ходы (продольные и поперечные) продолжить за пределы участка гидрологического поста.

8.1.6 Инструментальную топографическую съемку участка гидрологического поста производят с выполнением всех основных требований действующих инструкций Государственного Комитета по имуществу Республики Беларусь. Она может быть осуществлена одним из существующих способов: тахеометрическим или аэрофототопографическим.

Наиболее приемлема и целесообразна для указанных целей тахеометрическая съемка, поскольку участки гидрологических постов, как правило, незначительных размеров.

8.1.7 Глазомерную съемку участков гидрологических постов выполняют лишь в исключительных случаях, при невозможности провести инструментальную съемку из – за очень сложных местных условий или отсутствия технических возможностей, только с особого разрешения Республиканского гидрометеоцентра. Во всех случаях план участка, полученный в результате глазомерной съемки, является временным и пригоден только для окончательного выбора участка и предварительного планирования размещения гидрометрических сооружений и устройств.

8.1.8 Топографические планы участков гидрологических постов не подлежат массовому размножению путем офсетной печати или другими способами ввиду ограниченного их использования.

8.1.9 Средние ошибки в положении на плане водных объектов и контуров местности с четкими очертаниями относительно ближайших точек съемочного обоснования не должны превышать 0,5 мм. Средние погрешности съемки рельефа относительно ближайших точек геодезического обоснования не должны превышать по высоте: 1/4 принятой высоты сечения рельефа при углах наклона до 2 °, 1/3 при углах наклона от 2–6 ° для планов масштабов 1:5000, 1:2000 и до 10 ° для планов масштабов 1:1000 и 1:500; 1/3 при сечении рельефа 0,5 м на планах масштабов 1:5000 и 1:2000. На лесных участках местности эти допуски увеличиваются в 1,5 раза.

8.1.10 Точность планов оценивают по расхождениям положения контуров, высот точек, рассчитанных по горизонталям, с данными контрольных измерений. Предельные расхождения не должны превышать удвоенных значений средних погрешностей, приведенных выше, и количество их не должно быть более 10 процентов общего количества контрольных измерений. Количество контрольных измерений должно быть не менее 10. Контрольные измерения производит лицо, принимающее планшет съемки.

8.1.11 Координаты и высоты геодезических сетей вычисляют в системах координат и высот, представляемых Комитетом по имуществу Республики Беларусь

по запросу организации, производящей работы.

8.1.12 Топографический план участка гидрологического поста должен иметь формуляр (паспорт), в котором записывают все основные данные технологической схемы топогеодезических работ и их точности, а также список координат и высот пунктов долговременного закрепления.

8.1.13 Постоянные пункты геодезических сетей, установленные при производстве топографической съемки и нивелирования, сдают под наблюдение за сохранностью по акту в соответствии с правовыми актами Комитета по имуществу Республики Беларусь.

8.2 Топографическая съемка участка гидрологического поста

8.2.1 Съемку участка гидрологического поста следует выполнять в следующей последовательности:

а) определить границы участка и выбрать масштаб съемки;

б) дать съемочное обоснование:

1) плановое обоснование съемки (проложение теодолитного хода – магистрали, разбивка поперечных профилей и промерных поперечников);

2) высотное обоснование съемки (нивелирование точек теодолитного хода и поперечников, нивелирование мгновенного продольного профиля водной поверхности);

в) закрепить пункты на местности;

г) нанести точки теодолитного хода (магистрали) и поперечников на планшет;

д) измерить глубины и определить их плановое положение;

е) построить профили промерных поперечников, нанести промерные точки на планшет и провести горизонтالي;

ж) произвести съемку ситуации и рельефа;

з) оформить топографический план.

8.2.2 Для производства топогеодезических работ на гидрологическом посту необходимы следующие инструменты, оборудование и принадлежности в соответствии с ГОСТ 7502, ГОСТ 10528, ГОСТ 10529, ГОСТ 11897:

– теодолит;

– нивелир со штативом и нивелирными рейками;

– стальная 20–метровая лента с комплектом шпилек или стальная рулетка;

– башмаки или костыли (для прокладки хода при привязке к реперам госсети);

– лот промерный, ручной или механический (на лебедке), наметка (последняя, как правило, изготавливается на месте);

– донный щуп;

– трос стальной, мягкий, диаметром 1–3 мм, длиной 150–300 м (в зависимости от ширины реки), размеченный и намотанный на вьюшку;

– полевые журналы, бланки, бумага, калькулятор и т.д.;

– хозяйственный инвентарь и материалы (топор, пилу, лопату, молоток, гвозди, краску, кисти, шпагат и т.д.).

8.2.3 Размеры участка гидрологического поста, подлежащего топографической съемке, определяют после уточнения его выбора по результатам рекогносцировки участка реки и окружающей местности как в пределах участка поста, так и выше и ниже по течению до ближайших объектов (повороты, перекаты, рукава, искусственные сооружения и т. п.), влияющих на направление и скорость течения. Ориентировочные размеры участка съемки в направлении русла для рек шириной меженного русла до 100 м должны составлять пятикратную ширину между бровками меженного русла, но не менее 100 м. По ширине размеры участка определяют расстоянием между точками, отметки которых на 0,5–1 м больше отметки самого высокого (исторического) уровня воды.

Если гидрометрический створ не совпадает со створом уровнемерного устройства гидрологического поста и при съемке они не могут быть изображены на одном плане в установленных выше размерах, то при значительном удалении гидроствора от створа поста (свыше 1,5–2-кратной рекомендуемой длины участка съемки) участок гидрометрического створа следует снять отдельно. При меньшем удалении их снимают на один план за счет увеличения общей длины снимаемого участка.

Для более широких рек длину участка съемки определяют в зависимости от местных условий и наличия крупномасштабных карт, позволяющих детально выявить конфигурацию русла и поймы за пределами выбранного участка, но она не должна быть меньше 2–3-кратной ширины между бровками меженного русла. При наличии широкой поймы длина участка, подлежащего съемке, как правило, не должна быть меньше ширины поймы. При очень широкой пойме (3–5 км и более) полосу ее, подлежащую съемке, устанавливают в каждом конкретном случае в зависимости от характера поймы, наличия крупномасштабных карт и имеющихся возможностей.

8.2.4 Масштаб плана выбирают с таким расчетом, чтобы меженное русло реки (без поймы) изображалось полосой, имеющей ширину не менее 4–5 см. Если выбранный масштаб для съемки очень широкой поймы не обеспечивает изображения на плане русла полосой требуемой ширины, то русло реки снимают отдельно в более крупном масштабе, используя то же съемочное обоснование. Для съемки участков гидрологических постов следует принимать масштабы планов от 1:100 до 1:25 000 в зависимости от величины и характера объекта.

8.2.5 Плановым обоснованием съемки служит ориентированный по истинному меридиану теодолитный ход (магистраль). Направление теодолитного хода (магистральной) следует выбирать примерно параллельно общему направлению течения реки в пределах незатопляемой части берега, но как можно ближе к урезу воды. Проложение теодолитного хода осуществляют с относительной погрешностью не грубее 1:1000.

Предельно допустимые длины отдельных теодолитных ходов L м между исходными пунктами приведены в таблице 8.1. Длины линий в теодолитных ходах не должны быть более 350 м и менее 20 м.

Таблица 8.1

Масштаб съемки	1:100	1:200	1:500	1:1000	1:2000	1:5000
Длина, м	100	200	500	1000	1500	3000

Допускается проложение висячих теодолитных ходов длиной не более указанной в табл. 8.2.

Таблица 8.2

Масштаб съемки	1:100	1:200	1:500	1:1000	1:2000	1:5000
Длина, м	50	100	150	200	300	500

Число линий висячих теодолитных ходов должно быть не более трех.

8.2.6 Теодолитный ход прокладывают по местности, удобной для линейных измерений. Поворотные точки выбирают так, чтобы обеспечить необходимые удобства постановки инструмента и хороший обзор для ведения топографической съемки.

8.2.7 Стороны теодолитных ходов измеряют оптическими дальномерами,

редукционными тахеометрами, длиномерами и стальными 20–метровыми лентами и рулетками. Расхождения значений линии из прямого и обратного измерений не должно быть более 1:1000.

Инструменты, применяемые для измерения линий и углов, должны быть прокомпарированы. Введение в длину линии поправки за компарирование обязательно, если ее влияние на длину измеряемой линии более чем 1:10 000. При углах наклона линий более $1,5^\circ$ измеряют вертикальные углы одним приемом и вводят поправки за приведение линий к горизонту.

8.2.8 Углы поворотов в теодолитных ходах измеряют теодолитами с точностью не менее $0,5'$ (минуты) одним полным приемом с перестановкой лимба между полуприемами на величину 90° . Колебания значений углов, полученных из двух полуприемов, не должны превышать $0,8'$. Угловые невязки (f) в теодолитных ходах не должны превышать $f = \pm 1' \sqrt{n}$, где n – число углов в ходе.

8.2.9 Разбивку поперечных профилей и промерных поперечников производят после или во время проложения магистрали, располагая их перпендикулярно направлению речной долины. Концы профилей на обоих берегах должны выйти на отметки высот, на $0,5$ – $1,0$ м превышающее самый высокий (исторический) уровень воды. Для уровненного поста разбивают один поперечный профиль, совмещая его с постом. На расходном посту разбивают три поперечных профиля: один посередине (совмещая с гидроствором) и два на границах.

Расстояние и количество промерных поперечников зависит от ширины реки и характера русла. Их устанавливают с таким расчетом, чтобы в результате промера выявить все характерные особенности рельефа дна.

8.2.10 Концы и углы поворота магистрали, точки пересечения магистрали с поперечными профилями и промерными поперечниками, концы профилей и поперечников на обоих берегах закрепляют прочными кольями или столбами.

Точку пересечения магистрали с гидроствором или створом водомерного поста следует закрепить в виде постоянного или контрольного высотного репера.

8.2.11 Длины линий теодолитного хода измеряют дважды 20–метровой стальной лентой по предварительно подготовленной местности. Расхождение между результатами первого и второго измерений не должно превышать 1:1000 от измеряемой длины при неблагоприятных условиях измерений (слабый грунт, кустарник, кочки) или 1:2000 при благоприятных (плотный грунт, ровная поверхность).

Все переломы в рельефе по длине магистрали и поперечных профилей закрепляют колышками, забитыми вровень с поверхностью земли «точками» для последующего их нивелирования. Рядом с «точкой» для удобства ее отыскания забивают колышек-сторожок, на котором записывают расстояния по пикетажу.

8.2.12 Ширину реки между урезами в створе поперечных профилей и промерных поперечников измеряют стальной лентой, если она не превышает 20 м, или при помощи стального размеченного троса, натягиваемого между берегами. При большой ширине реки, когда становится невозможным натянуть трос, ширину реки между урезами определяют путем засечек, измерением базиса и углов треугольника, построением равных или подобных треугольников с последующим вычислением неприступного расстояния, как одной из сторон треугольника.

8.2.13 Основная задача высотного обоснования гидрологического поста состоит в оборудовании его основным и контрольным реперами. Основной репер служит для проверки положения контрольного репера и для закрепления нуля поста. В качестве основного репера следует использовать репер государственной геодезической сети. Контрольный репер, предназначен для систематического контрольного нивелирования измерительных устройств, должен быть расположен в непосредственной близости от них, но вне зоны затопления высокими водами.

8.2.14 Вторая задача высотного обоснования состоит в получении высот точек съемочного обоснования путем нивелирования. При нивелировании магистрали и поперечных профилей определяют отметки поверхности земли во всех характерных точках изменения рельефа, а также отметки верха столбов или кольев, которыми закреплены магистрали и поперечники. Нивелирование производят применительно к требованиям IV класса, при этом применяют любой из нивелиров с применением нивелирных реек. Нивелирование магистрали осуществляют в два хода.

Нивелирование поперечных профилей и промерных поперечников допустимо—осуществлять в один ход, но с обязательной высотной увязкой их концов на другом берегу, что обеспечивает должный контроль.

При нивелировании по двусторонним рейкам на каждой станции(стоянке) необходимо производить отсчеты в следующем порядке:

- по черной стороне задней рейки;
- по черной стороне передней рейки; после этого, если нивелир с перекладной трубой, последнюю перекадывают в лагерах;
- по красной стороне передней рейки;
- по красной стороне задней рейки;
- по рейке, устанавливаемой на промежуточных точках. Отсчеты на промежуточные точки берут только по одной черной стороне рейки.

8.2.15 По окончании перечисленных наблюдений и записи их в журнал производят контроль правильности отсчета по рейкам. Расхождения в превышениях, полученные по черным и красным сторонам реек, не должны быть более 5 мм. В случаях больших расхождений всю работу на данной станции следует повторить.

Нивелир во всех случаях устанавливают на равном расстоянии от связующих точек. Расстояния от связующих точек должно быть не менее 5 м и не более 40 м . Отсчеты по рейкам производятся по одной средней нити. Визирный луч должен проходить не менее чем в 300 мм над поверхностью земли.

Высотные отметки всех занивелированных точек вычисляются как средние арифметические из отметок, полученных по каждому ходу, при допустимой невязке между ходами.

Допустимая невязка определяется по формуле:

$$\Delta h = \pm 20\sqrt{L}, \text{ мм} \quad (8.1)$$

где L – длина хода в километрах (в одном направлении).

Для нивелирования продолжения поперечных профилей на берегу, противоположном тому, где разбита магистраль, высотную отметку передают через реку на противоположный берег. Если ширина реки не превышает нормального для нивелирования IV класса расстояния между инструментом и рейкой, т. е. 100 м, то передача высотной отметки на другой берег не представляет затруднений и выполняется обычными приемами нивелирования, причем в этом случае обязательным является выдержать условие нивелирования на равных расстояниях. Если ширина реки превышает 100 м и вблизи участка нет возможности перейти с нивелирным ходом на другой берег по плотине, дамбе, мосту или другому капитальному сооружению, позволяющему выдержать нормальные для нивелирования IV класса расстояния между нивелиром и рейкой, то передача высотной отметки на противоположный берег возможна либо по уровню воды, либо при помощи нивелира способами, изложенными ниже.

Если увеличение трубы нивелира не более 30 и цена деления уровня не менее 15 ", то при четких изображениях допускается расстояние между нивелиром и рейкой (длина визирного луча) увеличить до 150 м.

8.2.16 Передача отметки по уровню воды в реке основана на том, что водная поверхность в створе, нормальном к направлению течения и расположенном на прямолинейном участке реки, весьма близка к горизонтальной линии. Она может заменить в ряде случаев с достаточной степенью точности горизонтальный луч, образуемый визирной осью трубы нивелира при правильной установке инструмента.

Передача отметки с одного берега реки на другой по уровню воды недопустима на криволинейном участке русла, так как в этом случае существует перекосящий уровень, вызванный центробежной силой. Передача отметки по уровню воды недопустима также при сложном рельефе русла с наличием перекатов, отмелей, рукавов и протоков, разделенных островами, что вызывает значительную косоуструйность на участке реки и затрудняет возможность отыскать створ, нормальный к направлению течения.

Бурное течение реки, характеризующееся местными буграми и впадинами на водной поверхности, наличие в русле реки крупных камней, создающих у берегов водовороты и обратные течения и усиливающих неровности на поверхности воды, также не дают возможности произвести передачу отметки на другой берег по уровню воды без допустимой погрешности.

Основными условиями, определяющими достаточную точность передачи высотной отметки на противоположный берег по уровню воды, является наличие прямолинейного участка правильной, по возможности, корытообразной формы и спокойного плавного течения без заметных возмущений водной поверхности, что чаще может быть при низких уровнях в межень.

При наличии этих условий передача высотной отметки на противоположный берег реки производится в следующей последовательности.

8.2.17 Прежде всего на прямолинейном участке реки, посередине его, выбирают створ, нормальный к направлению течения, и закрепляют кольями на обоих берегах реки, как показано на рисунке 8.1. Положение створа следует определить по плану участка реки в горизонталях (или изобатах). Если русло реки имеет правильную корытообразную форму, то створ в этом случае намечают перпендикулярно к основному направлению горизонталей или изобат. Если план в горизонталях (или изобатах) отсутствует, то путем засечек поверхностных поплавков в безветренную погоду определяют траектории их движения и створ намечают перпендикулярно к этим траекториям.

Как правило, этот створ может быть совмещен со створом водомерного поста или гидрометрическим створом.

Затем на урезе воды обоих берегов отрывают небольшие ковши, в каждый из которых забивают прочный кол диаметром 8–10 см на глубину в зависимости от качества грунта так, чтобы кол был устойчив. Верх кола должен находиться ниже уровня воды на 10–15 см. В него предварительно забивается гвоздь со шляпкой, являющейся нивелируемой точкой. Верх кола (шляпка гвоздя) на том берегу, с которого передается высотная отметка, нивелируют двойным ходом от ближайшего репера. Далее в тихую безветренную погоду одновременно на обоих берегах при помощи линейки с точностью до 2 мм измеряется превышение уровня воды над верхом кола (шляпкой гвоздя). Искомая отметка верха кола на противоположном берегу H_2 находится по формуле:

$$H_2 = H_1 + h_1 - h_2, \quad (8.2)$$

где H_1 – известная отметка верха кола на одном берегу,

h_1 – превышение уровня над верхом кола на этом же берегу,

h_2 – превышение уровня над верхом кола на другом берегу.

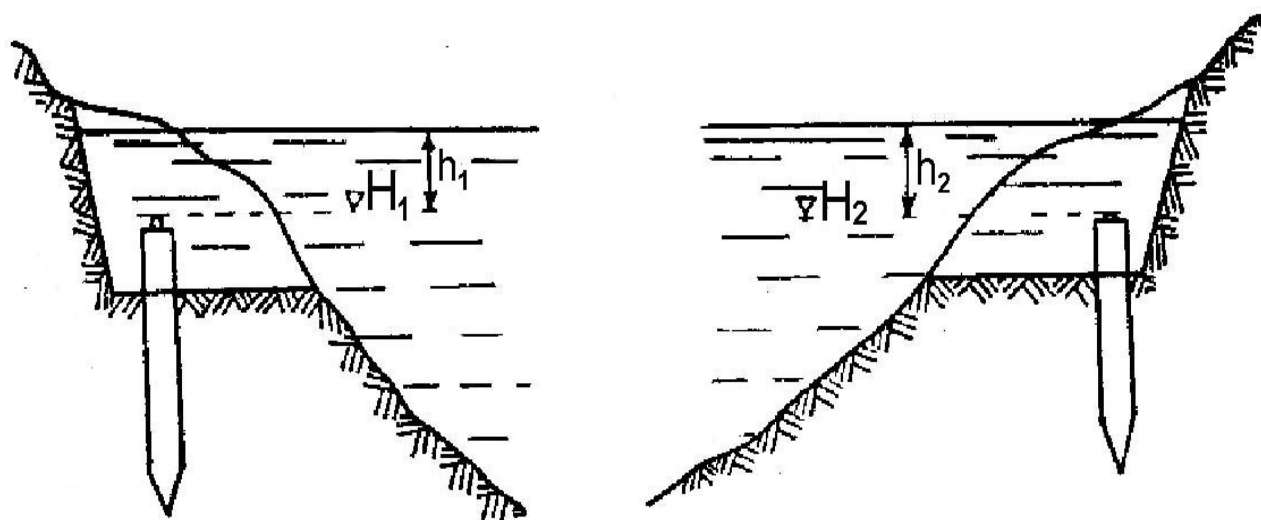


Рисунок 8.1 – Схема установки урезных колеv

Описанный прием повторяют еще 2–3 раза при уровне, изменившемся на несколько сантиметров, и за окончательную отметку H_2 принимают среднее арифметическое из всех полученных отметок. Результаты отдельных приемов, отклоняющихся более чем на 5 мм от других, при выводе среднего арифметического в расчет не принимают.

Кол на противоположном берегу при помощи нивелирования двойным ходом сразу же, во избежание его повреждений или уничтожения, связывают с временным или постоянным репером, установленным на этом же берегу, и таким образом отметку, переданную по уровню воды, прочно закрепляют. Определение превышения между репером и колом может установить заранее.

Если река имеет две протоки каждая из которых удовлетворяет условиям, обеспечивающим достаточную точность, то передачу отметки по уровню производят в каждой из них в отдельности, а урезные колья, оказавшиеся на острове, разделяющем протоки, связывают между собой нивелированием в два хода. Нивелирование между кольями на острове необходимо потому, что уровни воды в различных протоках, даже по общему створу, могут существенно разниться между собой.

Вследствие действия сил Кориолиса, уровень воды у правого берега будет выше, чем у левого, даже на прямолинейном участке. Это превышение (в миллиметрах) в зависимости от ширины реки и средней скорости течения приведено в таблице 8.3.

Таблица 8.3 – Превышение уровня воды у правого берега

Средняя скорость течения, м/сек	В миллиметрах									
	Ширина реки, м									
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
0,5	0,5	1,0	1,4	1,9	2,4	2,9	3,4	3,8	4,3	4,8
1,0	1,0	1,9	2,9	3,8	4,8	5,7	6,7	7,6	8,6	9,6
1,5	1,4	2,9	4,3	5,7	7,2	8,6	10,0	11,5	12,9	14,3
2,0	1,9	3,8	4,7	7,6	9,5	11,5	13,4	15,3	17,2	19,1
2,5	2,4	4,8	7,2	9,6	12,0	14,4	16,8	19,1	21,5	23,9
3,0	2,9	5,7	8,6	11,5	14,4	17,2	20,1	23,0	25,8	28,7

В зависимости от широты места средние значения превышений, приведенные в

таблице, умножают на коэффициент K , величины которого для разных широт приведены в таблице 8.4.

Таблица 8.4

V	40	45	50	55	60	65	70
K	1,00	1,10	1,19	1,27	1,35	1,41	1,46

Приведенные в таблице 8.1 превышения, умноженные на коэффициент K , зависящий от географической широты места, вводят как поправки к найденной описанным выше способом отметке H_2 . При этом если передачу отметки производят с правого берега на левый, то поправку вводят со знаком минус, а если с левого берега на правый, то со знаком плюс. Для промежуточных значений ширин, скоростей течения и географической широты величина превышений и коэффициента K находят прямой интерполяцией между их значениями, приведенными в таблице 8.4. Поправки менее 5 мм вводить нет необходимости, так как они будут лежать в пределах возможной точности вычисления отметки H_2 по произведенным замерам уровня воды.

Во всех случаях передачу отметки через реку по уровню воды при первой возможности следует проверить инструментально.

Нивелиры, применяемые для этой цели, должны иметь цену деления уровня 10–20 " и увеличение трубы 30–40.

8.2.18 При ширине реки до 300 м на обоих берегах ее на высоте не менее 2 м над уровнем воды выбирают по две точки, как указано на рисунке 8.2. Точки выбирают ближе к урезу воды с тем, чтобы не удлинять расстояние визирования. Высота этих точек над уровнем воды должна быть примерно одинакова для того, чтобы визирный луч при визировании с одного берега на другой не «бил» в землю или поверх рейки. В этом нужно убедиться заранее хотя бы при помощи ватерпасовки от уреза воды, имея в виду, что инструмент будет стоять в точках I и II. Расположение точек должно быть таким, чтобы расстояния I–A и II–B были в пределах 10–15 м, а расстояния I–B и II–A были равны между собой. Указанные точки удобнее располагать в вершинах прямоугольника или параллелограмма. В точках A и B забивают колья толщиной 8–10 см на глубину, обеспечивающую их устойчивость в зависимости от качества грунта, причем верх кола должен быть ниже поверхности земли на 10–20 см, т. е. на толщину дернового слоя. В торец кола забивается гвоздь со сферической шляпкой, на которую во время наблюдений устанавливается нивелирная рейка. Высотная отметка на кол A передается двойным ходом от ближайшего репера.

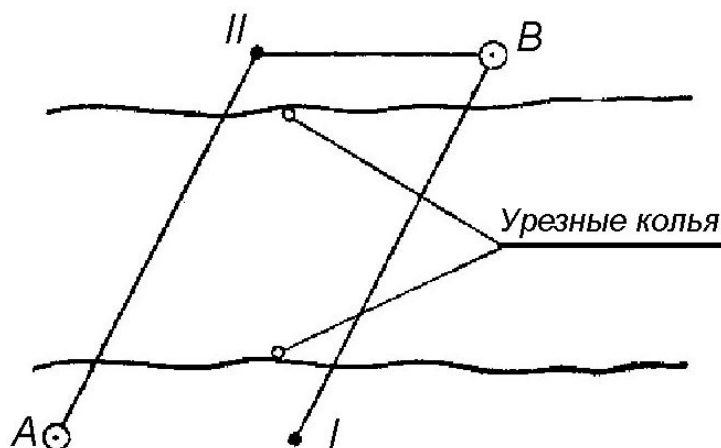


Рисунок 8.2 – Схема разбивки точек для установки нивелира и реек

При производстве наблюдений для передачи отметки на кол *B* хорошо выверенный нивелир ставят первоначально на точку *I* и при пузырьке уровня строго на середине производят отсчеты в следующей последовательности:

- по черной стороне рейки, установленной на колу *A*;
- по красной стороне той же рейки;
- по черной стороне рейки, установленной на колу *B*;
- по красной стороне той же рейки.

Отсчеты по обеим сторонам реек, если позволяет их длина и условия видимости, делают по всем трем нитям сетки. Перед отсчетами положение пузырька уровня разрешается исправить в пределах полуделения подъемным винтом, находящимся в направлении рейки. Затем, не изменяя фокусировки трубы (положения кремальерного устройства) и соблюдая предосторожности, чтобы ее не нарушить, инструмент перевозят на противоположный берег и устанавливают в точке *II*, которая по условию расположения должна быть симметрична точке *I*.

Здесь отсчеты производят в такой последовательности:

- по черной стороне рейки, установленной на колу *A*;
- по красной стороне той же рейки;
- по черной стороне рейки, установленной на колу *B*;
- по красной стороне той же рейки.

При больших расстояниях визирования, когда деления рейки становятся трудноразличимыми, следует воспользоваться передвижной маркой. При этом по сигналу наблюдателя марку перемещают вверх или вниз по рейке до совмещения ее белой полосы со средней горизонтальной нитью сетки. В этом положении марку закрепляют на рейке, а отсчет производят по штрихам на марке, нанесенным по оси белой полосы.

8.2.19 Если двусторонние рейки отсутствуют, то применяют односторонние, но в этом случае отсчет по двум сторонам двусторонней рейки заменяют вторичной установкой инструмента в точках *I* и *II*. Последовательность работ при этом следующая. На стоянке *I* производят отсчеты:

- по рейке на колу *A*,
- по рейке на колу *B*.

Инструмент при неизменной фокусировке перевозят на противоположный берег и устанавливают в точке *II*. Здесь производят отсчеты:

- по рейке на колу *A*,
- по рейке на колу *B*.

Затем на стоянке *II* изменяют горизонт инструмента на 10–15 см и производят отсчеты:

- по рейке на колу *B*,
- по рейке на колу *A*.

Инструмент при неизменной фокусировке перевозят обратно в точку *I* и здесь производят отсчеты:

- по рейке на колу *B*,
- по рейке на колу *A*.

Иной порядок работы, как, например, отсчеты на стоянке *I* при двух горизонтах инструмента, перевозки инструмента на противоположный берег и отсчеты на стоянке *II* при двух горизонтах инструмента, недопустим.

Все указанные операции при наличии двусторонних или односторонних реек считают одним приемом.

Второй прием, являющийся обязательным во всех случаях, выполняют в другое время дня в той же последовательности. Причем, если первый прием выполнен в первой половине дня, то второй выполняют во второй половине дня.

8.2.20 В журнале, кроме отсчетов по рейкам, следует записать: дату передачи

высот, время начала и конца наблюдений на каждом берегу, состояние погоды, облачность, качество изображения и температуру воздуха, а также сделан чертеж расположения нивелира и реек на берегах реки.

Вычисление превышений производят в обычном порядке. Результат одного приема вычисляют как среднее из превышений по двум станциям. За окончательное превышение принимают среднее из двух приемов; допустимое расхождение между отдельными приемами не более чем ± 16 мм. При возможности наблюдения производят одновременно двумя инструментами с обеих точек. В этом случае последовательность отсчетов в первом приеме на каждом из берегов при наличии односторонних реек следующая:

- отсчет по ближней рейке,
- отсчет по дальней рейке,
- изменение горизонта инструмента на 10–15 см,
- отсчет по дальней рейке,
- отсчет по ближней рейке.

Во втором приеме инструменты должны поменять местами. Во всех случаях следует дополнительно нивелировать урез воды у каждого из берегов, располагая урезные колья по створу, перпендикулярному к направлению течения. Визирование на урезные колья производят в промежутках между визированием на ближнюю и дальнюю рейки.

На том берегу, куда передают высотную отметку, должен быть установлен репер. Отметку реперу передают с кола В двойным ходом в кратчайший срок после осуществления передачи отметки через реку, во избежание возможного в последующем повреждения кола В.

Определить превышения между постоянным репером и колом возможно заранее.

8.2.21 При ширине реки от 300 до 600 м следует производить двойное нивелирование вперед с наведением нити поочередно на две марки, укрепленные на дальней рейке, и с производством отсчетов по концам пузырька уровня. По интервалу между марками на рейке и по углам наклона оси уровня определяют отсчет, соответствующий горизонтальному положению оси уровня. Каждую из марок, укрепляемых на рейке, удобно сделать в виде передвижного на обойме с зажимом щитка, на котором нанести горизонтально белую полосу между черными полями по краям.

Посередине марки прорезают вертикальное окошечко, по краям которого наносят тонкие штрихи, соответствующие оси (середине) белой полосы. Эти штрихи позволяют определить деления рейки, на которые установлена марка. Ширина белой и черной полос при расстоянии визирования до 600 м составляет 10–20 мм. Интервал между марками (между осями белых полос), укрепляемыми на рейке, выбирают в зависимости от расстояний визирования и цены деления цилиндрического уровня нивелира применительно к таблице 8.5.

Таблица 8.5

Цена деления уровня	Расстояние визирования, м	Интервал между марками на рейке, мм
10"	300–400	60–80
	400–500	80–100
	500–600	100–120
15"	300–400	80–120

	400–500	120–150
	500–600	150–180
20"	300–400	120–160
	400–500	160–200
	500–600	200–240

Установку реек и нивелирование производят согласно схеме, приведенной на рисунке 8.4. На обоих берегах реки, недалеко от урезов воды, забивают два прочных кола А и В. Высота кольев и стоянок инструмента над уровнем воды должна быть примерно одинакова и равна 5–6 м, что достигают путем предварительного нивелирования или ватерпасовки каждого кола от уреза воды. Стоянку инструмента выбирают на линии, соединяющей точки А и В так, чтобы расстояние от нивелира до точки было на обоих берегах одинаковым и лежало бы в пределах 10–15 м. Тогда $d'_3 = d'_n$ и $d'_n = d''_3$.

Последовательность производства работ будет следующая. В точке I устанавливают хорошо и заблаговременно выверенный нивелир. Нивелир устанавливают так, чтобы один подъемный винт совпадал с направлением визирования, а два других находились бы на линии, перпендикулярной к нему. Во время работы нивелир должен быть защищен зонтом от действия прямых солнечных лучей. На кол А ставят рейку и при положении пузырька уровня посередине делают отсчет $З_1$. Затем визируют на дальнюю рейку, поставленную на кол В, и, действуя подъемным винтом, наводят горизонтальную нить сетки поочередно на белую полосу нижней (М) и верхней (С) марок, укрепленных на рейке. Одновременно при каждом наведении производят отсчеты по концам пузырька уровня с целью определения угла наклона его оси. Отсчет по концу пузырька делают с точностью до десятых долей деления, определяемых на глаз.

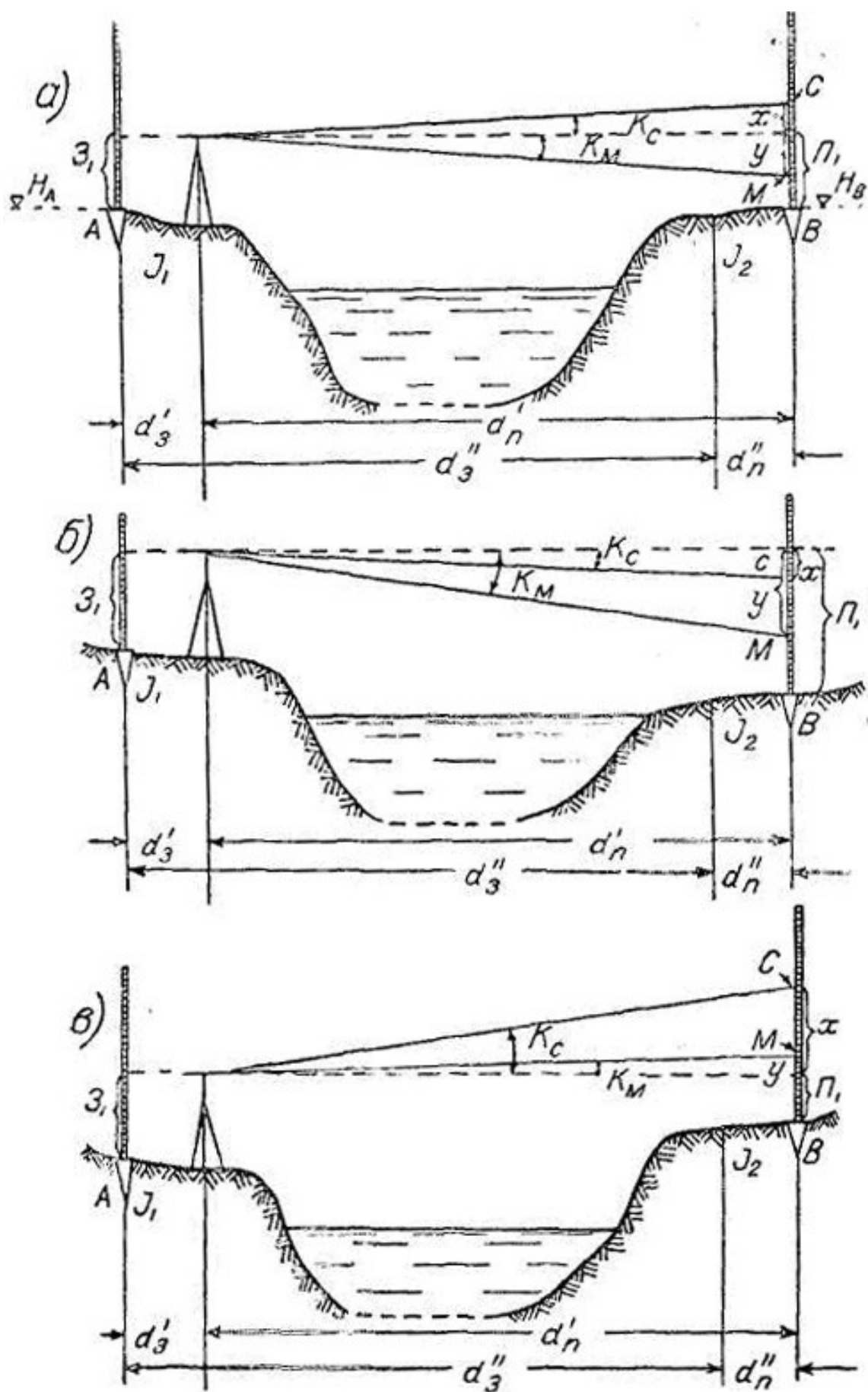


Рисунок 8.4 – Схема установки нивелира и реек при передаче отметки через реку шириною свыше 300 м

Если шкала уровня имеет один или два нулевых штриха и нумерация делений возрастает от них в сторону объектива и окуляра, то угол наклона его оси (выраженный в делениях шкалы уровня) вычисляют по формуле

$$K = \frac{(-\ddot{E}) + (\ddot{I})}{2}, \quad (8.3)$$

где $\ddot{I}$ – отсчет по концу пузырька, ближайшему к окуляру;
 $\ddot{E}$ – то же к объективу.

Для уровня, имеющего шкалу деления от 0 до N, при нулевом делении, расположенном ближе к окуляру, угол наклона (в делениях шкалы уровня) находят по формуле

$$K = \frac{(\ddot{E} + \ddot{I}) - N}{2}, \quad (8.4)$$

где $\ddot{I}$ – отсчет до конца пузырька, ближайшему к окуляру;
 $\ddot{E}$ – то же к объективу;
N – полное число делений на шкале.

Приведенными формулами определяют и знак угла наклона оси уровня. Положительное значение угла показывает, что ось уровня по линии визирования расположена с повышением к противоположному берегу, а отрицательное – что ось уровня проходит с понижением к противоположному берегу.

8.2.22 На практике встречаются три случая визирования на дальнюю рейку:

– первый случай. Угол при визировании на верхнюю марку – положительный, при визировании на нижнюю марку – отрицательный, как приведено на рисунке 8.4.а.

В этом случае отсчет $\ddot{I}_1$ по дальней рейке, который должен соответствовать горизонтальному положению оси уровня, вычисляют по следующим зависимостям:

$$\ddot{I}_1 = \ddot{N} - \ddot{O}, \quad (8.5)$$

или

$$\ddot{I}_1 = \ddot{I} + Y, \quad (8.6)$$

где M и C – отсчеты по рейке, отвечающие оси белой полосы соответственно нижней и верхней марок (их отмечают при установке марок на рейке).

Значения X и Y находят из формул:

$$X = \frac{tK_c}{K_m + K_c}, \quad (8.7)$$

$$Y = \frac{tK_M}{K_m + K_c}, \quad (8.8)$$

где t – интервал между осями белых полос верхней и нижней марок, т. е. разность отсчетов C и M;

K_m и K_c – углы, обозначение которых ясно из рисунка.

Значения углов в приведенных формулах берутся по их абсолютной величине, т. е. без учета знака. Контролем вычислений служит сходимость значения Π по обоим зависимостям.

– второй случай. Оба угла при визировании на нижнюю и верхнюю марки отрицательны. (рис.8.4б)

В этом случае отсчет Π вычисляется по следующим зависимостям:

$$\check{I}_1 = \check{N} + \check{O} \quad (8.9)$$

или

$$\check{I}_1 = \check{I} + Y \quad (8.10)$$

– третий случай. Оба угла при визировании на нижнюю и верхнюю полки положительны (рис. 8.4.в).

В этом случае отсчет Π вычисляют по зависимостям 8.5 или 8.6.

После производства наблюдений на первой стоянке в точке I_1 нивелир осторожно, чтобы не изменить фокусировки (положения кремальерного устройства), все время закрытый зонтом от действия солнечных лучей, перевозят на противоположный берег и устанавливают в точке I_2 . Здесь визирование вначале производят на рейку А для получения второго заднего отсчета $З_2$. При этом горизонтальную нить при помощи подъемного винта наводят поочередно на марки М и С, с производством отсчетов по концам пузырька уровня, совершенно аналогично тому, как это делалось на первой стоянке при визировании на рейку В. При этом может встретиться любой из трех случаев, приведенных выше. В каждом из них применяют те же формулы, лишь с заменой Π_1 на $З_2$. После визирования на рейку А и производства нужных отсчетов нивелир наводят на ближнюю рейку В, и по ней при положении пузырька уровня посередине производят отсчет Π_2 . Этим заканчивается полный прием.

Превышение h точки В над точкой А из первого приема получают по формуле

$$h = H_B - H_A = \frac{(C_1 - \check{I}_1) + (C_2 - \check{I}_2)}{2} \quad (8.11)$$

Для контроля и повышения точности наблюдений выполняют два полных приема наблюдений в разное время суток и с изменением горизонта инструмента во втором приеме.

Окончательное превышение берут как среднее арифметическое из двух приемов.

8.2.23 Промер глубин при съемке участка гидрологического поста для получения отметок глубин и поперечных профилей русла реки производят по поперечным профилям, разбитым по середине и концам участка, и по промерным поперечникам. Частоту промерных поперечников и промерных точек на них устанавливают с таким расчетом, чтобы в результате промера выявить все особенности рельефа дна и с достаточной подробностью изобразить его на плане с помощью горизонталей или изобат. Промерные работы наиболее целесообразно и удобно проводить при низких (меженных) уровнях.

8.2.24 Во время производства промера обязательно ведут наблюдения за уровнем воды на постоянном или временном гидрологическом посту и на профилях по временным кольям или рейкам, отметки высот нулей наблюдения которых

должны быть получены нивелированием. Частоту наблюдений определяют в зависимости от характера колебаний уровня. При резких колебаниях ведут учащенные наблюдения (ежечасно). Измерение глубин следует сопровождать определением планового положения промерных точек на створах или галсах, для чего используют плановое и высотное обоснование топографической съемки участка.

8.2.25 Для промера глубин применяют различные приборы: гидрометрическая штанга или наметка, рейка, лот ручной или механический и разные по конструкции эхолоты. Применение тех или иных приборов зависит от глубины, ширины и характера реки. Наметку, штангу и рейку применяют для измерения глубин менее 5 м; большие глубины измеряют лотом или эхолотом.

8.2.26 Плановое положение промерных точек определяют несколькими способами, применяемыми в зависимости от ширины реки и используемого способа промера:

- по размеченному стальному тросу, натянутому вдоль створа или галса (на реках шириной до 200–300 м);
- по створу и прямым засечкам с берега одним инструментом;
- прямыми засечками с берега двумя угломерными инструментами;
- по створу и обратным засечкам с катера одним секстаном;
- обратными засечками с катера двумя секстанами;
- теодолитным ходом по льду (при промере со льда);

Способ координирования промера устанавливают в каждом отдельном случае, исходя из принятых способа и подробности промера, скорости течения воды в реке, удаленности участка промера от берега, масштаба съемки.

8.2.27 На участках рек, имеющих сложный рельеф русла, а также на реках с большими скоростями течения и глубинами, значительно усложняющими производство промеров по поперечникам, промеры глубин на участке целесообразно выполнять по продольникам. Продольники назначают равномерно по ширине реки, приблизительно через 0,1–0,2 ее ширины со сгущением к берегам. Число промерных точек на продольнике определяется скоростью течения и временем, необходимым на одно измерение глубины. Промеры по продольникам производят со свободно сплавляющейся по течению лодки, плота и пр. Положение промерных точек на продольнике определяют засечками двумя угломерными инструментами с берега или измерением пары смежных углов при помощи секстана с промерного судна. Допускается засекать лишь каждую вторую–третью промерные точки, а положение промежуточных находить интерполяцией.

8.2.28 На широких реках, где промер по одному поперечнику требует значительного времени, рабочий уровень воды фиксируют на каждом поперечнике забивая кол на урезе вровень с водой в момент начала промеров на данном поперечнике. Колья нивелируют в процессе нивелирования продольного профиля водной поверхности или особо с привязкой к высотным реперам съемки. Фиксация рабочего уровня при промерах указанным способом обязательна в случае быстрого изменения уровня воды во время промеров, а также на реках, характеризующихся большим уклоном и сложным профилем водной поверхности.

8.2.29 Измерение глубин по поперечным профилям производят через равные расстояния в зависимости от ширины реки, согласно таблице 8.6.

Таблица 8.6

Ширина реки, м	Расстояния между промерными вертикалями, м
Менее 20	От 0,5 до 2,0
20–30	2
30–40	3
40–60	4
60–80	6
80–100	8
100–200	10
200–300	20
300–500	30
500–800	40
Более 800	50

Промеры производят одним ходом и в одном направлении. В случае набега воды на наметку отсчет следует производить точно по горизонтальной поверхности воды с учетом повышения и понижения уровня воды, которые образуются вокруг наметки.

8.2.30 Отсчеты глубин по наметке производят и записывают с точностью до 1–2 см, а при глубинах более 1 м – с точностью 5–10 см. Измерять лотом глубины, доступные для наметки, не следует.

8.2.31 Одновременно с промером на каждом промерном профиле в четырех–пяти точках берут пробы грунта дна и визуально определяют их состав – галька, гравий, крупный песок, или т. п.

8.2.32 После промеров производят нивелирование мгновенного продольного профиля водной поверхности. Для этого в створах поперечных профилей и в 1–2 точках между ними (эти точки могут быть совмещены с промерными поперечниками) у уреза воды, лучше в неглубоких ковшах, где не влияет скорость течения, одновременно вровень с поверхностью воды забивают колья, верх которых затем нивелируют. К полученному уровню, путем соответствующей срезки, приводят все измеренные глубины на поперечных профилях и промерных поперечниках.

По полученным глубинам вычисляют отметки дна и строят поперечные профили русла на миллиметровке. На профилях отыскивают положение точек с круглыми значениями отметок (через каждые 0,25, 0,5, 1,0 или 2,0 м в зависимости от глубины). Эти точки носят на промерные профили на плане съемки и по ним проводят горизонталы. Допустимо проводить горизонталы по отметкам дна в точках промера, наносимых на план.

8.2.33 При построении плана съемки накладывают по транспортиру в заранее выбранном масштабе магистраль, поперечные профили и промерные поперечники, как показано на рисунке 8.5.

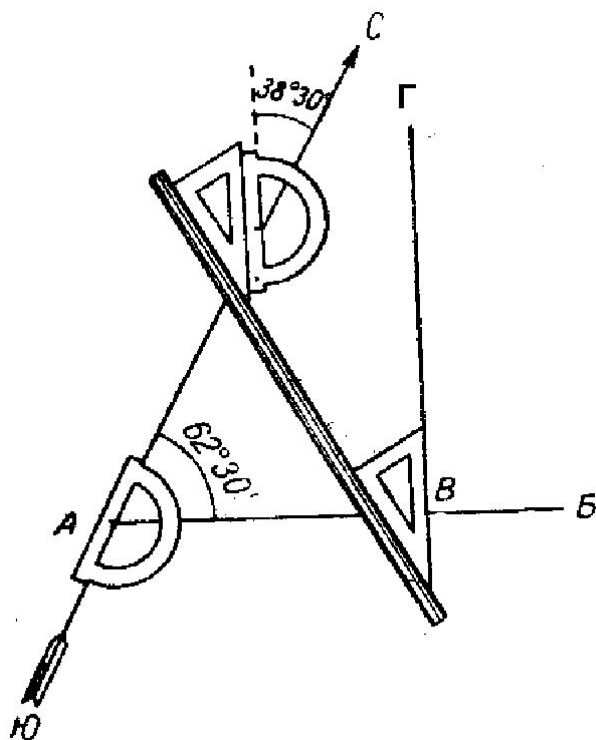


Рисунок 8.5 – Накладка магистрали и профилей по транспорту

Накладку линий с помощью транспорта следует выполнять в такой последовательности:

- наметить положение исходной точки с учетом того, чтобы весь участок расположился на листе бумага симметрично, а направление участка реки было примерно параллельно верхнему и нижнему краям листа;

- через намеченную на плане начальную точку А, являющуюся началом магистрали, провести линию меридиана С–Ю, с учетом того, чтобы магистраль, откладываемая от меридиана по румбу, а с нею и участок реки были бы примерно параллельны верхнему и нижнему краям листа;

- приложив транспортер центром к началу магистрали–точке А, и совместив нулевой диаметр транспорта с линией меридиана, откладывают румб стороны магистрали АВ. В примере румб магистрали АВ (равен СВ: $62^{\circ}30'$). От точки А в направлении магистрали откладывают в масштабе плана ее длину до следующего угла поворота и получают точку Б;

- для построения линии ВГ, являющейся поперечным профилем долины, транспортер прикладывают к линии меридиана таким образом, чтобы центр транспорта и отсчет величины румба профиля лежали на линии меридиана.

В примере, как это показано на рисунке 8.5, румб линии ВГ равен СВ: $38^{\circ}30'$. К нижней грани транспорта прикладывают гипотенузу треугольника, а к его катету–длинную линейку. Отставив транспортер, треугольник перемещают по линейке до тех пор, пока гипотенуза не коснется точки В–пересечения магистрали и профиля. Расстояние АВ предварительно откладывают в масштабе от точки А.

Через точку В по гипотенузе треугольника прочерчивают линию, соответствующую направлению поперечного профиля, на которой от точки В откладывают в масштабе расстояние от магистрали до конца профиля и получают точку Г. Действуя таким образом, наносят на план все необходимые линии.

На линиях откладывают в масштабе плана все расстояния до пикетов и

плюсовых точек. Выписывают отметки высот всех нанесенных точек, румбы направлений магистрали и поперечных профилей, а также их длины, а по отметкам проводят горизонтالي.

Детали рельефа русла, представляющие интерес, но слабо или совсем не выражающиеся горизонталями (каменистые гряды, отдельные камни, ямы и т. п.), показывают на плане условными обозначениями.

8.3 Оформление плана участка

8.3.1 Оформление плана топографической съемки участка гидрологического поста производят в соответствии с правовыми актами Комитета по земельным ресурсам Республики Беларусь для соответствующих масштабов планов.

8.3.2 На окончательно оформленном плане топографической съемки должны быть показаны:

- дата привязки съемки к реперу государственной сети, местоположение и номер репера, его отметка, длина связующего хода;
- реперы с отметками высот, магистраль и поперечные профили;
- линии урезов воды по мгновенному заниженному уровню и границы разлива при самом высоком (историческом) уровне воды с выписанными отметками высот;
- рельеф русла, поймы и берегов, изображенный горизонталями и отметками высот характерных точек земной поверхности. Сечение горизонталей принимают через 0,25; 0,5 или 1,0 м в зависимости от сложности рельефа и выбранного масштаба. Оно может быть различным для подводной части русла и берегов;
- ситуация (болото, луг, пашня, кустарник, лес и пр.), а также дороги, мосты, переправы, пристани, сооружения, населенные пункты и т. п.;
- расположение створов уровенных постов, гидрометрических створов, самописцев уровня, мостиков, переправ и т. д.;
- название реки, проток, островов, урочищ, сооружений, населенных пунктов, телефонные линии и электропередачи и др. У дорог подписывают названия населенных пунктов, которые соединяют эти дороги, а стрелками указывают направления;
- нестандартные условные обозначения, принятые на плане;
- заглавная надпись – Департамент по гидрометеорологии, сетевое гидрологическое подразделение, название гидрологического поста; дата съемки, а также фамилии исполнителей и начальника подразделения.

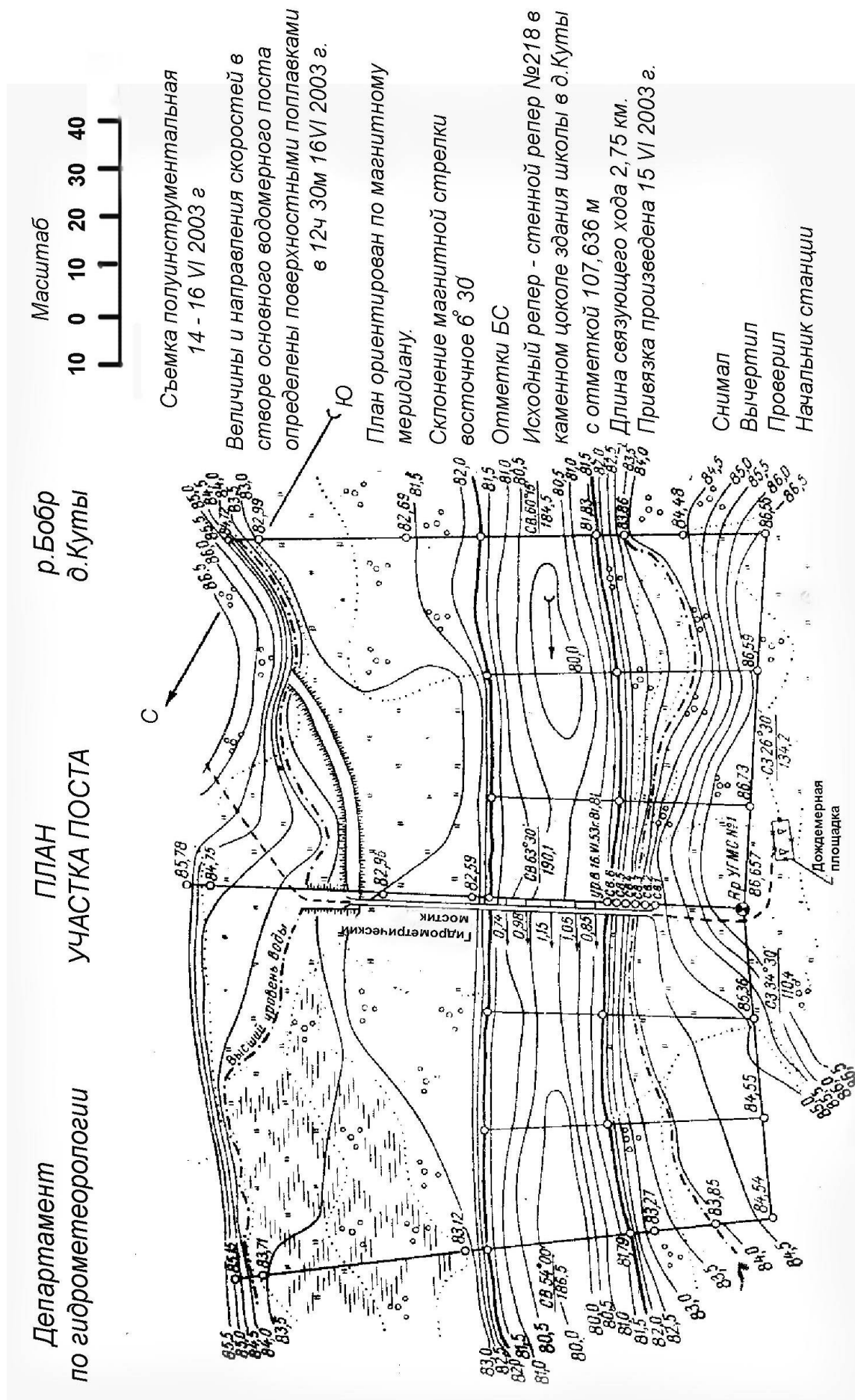
8.3.3 Одновременно с оформлением плана топографической съемки на миллиметровой бумаге составляют и прикладывают к плану поперечные профили по середине и концам участка, выполненные на основании нивелирования берегов и промера русла. На поперечных профилях должны быть нанесены рабочий уровень и высший исторический уровень, их отметки. Под профилем должны быть выписаны расстояния от постоянного начала, отметки глубины (от рабочего уровня), грунты и угодья.

Кроме того, на полях плана в форме таблички выписывают координаты вершин углов планового обоснования (теодолитного хода, триангуляции)

План инструментальной съемки оформляют как показано на рисунке 8.6 и в приложение В.

8.3.4 Повторную топографическую съемку участка гидрологического поста производят при значительных переформированиях берегов и долины реки, но не реже, чем через 10–15 лет в зависимости от динамичности данного района.

Во всех случаях при определении сроков повторных съемок профилей по гидрометрическому створу необходимо, чтобы профиль был достаточно точный и современный на данный момент времени.



8.4 Высотная привязка реперов гидрологических постов к государственной сети

8.4.1 Основные и контрольные реперы гидрологических постов должны быть привязаны к реперам государственной нивелирной сети в соответствии с [9]. Для привязки реперов гидрологических постов выбирают ближайшие к посту реперы государственной нивелирной сети, имеющие отметки высот в Балтийской системе и вошедшие в каталог нивелировок I, II, III, IV класса.

8.4.2 Наличие и местоположение таких реперов устанавливают заблаговременно путем запроса в территориальную инспекцию государственного геодезического надзора. Привязка основных и контрольных реперов выполняют специалисты сетевого гидрологического подразделения или Комитета по имуществу. В приложении Б приведен пример закрепления геодезических пунктов.

8.4.3 При длине хода до 50 км привязку производят нивелированием IV класса в одном направлении, а свыше 50 км—нивелированием III класса в прямом и обратном направлениях. Привязку основного репера следует производить по двум реперам государственной сети нивелирным ходом от одного репера к другому через основной репер гидрологического поста. В исключительных случаях допустима привязка к одному реперу государственной сети замкнутым ходом (при нивелировании IV класса). Прокладывать «висячие» нивелирные ходы во всех случаях не разрешается.

8.5 Нивелирование постовых (уровнемерных) устройств

8.5.1 Нивелирование уровнемерных устройств производят применительно к требованиям нивелирования IV класса. Оно имеет целью определить высотное положение всех постовых устройств (рейки, сваи и др.) относительно реперов. Нивелирование уровнемерных устройств ведут замкнутым ходом в одном направлении от основного репера через контрольный к уровнемерным (водомерным) устройствам и от них к основному реперу. Обычное контрольное нивелирование уровнемерных устройств гидрологического поста производят от контрольного репера к устройствам и от них к контрольному реперу.

8.5.2 Контрольный репер периодически (один раз в 2 года) проверяют от основных реперов. При этом в случае свайного поста необходимо иметь в виду, что изменение отметок высот свай на одну и ту же близкую величину указывает на изменение высотного положения контрольного репера, а следовательно, на необходимость его проверки от основного репера. Если в результате проверки будет установлено, что отметка контрольного репера изменилась на величину, не превышающую допустимой невязки, то она не меняется. В противном случае отметку репера принимают в соответствии с произведенной новой нивелировкой. Допустимая невязка (в миллиметрах) определяется по формуле:

$$\Delta h = \pm 3\sqrt{n}, \quad (8.12)$$

где n – число станций в ходе.

8.5.3 При нивелировании уровнемерных устройств поста нивелир во всех случаях устанавливают в створе поста или в стороне от него на равных расстояниях от связующих точек. Расстояния от связующих точек должны быть не менее 5 м и не более 40 м. Если связующая точка не является репером или сваем поста, рейка ставится на прочно забитый вровень с землей кол, костыль, на специальный нивелировочный башмак, или устойчиво лежащий валун. Ставить рейку в связующей точке прямо на землю или подкладывать под нее камень категорически

запрещается. При нивелировании поста свайного типа должны быть охвачены все сваи, за исключением свай, находящихся глубоко под водой (более 1 м), если нивелирование производят при высоких уровнях воды.

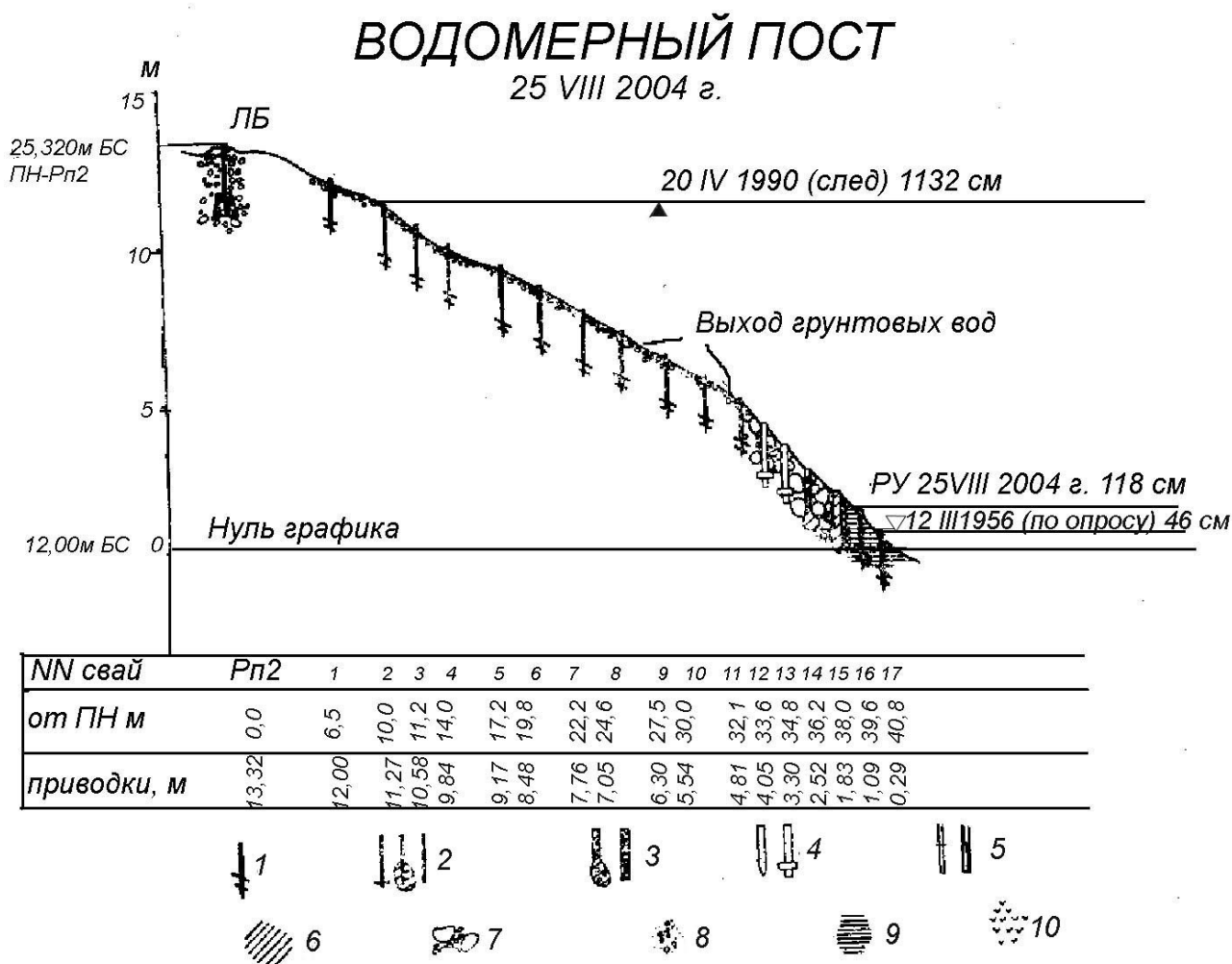
8.5.4 При нивелировании уровнемерного устройства реечного типа определяют отметки для всех имеющихся реек. Нивелирную рейку при этом ставят на верхний обрез водомерной рейки или на гвоздь, забиваемый в рейку на границе целых дециметровых делений. Если представляется возможным, отсчет при нивелировании делают непосредственно по водомерной рейке.

8.5.5 При нивелировании самописца уровня определяют отметки свай или нулей реек, по которым производят контрольные отсчеты уровня воды, и отметку площадки столика самописца для контроля его устойчивости.

8.5.6 При нивелировании уровнемера передаточного мостового типа, имеющего горизонтальную водомерную рейку, определяют отметку уреза воды (превышение уровня над нулем поста) при одновременном отсчете по горизонтальной рейке в момент, когда груз касается уровня воды. По этим данным вычисляют приводку нуля горизонтальной рейки к нулю поста.

8.5.7 При нивелировании постовых уровнемерных устройств любого типа одновременно нивелируют уровень воды в створе поста по колу, забитому вровень с поверхностью воды. Одновременно с забивкой кола отсчитывают уровень воды на посту обычным для данного типа поста способом и отмечают время, когда это сделано.

8.5.8 Отметки высот постовых устройств – нулей водомерных реек, головок свай и др и их приводки к нулю поста, полученные в результате обработки журнала нивелирования, переписывают в техническое дело (ТД) поста с точностью до 1 мм и в полевую книжку уровнемерных (водомерных) наблюдений (приводка с округлением до 1 см). Результаты нивелирования постовых уровнемерных устройств оформляют в виде профиля, как показано на рисунке 8.7, который прилагается к ТД гидрологического поста.



1 – металлическая винтовая свая; 2 – металлические сваи из рельс, труб и т. п. с крестовиной бетонным якорем и без них; 3 – бетонная и железобетонная сваи; 4 – деревянные сваи; 5 – металлическая (а) и деревянная (б) водомерные рейки; 6 – скальный грунт; 7 – камни, валуны галька; 8 – мелкая галька, гравий, песок; 9 – суглинок, глина; 10 – мелкий песок (плавун), ил, торф.

Рисунок 8.7 – Профиль свайного водомерного поста

После переустановки устройства, капитального ремонта или переоборудования профиль оформляют заново по результатам нового нивелирования. Результаты последующих контрольных нивелировок выписывают в строчки под имеющимся профилем с указанием даты. На профиле должны быть показаны:

- контрольный репер;
- все уровнемерные устройства;
- рабочий уровень воды (горизонтальной чертой с отметкой и датой);
- положение нуля поста (горизонтальной чертой с отметкой);
- высший и низший исторические уровни воды (горизонтальной чертой с отметкой и датой).

Под профилем должны быть выписаны:

- номера постовых реперов, реек и свай;
- расстояния от постоянного начала до свай, реек и реперов с точностью до 0,1м;
- приводки, т. е. высоты репера, головок свай и нулей реек над нулем поста с точностью до 1 см.

Контрольное нивелирование постовых уровнемерных устройств производят в сроки, устанавливаемые в зависимости от способа и надежности установки этих

устройств и в зависимости от характера местных условий, оцениваемых на основании анализа результатов всех ранее произведенных нивелировок.

В качестве ориентировочных сроков производства контрольных нивелировок, уточняемых в каждом отдельном случае в зависимости от местных условий, могут быть рекомендованы следующие:

- если анализ нивелировок за прошлые годы указывает на устойчивость свай, один раз в год перед наступлением половодья или периода паводков;
- если анализ нивелировок за прошлые годы показывает существенное изменение отметок высот, происходящее по тем или иным причинам – два – три раза в год в зависимости от обнаруженной периодичности изменений отметок высот и величины этих изменений.

Кроме того, контрольное нивелирование постовых уровнемерных устройств производят сразу же после получения от наблюдателей извещения о неисправности или повреждении устройств, а также после обнаружения значительных невязок, вызванных изменением высотного положения нулей наблюдения.

8.5.9 Нивелирование вновь оборудованных или капитально отремонтированных постовых устройств от основного через контрольный репер производят применительно к требованиям нивелирования IV класса в два хода.

Нивелирование от контрольного репера может быть выполнено следующими приемами:

- первый прием. Нивелировщик от контрольного репера спускается к реке и, закончив первый ход на нижней свае или рейке поста, возвращается с инструментом обратно к контрольному реперу и производит второй ход в том же направлении. Этот прием упрощает обработку данных нивелировки;

- второй прием. Двойной ход от контрольного репера до постовых устройств (нижних свай свайного поста, реек и т. п.) осуществляют ходом «вперед» и ходом «обратно», т. е. нивелировщик одним ходом спускается от контрольного репера к реке, а вторым поднимается от реки к контрольному реперу.

Этот прием требует меньшей затраты времени, особенно при крутых, скальных берегах, но вызывает некоторое усложнение обработки результатов нивелирования.

При обоих приемах находят невязку между двумя ходами и устанавливают, выходит ли она за допустимые пределы как для всего хода в целом, так и для отдельных его участков. При первом приеме невязку находят как разность между отметками, полученными по тому и другому ходу последней точку, на которую сделан взгляд «вперед».

При втором приеме, т.е. при ходах «вперед» и «обратно», невязку находят как разность между принятой отметкой контрольного репера и отметкой этого же репера, полученной при окончании нивелирования в результате последовательного суммирования превышений по всем станциям прямого и обратного ходов. В случае недопустимой невязки как при первом, так и при втором приемах нивелирование повторяют. При полученной допустимой невязке в случае первого приема нивелирования окончательные отметки свай получают как средние арифметические из значений, полученных по первому и второму ходам. Пример вычисления отметок для свайного поста приведен в таблице 8.7.

Вычисление окончательных отметок свай при нивелировании по второму способу целесообразно, не исключая и других возможных приемов, производить по следующей схеме:

- вычисляют последовательно по превышениям отметки всех свай, являющихся как связующими, так и промежуточными точками для обоих ходов. При этом отметка последней связующей точки хода «вперед», какой является ближняя к урезу свая на обсохшем береговом откосе, будет иметь одинаковую в обоих ходах отметку, так как для хода «обратно» она служит исходной отметкой. Отметки всех остальных свай и

самого контрольного репера в ходе «обратно» за счет невязки могут отличаться от отметок, полученных по ходу «вперед». Разница в отметке контрольного репера и явится невязкой всего хода;

Таблица 8.7

№ сваи	Отметки			Примечание
	по I ходу	по II ходу	принятые	
Контрольный репер				
1	104,377	104,377	104,377	
2	102,861	102,863	102,862	
3	102,058	102,060	102,059	Связующая
4	101,493	101,496	101,494	
5	100,864	100,866	100,865	
6	100,153	100,155	100,154	
7	99,438	99,441	99,440	Связующая
8	98,752	98,755	98,754	
9	98,110	98,114	98,112	
10	97,436	97,440	97,438	Связующая
11	96,775	96,779	96,777	
12	96,213	96,218	96,216	
13	95,579	95,583	95,581	Связующая
	94,897	94,902	94,900	Свая в воде

– устанавливают, выходит ли эта невязка за допустимые пределы, вычисляемые по приведенной выше формуле 8.12;

– в случае допустимой невязки отметка контрольного репера и все отметки свай, включая и ближайшую к берегу сваю, полученные по ходу «обратно», исправляют на величину этой невязки. Если отметка контрольного репера по ходу «обратно» получилась больше принятой его отметки, то все отметки соответственно уменьшают, в противном случае их увеличивают на одну и ту же величину полученной невязки;

– за окончательные отметки принимают среднее арифметическое из отметок хода «вперед» и исправленных отметок хода «обратно».

Пример вычисления отметок для этого случая приведен в таблице 8.8.

Таблица 8.8

№ сваи	Отметки				Примечание
	по ходу «вперед»	по ходу «обратно»	исправление по ходу «обратно»	принятые	
Контрольный репер	104,377	04,385	104,377	104,377	
1	102,863	102,869	102,861	102,862	
2	102,060	102,065	102,057	102,058	Связующая
3	101,496	101,501	101,493	101,494	
4	100,866	100,872	100,864	100,865	
5	100,155	100,160	100,152	100,154	
6	99,441	99,446	99,438	99,440	Связующая
7	98,755	98,759	98,751	98,753	
8	98,114	98,114	98,106	98,110	
9	97,440	97,442	97,434	97,437	Связующая
10	96,779	96,780	96,772	96,776	
11	96,218	96,219	96,211	96,214	
12	95,583	95,583	95,575	95,579	Связующая
13	94,902	94,903	94,895	94,898	Свая в воде

8.5.10 Контрольное нивелирование водомерного поста допустимо производить в один ход, если общее количество станций не превышает 3–5, с обязательным

изменением на каждой станции горизонта инструмента или с отсчетом по двум сторонам рейки. Установка рейки на головках свай, являющихся промежуточными точками при нивелировании свайного поста, и отсчет по рейке производят при каждом из двух горизонтов инструмента. Окончательные превышения и отметки свай вычисляют как средние арифметические из превышений, полученных при каждом из двух горизонтов инструмента.

8.6 Нивелирование IV класса

8.6.1 Работы по нивелированию IV класса начинают с ознакомления с той местностью, по которой должен быть проложен нивелирный ход. Намечают наиболее удобное и выгодное направление линии нивелирования, по возможности минуя косогоры, крутые подъемы, места с рыхлым грунтом, болота, кустарники и другие неудобные места, а также посевы.

8.6.2 Для выполнения нивелирования IV класса применяют современные нивелиры (НВ-1, НЗ, НГ). Рейки применяют трехметровые шашечные с установочным уровнем.

Перед началом полевых работ нивелиры исследуют и поверяют согласно технических требований паспорта.

8.6.3 Нивелирование IV класса выполняют, как правило, в одном направлении между двумя исходными реперами или, в исключительных случаях, замкнутым ходом от одного репера. Нивелирование IV класса производят из середины. Нормальная длина луча визирования 100 м. Если нивелирование выполняют инструментом, у которого труба имеет увеличение не менее 30 °, то при отсутствии колебаний изображений допустимо увеличивать длину луча до 150 м. Расстояние от нивелира до реек можно измерить шагами. Неравенство расстояний от нивелира до реек на станции допускают до 5 м, а накопление их по ходу – до 10 м. Высота луча над подстилающей поверхностью должна быть не менее 0,2 м.

Во время наблюдений нивелир защищают от солнечных лучей при помощи зонта.

Рейки устанавливают отвесно по уровню на костыли, башмаки или деревянные колья (длиной не менее 30 см, толщиной 5 см). На участках с рыхлым и заболоченным грунтом колья делают длиннее.

8.6.4 При перерывах нивелирование заканчивают на трех костылях (кольях), забитых в дно ям глубиной 0,3 м. Нивелирование на обеих станциях выполняют по обычной программе, после чего костыли покрывают травой и засыпают землей.

После перерыва выполняют нивелирование на последней станции, а при необходимости – и на предпоследней. Из сравнения результатов нивелирования до и после перерыва устанавливают, какой костыль сохранил свое первоначальное положение, и от него продолжают нивелирование дальше. Костыли считаются сохранившими свое первоначальное положение, если полученные до и после перерыва значения превышения на станции различаются не более чем на 5 мм. В обработку принимают наблюдения, выполненные до и после перерыва. При больших расхождениях нивелирование по секции выполняют заново от постоянного знака.

8.6.5 Наблюдения на станции выполняют в такой последовательности:

- устанавливают нивелир в рабочее положение с помощью установочного или цилиндрического уровня;

- наводят трубу на черную сторону задней рейки (у нивелиров с цилиндрическим уровнем приводят пузырек уровня на середину) и делают отсчеты по верхней и средней нитям;

- наводят на черную сторону передней рейки и делают отсчеты по верхней и средней нитям;

- поворачивают переднюю рейку красной стороной и делают отсчет по средней нити;
- наводят трубу на красную сторону задней рейки и делают отсчеты по средней нити.

Результаты наблюдений на станции записывают в журнал установленной формы, как показано в таблице 8.9.

Числами в скобках указана последовательность заполнения журнала. Вычисление дальномерных расстояний (7) и (8), накопление неравенства расстояний от нивелира до реек (9), разности нулей реек, пяток (10) и (11), превышений по черным сторонам (12), по красным (13), по разностям пяток (15) производят обязательно на станции, пока не сдвинут нивелир и рейки. Переход на следующую станцию осуществляют после вычисления перечисленных величин.

8.6.6 Расхождения значений превышений на станции, определенных по черным и красным сторонам реек, допускают до 5 мм с учетом разности высот нулей пары реек. При большем расхождении наблюдения на станции повторяют, предварительно изменив положение нивелира по высоте на 3–5 см. Если неравенство расстояний от нивелира до реек (7)–(8) более 5 м или накопление неравенств расстояний от нивелира до рейки (9) больше 10 м, то наблюдения на станции повторяют, предварительно изменив плечи от нивелира до реек. В этих случаях всю запись наблюдений зачеркивают, на полях журнала пишут, почему станция переделана и ниже записывают повторные наблюдения.

Журнал заполняют простым карандашом или шариковой ручкой. Карандаши по твердости подбирают в зависимости от состояния атмосферы. Слишком твердый карандаш будет царапать и резать бумагу, а мягкий размазываться. Записи в журнале должны быть сделаны четко и ясно. Стирать и подчищать отсчеты нельзя. Неверно записанный отсчет зачеркивают и строчкой ниже записывают правильный или зачеркивают и переделывают всю станцию. Ошибочные записи в вычислениях аккуратно зачеркивают и сверху записывают правильные.

Далее заполняют графу «Среднее превышение» и на каждой странице делают постраничный контроль: подсчитывают длину хода L , суммы отсчетов по средней нити по черной и красной сторонам каждой рейки $\sum z$ и $\sum n$, сумму $\sum 2h$, $(12)+(13)+(15)=(18)$, $\sum h$ и $\sum h_{рс}$, затем вычисляют разность $\sum z - \sum n$ (20). Контроль заключается в том, что эта разность должна равняться $\sum 2h$ (18), а $\sum h$ (21) должна быть равна $\sum h_{рс}$ (19).

После того как сделан постраничный контроль, аналогично ему выполняют контроль по ходу, только для всего хода вычисляют длину, суммы отсчетов по задней и передней рейкам, двойное превышение, превышение и среднее превышение по ходу.

В измеренное среднее превышение вводят поправку за среднюю длину метра реек, в результате чего получают исправленное превышение.

Затем по линии между исходными пунктами или по замкнутому ходу от одного пункта подсчитывают невязку, которая не должна превышать $\pm 20 \text{ мм} \sqrt{L}$,

где L – число километров в ходе. Если невязка допустимая, составляют ведомость превышений и высот пунктов нивелирования IV класса (таблица 8.10).

Невязку разбрасывают в превышения проницированных пунктов в виде поправок со знаком, обратным невязке, а по величине прямо пропорциональных числу километров в секции. По исправленным превышениям от исходных пунктов вычисляют высоты проницированных пунктов.

Таблица 8.9 – Образец записи в журнале нивелирования IV класса

Ход. От грунт, реп. 606 до грунт, реп. 186

Начало: 7 ч. 10 мин. Конец: 10 ч. 50 мин.

Дата: 2 июля 1975 г.

Погода: Ясно, слабый ветер.

Изображение: Спокойное

№ станций № реек	Дальномерны е расстояния до задней и передней реек	Отсчеты по рейке		Превышение, мм	Среднее превышени е, мм
		задняя	передняя		
1 грунт, реп. 606 1–2	375 (7) 372 (8)	1185 (1) 1560 (2) 6247(6) 4587 (10)	1058 (3) 450 (4) 6217 (5) 4757(11)	+ 130 (12) +30 (13) + 100 (15)	+ 130 (14)
2 2–1	250263 0/2	1005 1255 6041 4786	1209 1472 6159 4687	–217 –118 –99	–218
Постраничный	L = (7) + (8) 1260 (22)	$\sum z = (2) + (6)$ $\sum z = 15\ 103\ (16)$ $\sum z - \sum n = -175(20)$	$\sum n = (4) + (5)$ $\sum n = 15\ 278\ (17)$	$\sum 2h$ –174 (18) –87 (21)	$\sum h_{cp}$ –88 (19)
Контроль по ходу:	290 110 % (22)	414 508 $\sum (16)$ <u>–402 754 $\sum (17)$</u> + 11724(23)	402784 $\sum (17)$	+ 11724 $\sum$ (18) + 5862 (24)	+5562 2(19)

L = 5,5 км (25)

n = 32 шт. (26)

Измеренное превышение

Поправка за среднюю длину метра реек $\delta h = +3$ мм (28)

Исправленное превышение

 $h' = +5862$ мм (27) $h = +5865$ мм (28) $h = +5565$ (29)

8.6.7 Нивелирование IV класса через водное препятствие шириной 200–400 м можно выполнить по урезу воды. На реке выбирают прямолинейный участок со спокойным течением. Вблизи уреза воды на обоих берегах выкапывают отводные каналы с ковшом. По сигналу в ковшах забивают по одному колу, чтобы срезы кольев оказались одновременно на уровне воды. Работу выполняют в тихую погоду. Колья в каналах тотчас же связывают нивелированием по ходу с реперами на берегах. Превышения между реперами на берегах равны сумме превышений по ходу. Нивелирование по урезу воды производят дважды. Расхождения между двумя значениями не должны превышать 20 мм.

8.6.8 Нивелирование через препятствия значительной ширины (более 400 м) ,как правило, выполняют специализированные организации.

В исключительных случаях нивелирование через значительные водные препятствия производят зимой по льду с соблюдением следующих условий:

- нивелирование выполняют по наиболее короткому пути;
- на обоих берегах реки заблаговременно закладывают по два постоянных репера;
- перед началом нивелирования по льду трассу очищают от снега;
- расстояния от нивелира до реек должны быть те же, что и при обычном нивелировании; в местах для постановки реек пробивают во льду отверстия, в которые вмораживают деревянные кольца длиной 20–30 см и диаметром 8–10 см с вбитыми в их торцы гвоздями со сферической шляпкой; в местах постановки

нивелира для каждой ножки штатива вмораживают кольца длиной 10–15 см и толщиной 8–10 см;

– порядок наблюдений и допуски на станциях такие же, как при обычном нивелировании.

Нивелирование по льду выполняют дважды в прямом и дважды в обратном направлениях. Расхождения между средними значениями превышения из двух прямых и двух обратных ходов допускается не более $\pm 20 \text{ мм} \sqrt{L}$ (L – длина хода) при нивелировании IV класса. Нивелирование по льду производят в возможно кратчайший срок в периоды наименьших суточных колебаний льда.

8.6.9 Во всех случаях при нивелировании через водные препятствия значительной ширины следует выбирать наиболее узкие места с однообразными в топографическом отношении берегами, с наличием островов и отмелей, на которых возможна установка инструмента. Высота луча визирования над водой должна быть не менее 3 м.

Таблица 8.10 – Ведомость превышений и высот пунктов нивелирования IV класса

№ секций	Тип и номер нивелирного знака, тип центра	Описание местоположения нивелирного знака	Расстояние между смежными знаками	Расстояние от начального пункта, км	Число штативов	Измеренное превышение, м	Высота над уровнем моря, м
Ход: От грунт. реп. 606 до грунт. реп. 186 Исполнитель: И.И. Иванов							
1	Грунт.реп 606, тип 118	Березовка, с, в 5,5 км к вост. от него, в 2,2 км к зап. от с. Матвеевка, к сев. от дороги	6,2	0,0	31	+16 +2,678	251,768 254,462
2	Грунт.реп 110, тип 118	Семеновское, с, в 3,5 км к сев.–вост. от него, в 1,5 км выше устья р. Быстрая, в 100 м от правого берега р. Серебрянки	0,4	6,2	4	+1 +1,267	255,750
3	Грунт.реп 111,	Семеновское, с, в 3,5 км к сев.–вост. от него, на площадке гидрометподразделение	3,2	6,6	18	+9 –0,982	254,757
4	Грунт.реп 186, тип 121	Осиповка, с, в 2 км к зап. от него, к югу от дороги в с. Матвеевка		9,8			
Сумма			9,8		53	+2,963	
Разность высот исходных пунктов			$H_k - H_n = 2,989$				
Полученная невязка хода			$V_{\text{пол}} = -26 \text{ мм}$				
Допустимая невязка			$V_{\text{доп}} = \pm 20 \sqrt{9,8} = \pm 62 \text{ мм}$				
Поправка на 1 км хода			$V/L = +2,7 \text{ мм}$				
Вычислял: техник Петров							

9 Наблюдения за уровнем воды

9.1 Устройство гидрологического поста

9.1.1 Уровнем воды в водном объекте называют высоту водной поверхности над условной горизонтальной плоскостью сравнения. Эту плоскость, неизменную по высоте, принимают за нуль гидрологического поста.

Наблюдения за уровнями воды на гидрологических постах следует организовать таким образом, чтобы материалы наблюдений на одном посту были сравнимы за весь период его действия и давали возможность сопоставления результатов по ряду постов, расположенных на одном водном объекте согласно с [2], [3].

9.1.2 Уровни, измеряемые на гидрологическом посту, приводят к нулю поста, высотная отметка которого остается постоянной для всего периода действия поста.

Отметку нуля поста выбирают при устройстве поста с таким расчетом, чтобы плоскость нуля поста находилась не менее чем на 0,5 м ниже самого низкого уровня воды в водотоке, который можно ожидать в створе поста. На реках с неустойчивым руслом отметку нуля поста необходимо назначать с учетом возможной глубинной эрозии (размыва) русла. При малых глубинах русла отметка нуля поста может быть приурочена к самой низкой отметке дна реки в створе поста или несколько ниже ее. При наличии постов, расположенных на коротком участке реки, имеющей небольшое падение, целесообразно для всех постов назначать общий нуль поста.

В отдельных случаях все же может возникнуть необходимость изменения отметки нуля поста. Изменение высотного положения плоскости нуля поста производят в случаях:

- переноса поста на значительное расстояние, что равносильно открытию нового поста;
- неудачного первоначального назначения отметки нуля поста выше самого низкого уровня воды;
- резкого изменения уровня режима, например, при создании водохранилища.

Кроме того, может возникнуть необходимость изменить отметку нуля поста при фактической неизменности его высотного положения, т. е. неизменности превышения репера над нулем поста. Это бывает в тех случаях, когда изменяют отметки постовых реперов:

- при переходе от условной системы отметок к Балтийской;
- при пересчете отметок исходных реперов органами Комитета по имуществу Республики Беларусь.
- после повторной нивелировки постовых реперов, если при этом выявятся расхождения, превышающие допустимые невязки нивелирного хода.

9.1.3 Помимо нуля поста на постах имеется один или несколько (при наличии ряда рек или свай) нулей наблюдений.

Под понятием «нуль наблюдений» подразумевают ту высотную плоскость, от которой производят отсчет уровня воды в момент наблюдения. На речном посту – это плоскость нуля рейки, на свайном – головка сваи, по которой в этот момент ведут наблюдения, на мостовом передаточном – постоянная закрепленная точка и т. п.

Превышение нулей рек, головок свай или постоянно закрепленной точки над нулем поста называют приводкой этих нулей наблюдений.

9.1.4 Наблюдения на гидрологическом посту могут быть начаты только после того, как будут выполнены следующие работы:

- установлены постовые репера с приданием им отметок;
- назначена отметка нуля поста;
- нивелированием от репера поста установлены отметки нулей наблюдений;
- вычислены приводки всех нулей наблюдений над нулем поста, т. е. разности отметок всех нулей рек, головок свай, постоянно закрепленных точек на передаточных постах и отметки нуля поста.

9.1.5 По конструкции устройства для измерения уровня воды подразделяют на следующие типы: речные, свайные, речно-свайные, передаточные, автоматические дистанционные.

Выбор того или иного типа устройства для измерения уровня воды определяют по величине годовой амплитуды колебания уровня, особенностям строения берега реки, наличием мостов и гидротехнических сооружений и другими местными условиями, а также требованиями к точности результатов наблюдений.

9.1.6 Речные устройства для измерений уровня находят применение при достаточно крутых берегах или на стенках гидротехнических сооружений. Для

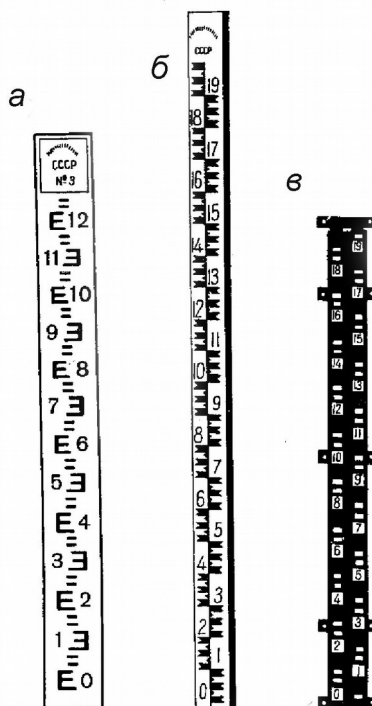
устройства постов этого типа необходимо, чтобы выбранные участки рек отвечали условиям, обеспечивающим сохранность рек от повреждений волнением, ледоходом, при сплаве леса и пр. Реечные посты целесообразно устанавливать на реках, каналах и озерах с небольшими (до 2–4 м) годовыми амплитудами колебания уровня. На реках с большими годовыми амплитудами колебания уровня воды реечные посты применяют лишь в том случае, если рейку можно прикрепить к мостовой опоре или гидротехническому сооружению.

Рейки бывают металлические, эмалированные, чугунные и деревянные. Образцы рек представлены на рисунке 9.1.

Рейки для измерения уровня воды устанавливают на существующих гидротехнических сооружениях (стенках набережных и шлюзов, устоях мостов, на плотинах и т. п.), на специально забиваемых сваях и кустах свай.

К вертикальной стенке каменного (бетонного) сооружения металлические рейки прикрепляют при помощи луженых болтов с гайками. Болты предварительно заделывают в стенках на цементе. Так как при изменениях температуры несколько изменяется длина рейки, то не следует пригонять болты слишком туго, до полного отказа заворачивают гайку лишь у нуля рейки. Если металлическую рейку крепят к деревянной стойке, то болты пропускают через стойку. Желательно рейки устанавливать в специально выбранных пазах заподлицо с поверхностью стенки.

Чтобы прикрепить рейку к наклонной каменной стенке в ней заделывают консоли. Для этого в стенке долбят отверстия глубиной 20–25 см. Затем консоли заделывают в отверстия на цементном растворе с таким расчетом, чтобы выступающие свободные концы консолей располагались на отвесной линии. Рейки крепят к консолям болтами.



а,б)–металлическая эмалированная; в)–чугунная

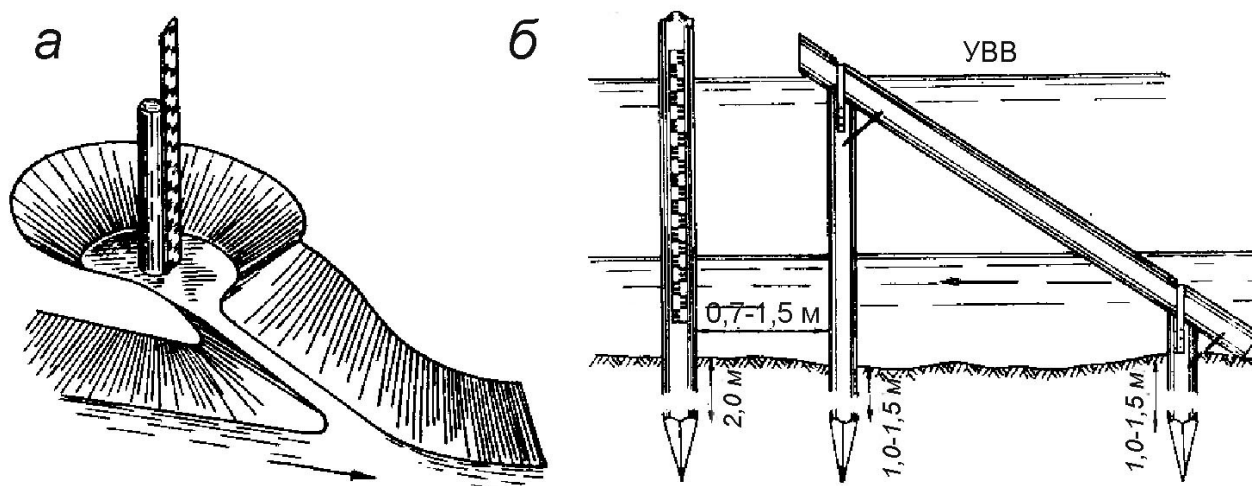
Рисунок 9.1 – Типы постовых рек

Деревянную рейку у каменной стенки устанавливают на болтах так же, как и металлическую.

При отсутствии гидротехнических сооружений, пригодных для крепления рейки, последнюю прикрепляют к сваям. Рейка может быть прикреплена болтами к двум сваям, соединенным металлическими хомутами, или к одной свае. Одна свая для

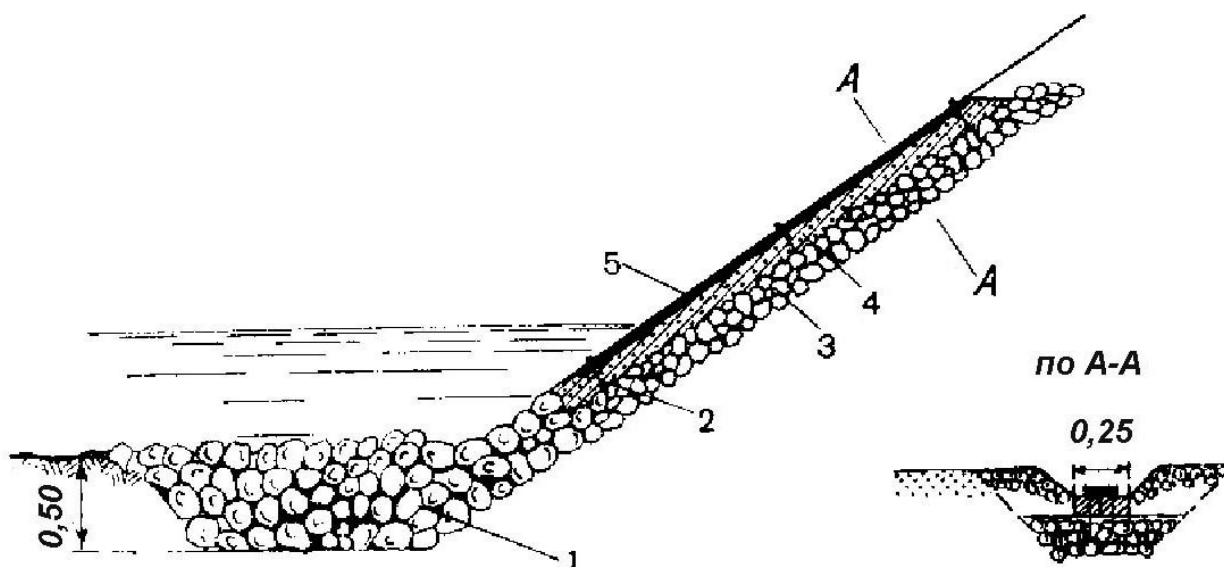
большей устойчивости может быть укреплена тремя – четырьмя растяжками из троса. При умеренной крутизне берегов и малой амплитуде колебания уровня рейку устанавливают в ковше – котловане, который свободно сообщается с рекой и служит успокоителем волн (рис. 9.2 а). Для предохранения рейки от повреждения ледоходом, бревнами и другими плывущими предметами она должна быть защищена специальным ограждением ледорезом, как . показано на рисунке 9.2 б.

Кроме вертикальных реек применяют и наклонные, устанавливаемые в местах, где имеется искусственное крепление береговых откосов. Эти рейки лучше защищены от ударов льдин и других плывущих предметов, а при больших скоростях течения они более удобны для производства отсчетов уровня, чем вертикально установленные рейки, где отсчет может искажаться влиянием подпора от набега воды на сваю с рейкой. Наклонные рейки размечаются специалистами подразделения. Схема установки наклонной рейки приведена на рисунке 9.3.



а – рейка в ковше, б – ограждение постоной рейки ледорезом

Рисунок 9.2 – Водомерное устройство речного типа



1 – упор из каменной наброски; 2 – болты; 3,4 – подготовка из щебня; 5 – рейка

Рисунок 9.3 – Схема установки наклонной рейки

Длина рейки должна превышать амплитуду колебания уровня примерно на 0,5–1 м с тем, чтобы оставался запас ниже низшего и выше высшего наблюдаемых уровней. При использовании нескольких реек желательно, чтобы нулевые деления смежных реек были смещены по высоте на целое число метров.

9.1.7 Свайные устройства для измерения уровня воды наиболее удобны для равнинных рек со значительной амплитудой колебания уровней.

Положение свай предварительно намечают на чертеже поперечного профиля берега и лишь после этого переносят на местность.

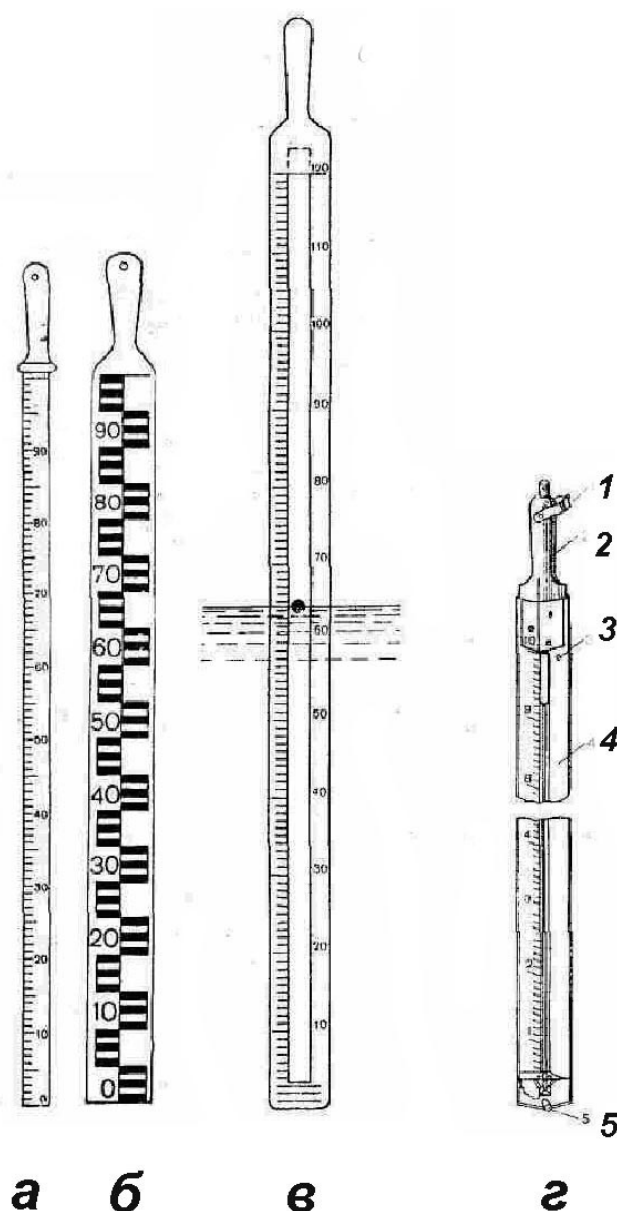
Сваи устанавливают в одном створе, перпендикулярном течению реки. Общее количество свай зависит от амплитуды колебаний уровня воды и угла наклона берегового откоса. Головка верхней сваи должна быть расположена на 0,25–0,5 м выше наивысшего наблюдаемого (рассчитанного) уровня воды в реке, а головка нижней сваи – на 0,25–0,5 м ниже самого низкого уровня. Разность отметок головок соседних свай должна составлять 0,4–0,8 м, а превышение головки сваи над поверхностью земли не более 0,10–0,15 м. Горизонтальное расстояние между сваями устанавливают с учетом особенностей берегового откоса и удобства подхода к сваям для производства наблюдений. Свайные посты оборудуют стандартными металлическими винтовыми сваями длиной 220 см и диаметром 8 см. Нижняя часть сваи (35 см) имеет винтовую нарезку, а верхняя (15 см) представляет собой головку диаметром 10 см. На головке сваи с двух противоположных сторон сделаны плоские срезы, служащие опорой для ключа, с помощью которого сваю заворачивают в грунт. Головку сваи окрашивают белой масляной краской, и на ней черной краской с двух сторон надписывают номер сваи (Приложение Б). Сваи поста нумеруют по порядку сверху вниз от ближайшей к реперу сваи, которая получает первый номер.

Временные сваи при отсутствии металлических можно изготовить из дерева прочных, не поддающихся гниению, пород. Для свай берут отрезки бревен диаметром 20–25 см. Длина назначается в зависимости от характера грунта и глубины его промерзания, но не менее 1,5 м. Нижний конец деревянной сваи (комлевой) затесывается на три или четыре грани.

При забивке свай в плотные грунты на заостренный конец надевают стальной башмак. Всю сваю обстругивают и для предохранения от гниения осмаливают или слегка обугливают. Во избежание раскалывания и размочаливания при забивке ее в грунт на верхний конец сваи надевают стальное кольцо–бугель. В торец деревянной сваи забивают железный костыль или большой гвоздь с круглой шляпкой.

Временные сваи могут быть также металлическими из отрезков труб или балок. Головки свай должны быть строго горизонтальны. Основное требование к установке свай–неизменность их высотного положения.

Для производства наблюдений за высотой уровня на водомерном устройстве свайного типа применяют переносную металлическую (ГР–104) или деревянную рейку, а также рейки с успокоителем (ГР–23). Рейку в момент наблюдений ставят вертикально на головку металлической сваи или шляпку костыля, забитого в деревянную сваю. Образцы реек приведены на рисунке 9.4.



а – металлическая рейка ГР-104; б – деревянная рейка; в – водомерная рейка с успокоителем; г – водомерная рейка с успокоителем ГР-23 (1–скоба для закрытия и открытия клапана; 2–ручка; 3–отверстие для выхода воздуха и слива воды после измерения уровня; 4–резервуар из плексигласовых пластин; 5–отверстие с ниппелем для поступления воды в резервуар)

Рисунок 9.4 – Переносные водомерные рейки

9.1.8 Способы установки свай могут быть различными. В зависимости от типа свай и грунта сваи завинчивают, забивают или закапывают. Металлические винтовые сваи завинчивают в грунт специальным ключом. Деревянные сваи в мягкие и торфяно-илистые грунты забивают ручной бабой (деревянной или металлической) массой 60–80 кг. Под воду сваи забивают с помощью подбабка, представляющего собой отрезок бревна, наращенный на сваю боковыми накладками. Верхняя часть подбабка находится над водой и принимает удары бабы; после забивки свай на требуемую глубину подбабок и накладку снимают.

Чтобы сваи не изменяли своего высотного положения при замерзании и оттаивании грунта, их следует завинчивать или забивать так, чтобы в мягкие грунты они углубились не менее чем на 0,5 м в непромерзающий слой, а в слабые торфяно-илистые грунты – не менее чем на 0,5 м в подстилающий плотный грунт.

При наличии плотных (щебень, валуны) и мелкозернистых грунтов (ил, глина, суглинки) сваи не забивают, а закапывают на глубину не менее 1,5 м. Для большей прочности деревянные сваи закапывают с крестовиной размером 0,5 х 0,5 м, а нижний конец металлических свай заделывают в бетонный монолит. Выкопанный котлован после установки сваи засыпают не естественным грунтом, а каким – либо крупнозернистым материалом (галька, щебень – из естественного камня или кирпичного гравия) с трамбовкой его по слоям; верхнюю часть котлована засыпают слоем естественного грунта и задерновывают. В случае насыщенного водой грунта, препятствующего проведению земляных работ, сваи следует устанавливать зимой, постепенно откапывая и промораживая котлован.

В каменистых грунтах сваи устанавливают на глубину не менее 1,0–1,5 м.

Возвышение головки вновь устанавливаемой сваи над поверхностью земли должно составлять не более 10–15 см. При такой высоте свай удары льдин или плавающих бревен не могут повредить сваю или изменить ее высотное положение. Требования к глубине установки свай, менее жесткие, чем к реперам и поэтому при сезонном промерзании и протаивании грунта (когда возможно изменение отметки сваи) необходимо 1–2 раза в год нивелированием проверять их высотное положение.

При наличии укрепленных берегов со ступенчатыми, капитально сооруженными спусками, вместо свай можно использовать сами ступени (каждая или через одну–две ступени) с закреплением на них мест для измерения уровня тем или иным способом (установкой марок, краской и т. п.).

При переустройстве поста производят новую порядковую нумерацию всех постовых свай.

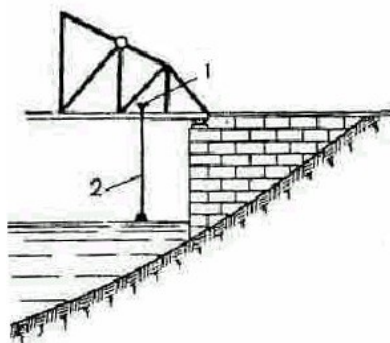
Сваям, устанавливаемым взамен пришедших в негодность или уничтоженных, присваивают номера заменяемых свай. Временным сваям или кольям, устанавливаемым наблюдателем поста, до замены их постоянными сваями присваивают номера ближайших вышерасположенных постоянных свай с добавлением обозначения «вр» (временная) или «к» (кол).

9.1.9 Водомерные устройства речного-свайного типа устраивают на участках рек с резкими переломами поперечного профиля. Этот тип состоит из рейки в обрывистой части берега и свай в пологой части, расположенных в одном створе.

9.1.10 Передаточные устройства могут быть мостовые, тросовые (канатные), с непрерывной регистрацией уровня при помощи самописцев уровня воды.

Передаточные мостовые и тросовые посты устраивают на участках рек с высокими крутыми берегами, где доступ к воде затруднен. Высоту уровня на таких постах измеряют от постоянно закрепленной точки, расположенной выше поверхности воды, например, на ферме моста.

Наиболее простым водомерным устройством передаточного типа является мостовое. Пример передаточного устройства приведен на рисунке 9.5.



1 – постоянная точка на ферме моста; 2 – шнур с грузом

Рисунок 9.5 – Схема передаточного поста (метка на мосту)

На мосту меткой закрепляют постоянную точку (нуль наблюдений) для отсчета уровня. Высотное положение этой точки определяют нивелированием от ближайшего репера. Наблюдения за колебаниями уровней состоят в измерении расстояния от точки наблюдения на мосту до поверхности воды. Измерения производят стальной рулеткой или размеченным тросом с грузом на нижнем конце. При небольших расстояниях измерения удобно делать размеченной рейкой.

9.1.11 Самым распространенным передаточным постом является устройство с непрерывной регистрацией уровня воды при помощи самописца уровня воды (СУВ).

В конструктивном отношении установки СУВ делят на два типа:

- островной, когда сооружение с самописцем устанавливают непосредственно в водотоке;

- береговой, наиболее распространенный, когда все сооружение устанавливают на берегу в колодце, сообщаемом с водотоком соединительным устройством.

При выборе типа и конструкции установки самописца необходимо учитывать гидрологический режим водотока, форму берегов и состав слагающих их грунтов, наличие гидротехнических сооружений, характер использования водного объекта в районе установки, экономические соображения. Пределы возможного колебания уровня воды определяют глубину заложения приемного колодца и соединительной трубы, а также общую высоту установки. Интенсивность колебаний уровня воды, скорости течения определяют размеры отверстий для пропуска воды из водотока в колодец. Характеристики режима вскрытия, замерзания, толщины льда, ледохода, шуги определяют размер и характер защитных сооружений и мероприятий по предохранению установки от разрушения и по обеспечению ее нормальной работы. Характеристики наносов и устойчивости русла определяют мероприятия, необходимые для предохранения установки от разрушения и заиления. Форма берегов и характер грунта, а также наличие постоянных гидротехнических сооружений и намечаемый срок действия установки определяют ее тип, а наличие судоходства – необходимые мероприятия по ограждению установки.

9.1.12 Различают СУВ суточного действия с ежедневной сменой лент наблюдателем и длительного – со сменой лент через 2, 4, 8, 16, 32 суток.

Прибором суточного действия является СУВ «Валдай», который устанавливается вблизи населенных пунктов, где установка может ежедневно посещаться наблюдателем.

Самописец «Валдай» [11] имеет четыре масштаба записи уровня (1:1, 1:2, 1:5, 1:10) и регистрирует амплитуду колебания уровня до 6 м. Точность регистрации уровня воды по техническим данным прибора не превышает при указанных масштабах записи соответственно $\pm 3, 5, 7, 10$ мм. Толщина штриха записи на ленте 0,3–0,4 мм. Для записи времени имеется два масштаба: 12 мм/ч при скорости вращения барабана 1 оборот за 26 ч и 24 мм/ч при скорости вращения барабана 1 оборот за 13 ч. При масштабе записи 12 мм/ч точность хода часов ± 5 мин за сутки или ± 1 мм на ленте, при масштабе записи времени 24 мм/ч точность ± 3 мин за половину суток или $\pm 1,2$ мм на ленте. Описание самописца приведено в паспорте на прибор.

9.1.13 Из самописцев длительного действия наиболее распространен самописец типа ГР–38 [12]. Он предназначен для непрерывной регистрации высоты уровня воды при продолжительности действия без смены ленты в течение 8, 16 и 32 суток. ГР–38 могут быть использованы на временно открываемых экспедиционных постах в летний период без наблюдателя, что дает возможность экспедиции расширить объем работ при том же составе исполнителей.

Он имеет три масштаба записи уровней воды (1:5, 1:10, 1:20) и соответственно регистрирует амплитуды колебания уровня в 1,5; 3,0 и 6,0 м. Точность регистрации уровня при масштабе записи 1:5 составляет 0,5 см, при масштабе 1:10–1 см, при

масштабе 1:20–2 см. Для записи времени имеется также три масштаба: 2; 1 и 0,5 мм/ч, что обеспечивает продолжительность наблюдений без смены лент соответственно в течение 8, 16 и 32 суток.

При установке самописца уровня ГР–38 функции внутреннего контрольного поста выполняет поплавковое устройство. Поплавковое устройство жестко связано с индексом, передвигающимся по шкале пропорционально изменению уровня. Индекс устанавливается на шкале по уровню, приведенному к нулю графика поста. При смене лент (через неделю, две недели, месяц) наблюдатель должен сличать показания индекса на шкале с показаниями внешнего контрольного поста. При обнаружении невязки следует принять меры для восстановления нормальной гидравлической связи колодца с водотоком в соответствии с ГОСТ 4.331.

Описание самописца ГР–38 приведено в паспорте на прибор.

9.1.14 Уровнемер поплавковый самопишущий унифицированный ГР–116 имеет пять масштабов записи уровня (1:1, 1:2, 1:5, 1:10, 1:20) и соответственно регистрирует амплитуду колебаний уровня в 1,0; 1,5; 1,5; 3,0; 6 м. Точность регистрации уровня при различных масштабах записи составляет соответственно $\pm 1,0$ см; 1,5 см; 2,0 см; 5,0 см; 10,0 см. Для записи времени имеется шесть временных диапазонов (16 ч., 32 ч., 4,8, 16 и 32 суток). Описание уровнемера поплавкового самопишущего унифицированного ГР–116 приведено в паспорте на прибор.

9.1.15 Автоматический уровнемер поплавковый цифровой (УПЦ) с регистратором РС–1 предназначен для измерения, индикации и передачи на регистратор текущего значения уровня воды в соответствии с ГОСТ 15150. Регистратор обеспечивает накопление полученных данных об уровне воды в электронной памяти непосредственно в пункте измерений и последующий ее перенос в центр обработки данных на компьютер. Диапазон измерения уровня воды составляет от 0 до 8 м. Описание уровнемера поплавкового цифрового УПЦ приведено в паспорте на прибор.

9.1.16 Установка СУВ состоит из следующих элементов:

- самописца уровня–прибора, измеряющего и регистрирующего изменения высоты уровня воды в реке;
- колодца (называемого поплавковым) для размещения поплавка (датчика) уровнемера и его защиты от внешних воздействий, которые могут нарушить работу самописца;
- соединительного устройства для обеспечения непрерывной связи уровня в реке с поплавком в колодце.
- измерительного павильона для размещения регистрирующей части уровнемера и ее защиты от внешних отрицательных воздействий;
- вспомогательных гидротехнических устройств, предназначенных для защиты установки от заиления, подмыва, разрушения льдом при ледоходе и предотвращения волновых возмущений уровня в поплавковом колодце.

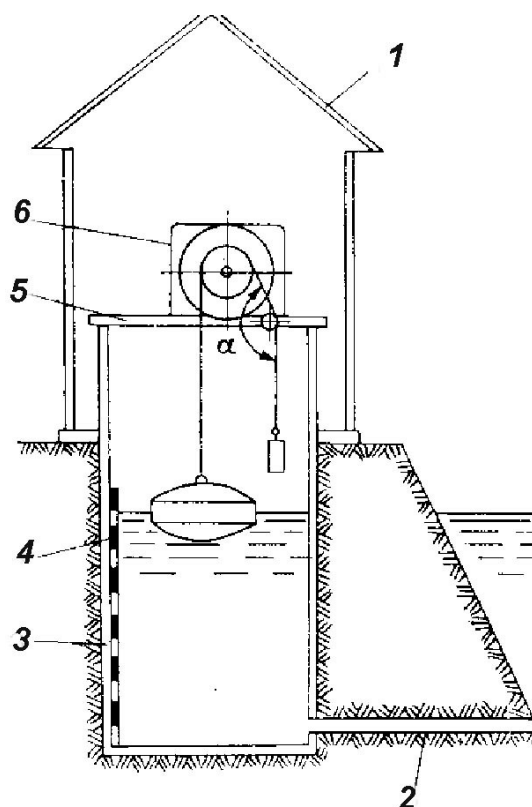
Установки СУВ могут быть с двумя или более колодцами. При этом один из них, самый дальний от реки, используют как поплавковый, а остальные, промежуточные, являются отстойниками наносов для предохранения первого от заиления. Наличие промежуточных колодцев способствует также смягчению отрицательного влияния волновых возмущений на работу СУВ.

9.1.17 Принцип работы самописца уровня состоит в следующем: поплавков, заключенный в специальном колодце, соединяемом посредством трубы или галереи с рекой, перемещается вместе с уровнем воды. Его перемещения передаточным механизмом передаются регистрирующему устройству, которое непрерывно записывает ход уровня во времени. Наиболее распространенной схемой передачи колебаний уровня (т. е., перемещения поплавка) является его связь посредством

троса, перекинутого через блок, с барабаном, насаженным на общую с блоком ось. При помощи такой схемы вертикальные перемещения поплавка преобразуются во вращательные движения барабана вокруг своей оси. На барабан накладывается бумажная лента и запись на ней осуществляется пером, приводимым в движение часовым механизмом; перо перемещается по горизонтали, вдоль образующей барабана. Возможна и другая схема, когда перемещения поплавка передаются непосредственно пишущему устройству (перу), а барабан приводится в движение вокруг вертикальной оси часовым механизмом.

Установку СУВ всегда оборудуют двумя контрольными рейками, одну из которых (внешнюю) располагают непосредственно в реке вблизи от места ввода в колодец соединительной трубы, другую (внутреннюю) – в поплавковом колодце. Их назначение – обеспечить проверку наличия одинаковой высоты уровня в реке и колодце. При установке СУВ с самописцем «Валдай» внутренний пост можно оборудовать крючковой рейкой, грузиком, подвешенным на размеченной токопроводящей жиле, с электроконтактом и др.

Схема установки самописца уровня воды берегового типа приведена на рисунке 9.6.



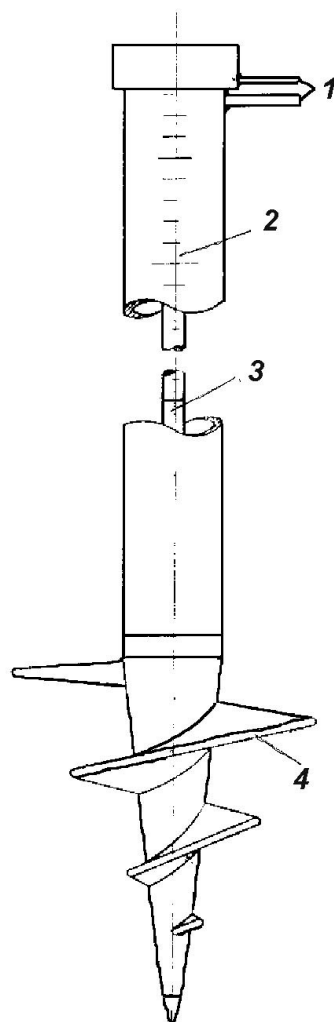
1 – измерительный павильон; 2 – труба; 3 – колодец; 4 – рейка; 5 – столик; 6 – самописец уровня

Рисунок 9.6 – Схема установки самописца уровня воды берегового типа

На реках, где реальна опасность нарушения работы установки СУВ в период высоких половодий и паводков вследствие заиливания колодцев, переформирований русла и других причин, дополнительно следует установить максимальные рейки в створе, а также в 200–500 м выше и ниже по течению от установки СУВ. Назначение максимальных реек – фиксация предельно высокого уровня воды и получение продольного уклона водной поверхности для последующего определения расхода расчетным путем.

9.1.18 Простейшая постоянная максимальная рейка представляет собой прочно забитую в дно реки открытую сверху стальную трубу, в нижней части которой просверлено не менее десяти отверстий диаметром 1 см для того, чтобы уровень

воды в трубе быстро следовал за изменением уровня воды в реке. Образцы максимальных реек приведены на рисунках 9.7–9.9.

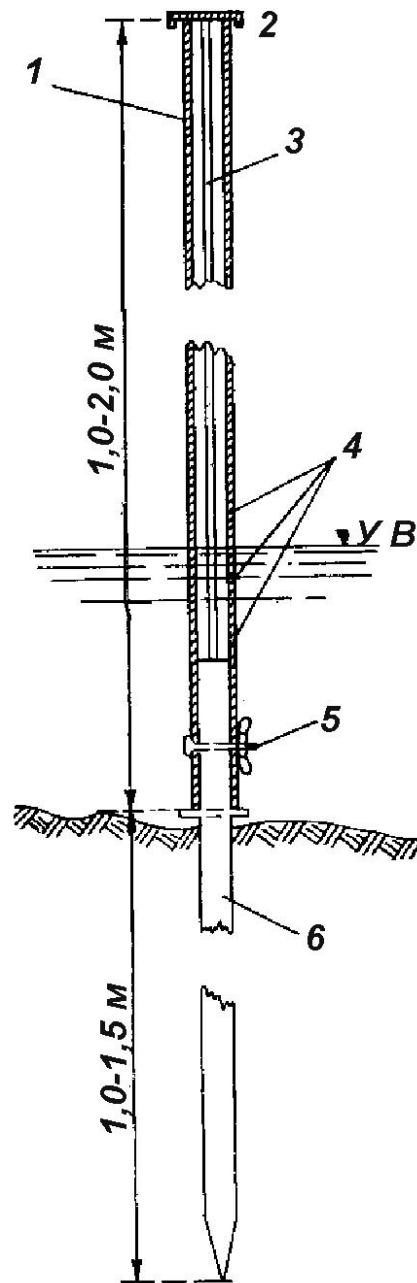


1 – проушины; 2 – рейка; 3 – шток; 4 – винт

Рисунок 9.7 – Рейка максимальная ГР–45

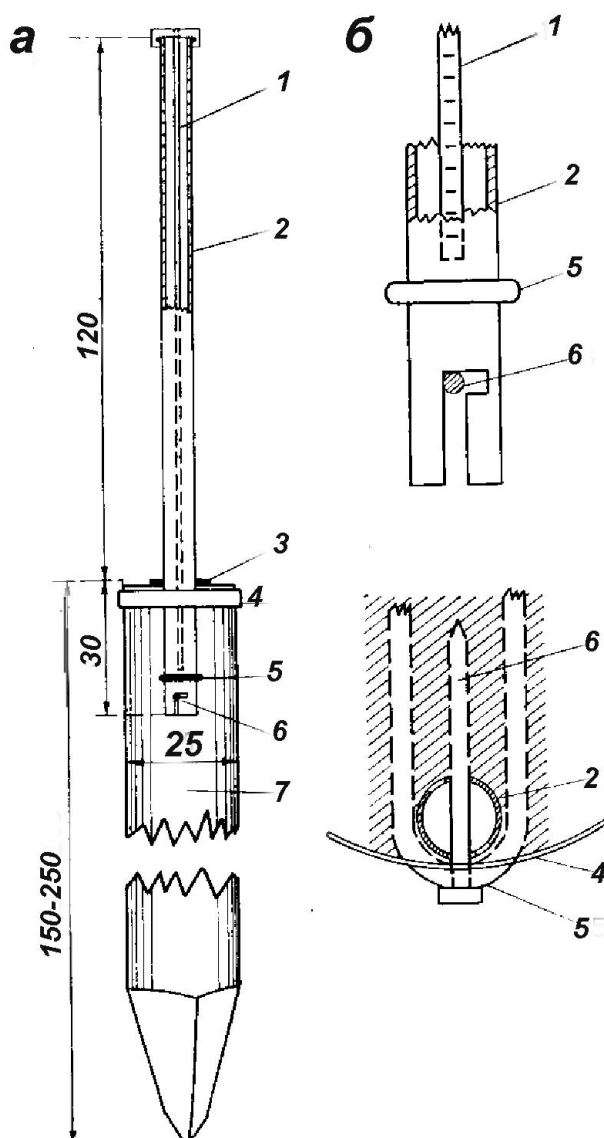
Показателем наивысшего уровня является стальной стержень определенной длины, опущенный в трубу и обычно покрытый легкосмываемым красителем (например, мелом). Вода, проникающая в трубу через отверстия, смывает краситель. Измеряя высоту смытого слоя, можно определить высоту наивысшего уровня воды между сроками наблюдений. После очередного отсчета максимальную рейку вновь готовят для фиксации наивысшего уровня в следующий срок наблюдений.

9.1.19 Более совершенную максимальную рейку состоящую из металлической трубы диаметром не менее 5,0 см, закрывающуюся сверху винтовой пробкой, укрепляют на круглой свае при помощи болта. Трубу устанавливают так, чтобы нулевые деления на ней и на стержне–указателе совпали с отметкой головки сваи. Трубу малого диаметра следует укреплять на железном стержне, забиваемом в дно реки. В нижней части трубы делают несколько отверстий для входа воды. Указателем уровня служит стальной прут диаметром 10–15 мм, покрытый легкосмываемым красителем (меловым, известковым). Высоту уровня определяют по границе смытого раствора мела по делениям на стержне. Максимальную рейку в металлической трубе можно одновременно использовать и для регистрации любых уровней воды.



1 – труба диаметром 6-10 см; 2 – деревянная или металлическая навинчивающаяся пробка; 3 – круглый металлический стержень – указатель максимального уровня диаметром 10-16 мм; 4 – отверстия в трубе диаметром 10 мм; 5 – болт для закрепления трубы; 6 – свая или стальной стержень

Рисунок 9.8 – Максимальная рейка в металлической трубе на стальном стержне



а – общий вид; б – деталь крепления рейки к свае: 1 – металлический стержень – указатель максимального уровня; 2 – труба диаметром 5 см; 3 – шляпка сваи; 4 – бугель; 5 – скоба диаметром 1 см; 6 – опорный болт; 7 – свая

Рисунок 9.9 – Максимальная рейка на свае

9.1.20 Поплавковая максимальная рейка представляет собой пустотелый поплавок, свободно перемещающийся по круглому вертикальному стержню вверх при подъеме уровня воды. Вниз ему не позволяет опускаться стопорное устройство, автоматически срабатывающее при понижении уровня воды. Поплавок остается на стержне на отметке максимального уровня воды, пока его принудительно не спустят вниз.

9.2 Уход за водомерными устройствами и оборудованием гидрологического поста

9.2.1 Для обеспечения непрерывных наблюдений на гидрологическом посту наблюдатель обязан следить за исправностью приборов, измерительных устройств и вспомогательного оборудования поста, за безопасностью и удобством производства работ при любых условиях погоды и состояния реки.

Наблюдатель должен:

- не допускать на участке поста (протяженностью, в соответствии с указанием специалистов подразделения) разработку карьеров, выгрузку леса и дров, свалку

мусора и снега, причаливания плотов и др., что может мешать нормальному производству наблюдений и разрушать берег. В случаях, когда наблюдатель самостоятельно не может прекратить нарушения нормальной и бесперебойной работы поста, он обязан немедленно заявить об этом местным органам власти и одновременно уведомить сетевое гидрологическое подразделение;

- восстанавливать размытый растительный и почвенный покров на береговых склонах и поврежденные места искусственного крепления берега;

- поддерживать общий порядок на территории поста (убирать мусор, систематически обновлять окраску постовых устройств);

- следить за безопасностью подходов к водомерным устройствам.[10] На крутых склонах должны быть устроены лесенки с перилами. Во время обильных снегопадов спуски необходимо заблаговременно, до срока наблюдений, расчищать от снега, а в гололедицу – посыпать песком. В полосе створа поста, в местах расположения свай или береговых реек, передаточных устройств и т. п. снег убирать не следует, так как это может вызвать увеличение глубины промерзания около них, что нежелательно.;

- весной, с наступлением снеготаяния, расчистить полосу берега шириной 5–10 м в створе поста от снега и подготовить водомерные устройства для производства наблюдений в половодье;

- при необходимости устроить для удобства работы береговые мостки с выносом в реку на 3–5 м (в зависимости от крутизны откоса берега), с которых производить измерения высоты уровня и температуры воды;

- оградить лунки во льду, прорубаемые для измерения уровня воды и толщины льда, во избежание несчастных случаев предупредительными знаками (вешками), а в крупных населенных пунктах – изгородью. Лунку, в которой ежедневно измеряют высоту уровня воды, необходимо для предохранения от быстрого промерзания прикрыть крышкой – щитком, соломенным тюфяком и т. п.;

- если постоянные рейки укреплены на сваях, лед вокруг свай следует окапать, чтобы он не мог их повредить. Рейки необходимо осторожно очистить ото льда, оберегая покраску от повреждения.;

- на свайном посту заблаговременно прорубить лунки над нижними сваями при спаде уровня с таким расчетом, чтобы лед при осадке не касался сваи и не мог ее повредить (вдавить); при подъеме уровня своевременно очистить верхние сваи ото льда во избежание их выдергивания;

- на постах, оборудованных самописцами уровня, сразу же удалить случайно попавшие в колодец плавающие предметы и следить, чтобы поверхность воды в колодце была всегда чистой. Соединительную трубу периодически и обязательно после каждого паводка, когда вероятно наибольшее ее заиливание, прочищать проволочным ершом из колодца самописца, а при большой длине трубы – из всех контрольных колодцев, расположенных по ее длине. Дно колодца очистить от осаждающихся наносов.

Осенью, с наступлением заморозков, колодец и измерительный павильон самописца следует утеплить. В том случае, если вода в колодце начнет замерзать, поплавок самописца необходимо извлечь из воды во избежание его повреждения. О прекращении наблюдений по самописцу следует немедленно, известить сетевое гидрологическое подразделение и сделать соответствующую запись в книжке КГ–1М(н).;

- при наличии на посту лодки, гидрометрического мостика, люлочной переправы и т. п.–проверять их исправность, чтобы они были в полном порядке и безопасны для работы на них;

- следить за наличием и состоянием спасательных средств и действовать в соответствии с нормативными правовыми актами, определяющими правила по охране труда при осуществлении гидрометеорологической деятельности [10];

–соблюдать указания, инструкции, выдаваемые сетевым гидрологическим подразделением.

9.2.2 В случае повреждения водомерного устройства наблюдатель должен самостоятельно произвести доступный ему ремонт:

– установить временный кол вместо поврежденной или уничтоженной сваи. Кол должно быть достаточно прочно и надежно забит на глубину не менее 1 м. Присвоить ему номер ближайшей верхней сваи.

– произвести ватерпасовку кола от ближайших свай.

Сделать запись на последней странице книжки КГ–1М(н) с указанием даты установки кола, и величину полученной приводки .

В случае невозможности выполнить самостоятельно ремонт водомерных устройств наблюдатель об этом сообщает в сетевое гидрологическое подразделение.

9.2.3 Ватерпасовку следует производить при помощи водомерной рейки и 2–3–метрового профугованного бруска толщиной 3–4 см и шириной 5–8 см с прикрепленным к нему уровнем. Уровень прикрепляют металлическими скобами в середине бруска на его узкой грани. Перед ватерпасовкой брусок с уровнем необходимо проверить. Для этой цели нужно вбить в землю два колышка, положить на них брусок и затем подбить один из колышков так, чтобы пузырек воздуха в трубке уровня установился точно посередине. После этого переложить на колышках концы бруска и если пузырек уровня установится опять точно посередине, брусок с уровнем признается пригодным. Если же после перекладки пузырек уровня отойдет от середины, низ рейки следует снова тщательно профуговать и добиться такого положения, чтобы при перекладке бруска пузырек уровня оставался посередине. Схема ватерпасовки приведена на рисунке 9.10.

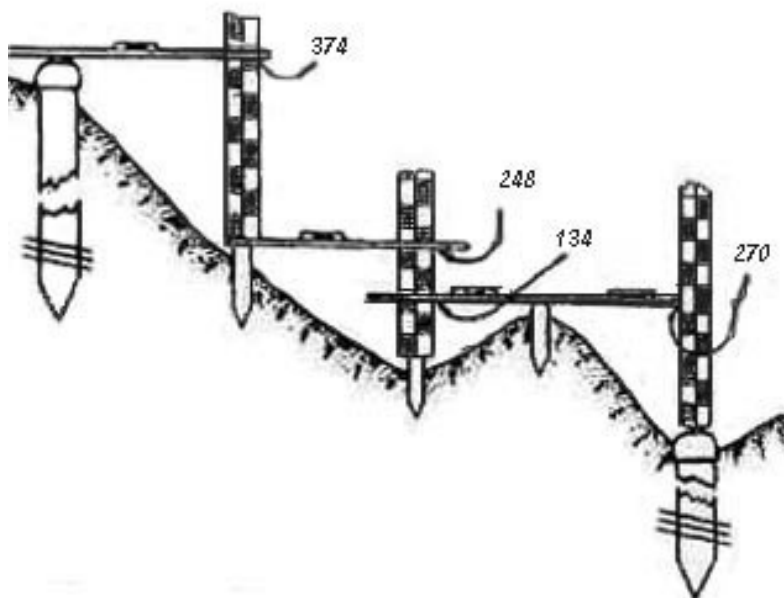


Рисунок 9.10 – Схема ватерпасовки

Отсчеты по рейке нужно производить два раза, перекладывая брусок с уровнем на 180 °. При наличии промежуточных точек между сваями (для которых проверяется превышение) в целях контроля ватерпасовку следует производить в два хода от верхней сваи к нижней, и обратно. За окончательное. превышение одной сваи над другой принимают среднее из двух полученных превышений. Отсчеты по водомерной рейке берут и записывают с точностью до 0,2 см. Лист записи результатов ватерпасовки необходимо вклеить в водомерную книжку.

9.2.4 При наличии на посту установок СУВ наблюдатель должен периодически

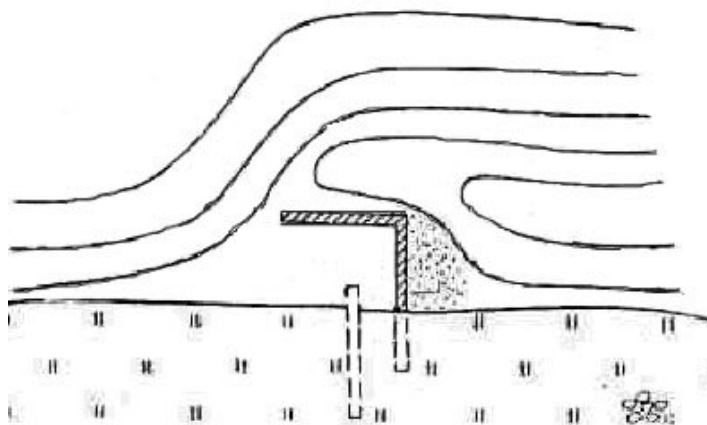
проводить очистку и промывку колодца и трубопровода вручную:

- перекрыть соединительное устройство;
- откачать воду из колодца;
- удалить, вручную из приямка (пониженной части) колодца наносы.

При гидравлической очистке после перекрытия соединительного устройства поплавковый (или отстойный) колодец с помощью насоса заполнить водой, затем взмутить осевшие в приямке наносы и, быстро открыть соединительное устройство для удаления образовавшейся смеси наносов. Эту операцию необходимо повторить несколько раз. Гидравлическая очистка, как правило, проводится со специалистами сетевого гидрологического подразделения с использованием мотопомп, стальных тросов и гибких металлических стержней со щетками–ершами.

На спаде паводка или половодья заиливание поплавковых колодцев и соединительных устройств происходит наиболее интенсивно. В этот период за ними необходимо тщательно наблюдать. Для предохранения соединительной галереи (трубы) от попадания наносов за ней (на расстоянии до 1,0–1,5 м), ниже по течению следует устроить шпору из шпунтового ряда или железобетонных плит, образец которой приведен на рисунке 9.11.

Если вблизи установки СУВ берегового типа возможен подмыв берега высокими водами, наблюдатель должен иметь в запасе несколько мешков с песком, фашин на случай необходимости ликвидации размыва.



1 – устье соединительного устройства; 2 – образная шпора

Рисунок 9.11 – Шпора для защиты выхода (устья) соединительного устройства установки СУВ от попадания наносов

При незначительных отрицательных температурах (до минус 10–15 ° С) для предохранения воды в колодцах установок СУВ от замерзания следует налить туда минеральное масло слоем примерно в 1–1,5 см (расход масла 7–10 л).

9.3 Производство наблюдений за высотой уровня воды

9.3.1 За основные сроки наблюдений за уровнем на постах приняты 08 и 20 ч по местному времени. Частоту регистрации уровней следует увеличивать в зависимости от характера изменения их во времени в соответствии с [2]. Дополнительные наблюдения за уровнем между указанными стандартными сроками производят:

- в период половодья;
- в период дождевых паводков в виде ряда следующих друг за другом волн разной продолжительности и высоты;
- в период межени во время одиночных дождевых паводков;
- в период шуго- и ледохода, и интенсивного таяния льда.

Учащенные наблюдения производят преимущественно в четыре срока, т.е. в 02,

08,14 и 20 ч. На некоторых постах, в основном на малых реках, при отсутствии самописца уровня воды наблюдения в отдельные периоды назначают через 2 ч. На постах, где колебания уровня зависят от режима попусков воды из вышерасположенного водохранилища или от работы ГЭС, сроки наблюдений за уровнем назначает сетевое гидрологическое подразделение по результатам анализа хода уровня при разных режимах.

По указанию специалистов подразделения, в зимнее время при ледоставе, при условии медленного и плавного изменения уровня, наблюдения производят один раз в сутки в 08 ч.

Если пост расположен в плёсе и при пересыхании водотока на перекатах оказывается в зоне со стоячей водой, уровень измеряют каждые один–три дня в 08 ч по указанию подразделения.

На некоторых постах, оборудованных самописцами типа «Валдай», контрольные измерения уровня производят также один раз в сутки, в указанный подразделением срок. На постах, оборудованных самописцами длительного действия, контрольные измерения уровня производят один раз в два дня, в неделю, в две недели или в месяц.

Порядок и сроки производства наблюдений указывают наблюдателю специалисты сетевого гидрологического подразделения в письменном задании.

Для производства наблюдений наблюдатель должен приходить на пост заблаговременно (за 10–15 мин до срока наблюдений), проверить сохранность и состояние водомерных устройств и выполнить подготовительные работы. Наблюдения на посту следует выполнять в такой последовательности, чтобы высоту уровня воды измерить в точно установленный срок наблюдений.

9.3.2 Высоту уровня воды измеряют с точностью в 1 см. Отсчеты значений уровня на речном посту и по переносной рейке на свайном посту следует производить так, чтобы глаза наблюдателя находились возможно ближе к поверхности воды, так как иначе отсчет будет неправильный. При этом записывают ближайшее из делений, около которого находится поверхность воды. Если уровень находится посередине между делениями рейки, записывают большее из них (например: 10,5 записывают 11 см, а 13,5 записывают 14 см). Во время волнения, если высота волны на глаз не превышает 15 см, наблюдатель следит за колебаниями уровня и замечает высшее и низшее деления, которых достигает вода на рейке. Пример определения высоты уровня воды при волнении приведен на рисунке 9.12. В полевую книжку записывают среднее из этих двух отсчетов (например, $12 + 28/2 = 20$ см).

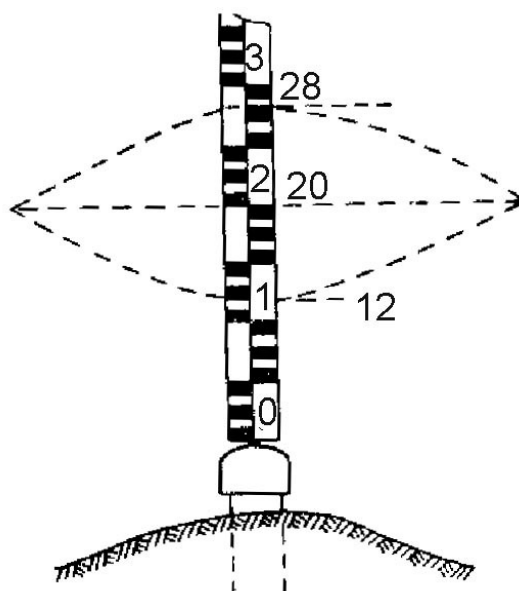


Рисунок 9.12 – Отсчет высоты уровня при волнении

9.3.3 На некоторых постах на больших реках, если они расположены в не защищенном от волнения месте, применяют специальные рейки с успокоителями. Простой конструкцией успокоителя является сделанная в деревянной рейке прорезь, перекрытая с обеих сторон пластинками плексигласа. Внутри прорези опускается окрашенный белой или красной краской пробковый шарик, который и является указателем уровня. Вода попадает в прорезь через малое отверстие в нижней части пластинки из плексигласа и поэтому колебания уровней внутри прорези гасятся.

Более совершенным устройством для наблюдений при волнении является переносная рейка с успокоителем ГР–23. Корпус рейки состоит из двух склеенных по краям плексигласовых пластин, образующих внутреннюю полость ромбического сечения. В нижней части рейки вклеено плексигласовое дно с отверстиями. Эти отверстия перекрываются клапаном, который открывают и закрывают при помощи длинного подпружиненного штока, проходящего через всю полость рейки, и находящуюся сверху деревянную ручку. Внутренняя полость рейки сообщается с водой в реке посредством ниппеля–насадки, ввинченного в плексигласовое дно. Рейка рассчитана на измерение уровней, при амплитуде волн до 0,5 м, для чего она снабжается комплектом из трех ниппелей, имеющих отверстия диаметром 2, 4 и 6 мм. В зависимости от величины амплитуды волн, т. е. размаха от низшего до высшего положения уровня, применяют ниппель с тем или иным отверстием. При волнах с амплитудой 0,4–0,5 м применяют ниппель с $d = 2$ мм, при волнах с амплитудой 0,2–0,4 м – ниппель с $d = 4$ мм, а при амплитудах 0–0,2 м – ниппель с $d = 6$ мм.

Наблюдения по рейке с успокоителем ГР–23 производят в следующем порядке:

- рейку с ввинченным в нее ниппелем ставят вертикально на головку сваи или специальную опорную точку, если водомерное устройство речного типа;
- нажав на головку штока, наблюдатель опускает его в нижнее положение, тем самым открывая клапан и давая доступ воде во внутреннюю полость рейки. После этого шток закрепляют в нижнем положении металлической скобой, имеющейся на деревянной ручке;
- рейку с открытым клапаном выдерживают на свае 2 мин, в течение которых уровни воды в реке и во внутренней полости рейки выравниваются;
- наблюдатель сбрасывает с головки штока скобу, благодаря чему шток под действием пружины поднимается в верхнее положение и закрывает впускные

отверстия клапана;

– затем он вынимает рейку из воды и отсчитывает высоту уровня во внутренней полости (равную высоте уровня в реке над головкой сваи) по сантиметровой шкале, вытисненной на обеих сторонах рейки.

9.3.4 На свайном посту при подъеме или спаде уровня воды следует в два срока подряд производить параллельные измерения по двум сваям одновременно: по одной, над которой вода возвышается незначительно, и по другой, находящейся уже глубоко под водой. Схема параллельных измерений высоты уровня приведена на рис. 9.13. Параллельные наблюдения позволяют выяснить, не изменили ли сваи свое высотное положение. При записи параллельных наблюдений номера свай и отсчеты по ним записывают дробью.

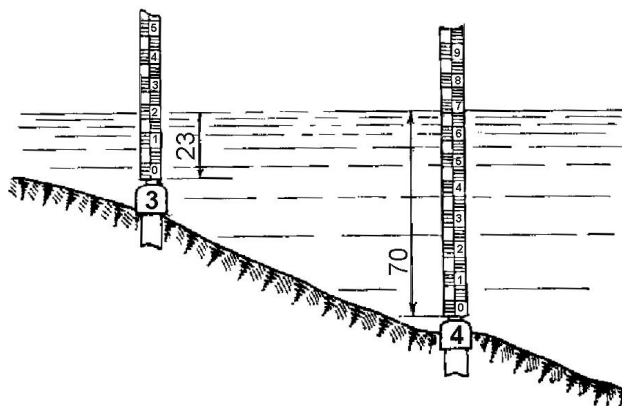


Рисунок 9.13 – Схема одновременного измерения уровня воды по двум сваям

Наблюдатель должен своевременно предусмотреть необходимость перехода с одной сваи на другую (при быстром подъеме или спаде уровня) и заранее начать отсчеты по двум сваям одновременно, чтобы не допустить положения, когда одна из соседних свай обсохнет и произвести по ней отсчет станет невозможно.

Для дополнительного контроля высотного положения свай такие одновременные наблюдения по двум сваям производят не только при переходе с одной сваи на другую при подъеме и спаде уровня, но и каждые 10–15 дней в периоды относительно устойчивого его положения.

9.3.5 Если окажется, что свая, по которой необходимо произвести измерения уровня, обсохла и другой, находящийся под водой, сваи нет, то необходимо забить временную сваю (кол), провести ватерпасовку ее или нивелирование и продолжать наблюдения по этой временной свае (колу).

Измерение высоты уровня воды по свае, головка которой вышла из воды (или по постоянной рейке, нулевое деление которой вышло из воды), допускается только в исключительных случаях, когда нет возможности сразу же забить дополнительную сваю или кол.

При отсчете высоты уровня ниже головки сваи переносную рейку приставляют отвесно к свае так, чтобы низ ее касался поверхности воды, а отсчет делают на уровне головки сваи, как показано на рис. 9.14. При необходимости следует прокопать к обсохшей свае канавку и подвести по ней воду. При этом канавка не должна быть слишком глубокой, чтобы не нарушить устойчивость свай.

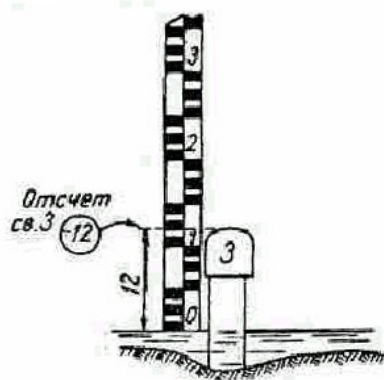


Рисунок 9.14 – Отсчет уровня воды ниже нуля наблюдений

9.3.6 При наличии на посту отметчика высшего уровня – максимальной рейки наблюдатель измеряет высоту оставленной высшим уровнем метки и снова приводит устройство в готовность для дальнейших наблюдений. Отмеченный высший уровень записывают в полевой водомерной книжке в следующей строчке после записи за предыдущий срок. Время прохождения этого высокого уровня – пика паводка – между сроками наблюдений записывают приблизительно с точностью до целого часа на основании собственных наблюдений или по опросу. Если наблюдателю не удалось хотя бы приблизительно установить время прохождения пика паводка, условно принимают, что пик в середине между сроками наблюдений.

9.3.7 Если уровень идет быстро на подъем и возникает необходимость перестановки максимальной рейки выше, после укрепления ее на новом месте следует произвести отсчет высоты уровня одновременно по свае или рейке на посту и по делениям на трубе максимальной рейки. В тех случаях, когда при быстром подъеме уровня воды отметчик приходится устанавливать для охвата большей амплитуды на сухом берегу, высотное положение нулевого деления отметчика определяют ватерпасовкой или нивелированием от репера или ближайшей сваи. Сведения о перестановке записывают в графу примечаний.

9.3.8 Во время паводков при отсутствии отметчиков предельных значений уровня помимо учащенных измерений высоты уровня наблюдатель должен постараться измерить самый высокий уровень на пике паводка. Если непосредственно его измерить почему-либо не удалось, например, потому, что он прошел ночью, наблюдатель должен установить его высоту по следам, оставленным высокой водой (кочки травы, мелкого мусора на ветках и стволах деревьев, навалы хвороста и отложений песка на берегах, следы свежих размывов берегов и др.). Следы нужно найти в нескольких местах и закрепить их на местности кольями, вбитыми на границе затопления, краской, зарубками на деревьях и т.п. Наблюдатель должен незамедлительно сообщить об этом в сетевое гидрологическое подразделение для определения высоты уровня последующем нивелировании.

9.3.9 В случае катастрофически высоких подъемов уровня, когда все постовые устройства окажутся затопленными, недоступными для производства наблюдений или частично разрушенными, наблюдатель должен установить временные рейки, колья или сваи и вести по ним наблюдения без перерывов. Высоту временных реек, кольев или свай наблюдатель сразу же определяет ватерпасовкой. Специалистами сетевого гидрологического подразделения должны выполнить нивелирование относительно ближайшей устойчивой сваи или репера и определить высотные отметки.

9.3.10 Высший уровень катастрофических паводков закрепляют меткой в виде черты, зарубины или засечки на стенах зданий, устоях моста, набережных, и т. п. с указанием даты. Метки в черте населенных пунктов должны быть выполнены

надежно, имея в виду, что они отмечают выдающиеся явления и должны сохраняться длительное время.

Обо всех случаях катастрофических подъемов уровня воды наблюдатель должен немедленно сообщить в сетевое гидрологическое подразделение, а в полевой книжке или на отдельном листке бумаги, который следует подклеить в книжку, кратко описать прошедший паводок и произведенные им разрушения.

9.3.11 При пересыхании реки в створе водомерного поста измерения уровня воды, естественно, прекращают, но наблюдатель в утренний срок обследует участок поста и отмечает в водомерной книжке сокращенно «прсх». После выпадения дождей, в случае возобновления стока, наблюдения за уровнем воды начинают производить ежедневно в два срока или учащенно вплоть до нового пересыхания.

В тех случаях, когда река пересыхает не от истощения грунтового питания, а вследствие проведения водохозяйственных мероприятий: водозабора на орошение, задержания воды в прудах и т. п., в водомерной книжке в примечаниях указывают причину пересыхания реки на участке поста.

9.3.12 При промерзании реки в створе поста, убедившись по нескольким скважинам (лункам), что река действительно промерзла по всей ширине, наблюдения за уровнем, так же как и при пересыхании, естественно, прекращают.

После промерзания реки пост следует посещать, так как бывают случаи, когда сток возобновляется за счет выклинивания грунтовых вод. При устойчивой морозной, без оттепелей, погоде пост следует посещать (по указанию подразделения) через 5–15 дней. При наступлении оттепелей пост следует посещать ежедневно. Во время каждого посещения участок поста обследуют и в водомерной книжке отмечают сокращенно «прмз» (промерзло) или.

Когда пост расположен в плёсе, а промерзание реки происходит на перекате, наблюдения за уровнем воды на посту производят в течение всего периода промерзания (по особому указанию подразделения) через 5–15 дней и в отдельных случаях прекращают вовсе. Для того чтобы не упустить момент возобновления стока, сетевое гидрологическое подразделение сообщает наблюдателю значения высоты уровня воды на посту, при которых он должен ежедневно производить обследование указанного ему переката и отмечать промерзание или наличие стока.

Наблюдения за промерзанием реки производят в скважинах (лунках), сделанных на самом глубоком месте. При промерзании наблюдатель должен сразу же пробурить во льду по всей ширине реки еще несколько скважин, чтобы убедиться, что река действительно промерзла полностью.

При появлении воды поверх льда в книжке в примечании отмечают «вода течет поверх льда» и указывают ширину, глубину текущего слоя воды и скорость течения, которую определяют поверхностными поплавками. Когда вода поверх льда не течет, а стоит, в книжке записывают «вода на льду» и также указывают ее глубину.

9.3.13 Для оценки точности результатов наблюдений за уровнем воды в каждый срок наблюдений глазомерно определяют силу и направление ветра и волнения.

Результаты визуальных наблюдений кодируют и записывают двухзначным числом, в котором первая цифра – код направления ветра, вторая – код силы ветра.

Направление и сила ветра кодируют по таблице 9.1. Например, ветер против течения, сильный будет записан числом 23, в котором 2 – код направления ветра, 3 – код силы ветра.

Таблица 9.1

Код	Направление ветра	Код	Сила ветра
0	штиль	0	штиль
1	по течению	1	слабый
2	против течения	2	умеренный
3	с левого берега	3	сильный

4	с правого берега		

Волнение отмечают только на постах, расположенных на больших реках и записывают в виде кода в графе 4 КГ–1М(н) или в дополнительных сведениях о состоянии водного объекта.

9.3.14 Наблюдения на посту при наличии самописца уровня состоят в смене ленты и в производстве контрольных измерений уровня воды по основному посту и водомерному устройству в колодце. Описание порядка смены лент и завода часового механизма самописца «Валдай» приведено в паспортах на прибор. Ленту меняют обычно в утренний срок после отсчета высоты уровня воды по основному посту и водомерному устройству в колодце. В периоды межени, когда вероятность резкого изменения уровня весьма мала, допустимо оставлять одну и ту же ленту на несколько дней, но не более чем на пять. При этом каждый день следует поворачивать барабан так, чтобы записи за отдельные сутки не пересекались между собой. В измерительном павильоне самописца всегда должен быть запас (10–15 штук) подготовленных к работе лент, т. е. обрезаны углы и аккуратно подогнуты широкие белые поля, которыми лента закладывается в продольную щель барабана, надписаны названия реки, пункт и год наблюдений.

9.3.15 Смена лент и завод часового механизма самописца уровня воды длительного действия производят в зависимости от установленного масштаба времени. Описание порядка смены лент самописцев приведено соответственно в паспортах самописцев.

9.4 Обработка результатов наблюдений за уровнем воды

9.4.1 Обработка результатов измерений уровня воды за каждый срок состоит в приводке отсчетов, сделанных над нулем наблюдений, к нулю поста. Эта обработку наблюдатель производит сразу же по возвращении с поста в каждый срок наблюдений.

Превышение нуля наблюдений водомерного устройства – вершины головки сваи, нулевого деления рейки – над принятым нулем поста называют приводкой. Схема высотного положения нуля наблюдений и нуля графика приведена на рисунке 9.15

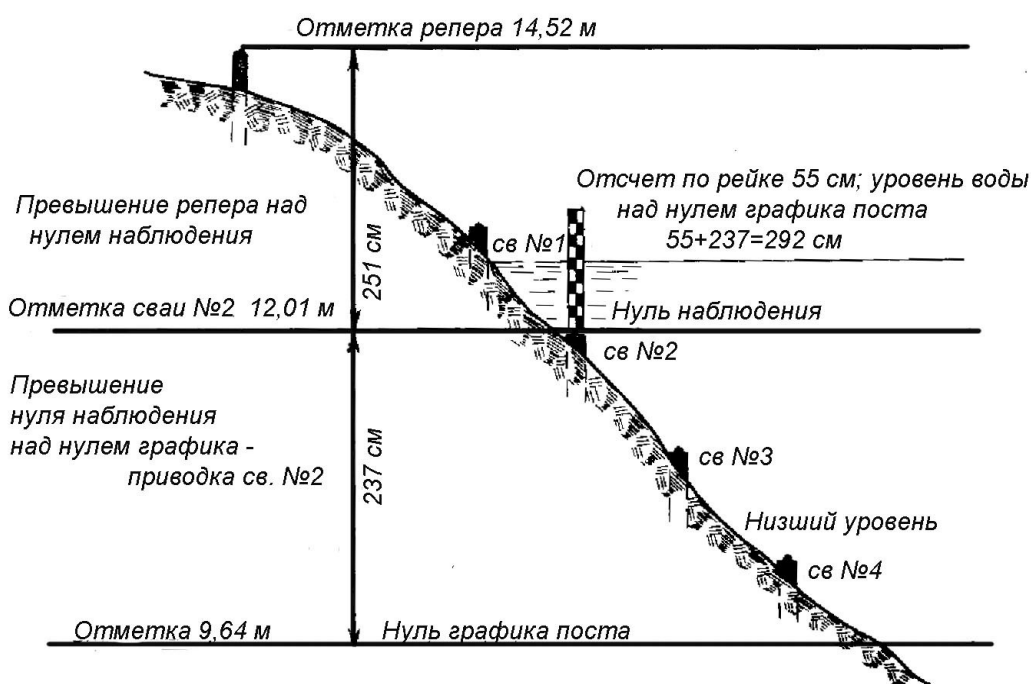


Рисунок 9.15 – Схема высотного положения нуля наблюдений и нуля графика

Значения приводок для нулей наблюдений всех водомерных устройств выписывают в справочную таблицу в конце водомерной книжки по данным последнего нивелирования.

9.4.2 Уровень воды над нулем поста вычисляют путем сложения записанного в книжке отсчета по рейке над нулем наблюдения с приводкой.

Пример 9.1 – *Уровень, измеренный 9/V в 03 ч над сваем № 2, равен 55 см. Приводка сваи № 2 равна 237 см. Уровень воды над нулем поста: 55+237=292 см*

Полученный результат записывается в графу 3 КГ–1М(н). Отсчеты, произведенные вниз от головки сваи или ниже нулевого деления постоянной рейки, вычитают из соответствующей приводки. Если отсчеты высоты уровня были сделаны одновременно по двум соседним сваям (параллельные наблюдения), эти отсчеты приводят к нулю поста и записывают каждый в отдельности.

В тех случаях, когда разница между значениями уровня над нулем поста, полученными в результате отсчетов по двум сваям, оказывается больше 2 см наблюдатель должен:

- сообщить об этом в сетевое гидрологическое подразделение;
- сразу же произвести ватерпасовку уровня воды от ближайших свай, находящихся на незатопленном берегу. Это позволит выяснить, какая из свай, по которым производились отсчеты, изменила свое высотное положение;
- вычислить уровень воды над нулем поста по свае, сохранившей свою отметку;
- в КГ–1М(н) записать причину (если это возможно) изменения отметки и дату, с которой следует принимать новую приводку. Листок с записями ватерпасовки необходимо вклеить в КГ–1М(н).

9.4.3 При обработке результатов измерений по максимальной рейке значение отмеченного на ней высокого уровня между сроками наблюдений приводят к нулю поста также путем сложения отсчета высоты оставленного водой следа на стержне рейки с приводкой.

9.4.4 Наблюдатель ежедневно вычисляет средний уровень воды за сутки и его значение записывает в КГ–1М(н) в графу 16.

При односрочных наблюдениях измеренный и приведенный к нулю поста уровень воды за данный срок принимают за средний суточный. При двухсрочных наблюдениях (08 и 20 ч) средний суточный день вычисляют как среднее арифметическое из значений за два срока.

При четырехсрочных наблюдениях (02, 08, 14 и 20 ч) средний суточный уровень вычисляют как среднее арифметическое из значений уровня за эти четыре срока.

При многосрочных наблюдениях через равные промежутки времени средний уровень за сутки вычисляют по формуле 9.1.

$$H_{\text{ср.сут}} = \left(\frac{H_0 + H_{24}}{2} + H_1 + H_2 + \dots + H_{24-n} \right) : \frac{24}{n} \quad (9.1)$$

где H_0 и H_{24} – значения уровня воды соответственно в 0 и 24 ч;

H_1, H_2 и т. д. – значения уровней через принятые равные промежутки времени (исключая 0 и 24 ч);

n – принятый интервал времени, ч.

Примеры вычисления среднего суточного уровня при многосрочных наблюдениях через равные промежутки времени (через $n=1, 2$ и 4 ч) приведены в таблице 9.2 и в приложении Г.

Таблица 9.2 – Вычисление среднего суточного уровня при многосрочных наблю-

дениях

Срок наблюдений, ч	Уровень воды (над нулем поста), см			Срок наблюдений, ч	Уровень воды (над нулем поста), см		
	Через n=1ч	Через n=2 ч	Через n=4 ч		Через n=1ч	Через n=2 ч	Через n=4 ч
0	134	134	134	13	122		
01	122			14	155	155	
02	116	116		15	185		
03	102			16	158	158	158
04	98	98	98	17	148		
05	95			18	132	132	
06	94	94		19	120		
07	92			20	113	113	113
08	90	90	90	21	107		
09	88			22	102	102	
10	86	86		23	96		
11	92			24	90	90	90
12	104	104	104				

Примеры вычисления:**Средний уровень за сутки при наблюдениях через 1 ч равен:**

$$\left(\frac{134 + 90}{2} + 122 + 116 + 102 + 98 + 95 + 94 + 92 + 90 + 88 + 86 + 92 + 104 + 122 + 155 + 185 + 158 + 148 + 132 + 120 + 113 + 107 + 102 + 96\right) : 24 = 114$$

через 2 ч равен:

$$\left(\frac{134 + 90}{2} + 116 + 98 + 94 + 90 + 86 + 104 + 155 + 158 + 132 + 113 + 102\right) : 12 = 113$$

через 4 ч равен:

$$\left(\frac{134 + 90}{2} + 98 + 90 + 104 + 158 + 113\right) : 6 = 112$$

9.4.5 По окончании месяца из всех записанных в КГ–1М(н) результатов измерений высоты уровня, а также из книжек измерений расходов воды (КГ–3М(н)), производства нивелировок (КГ–64) и записей высшего уровня по следам и меткам на берегу путем нивелирования выбирают значения высшего и низшего уровней за месяц. Значения высшего и низшего уровней за месяц записывают в книжке КГ–1М(н) в конце раздела записи ежедневных срочных наблюдений (стр.14). Высший обводят красным, а низший–синим карандашами. Справа от записи значений высшего и низшего уровней записывают число (или числа) месяца, когда они наблюдались.

9.4.6 На постах, оборудованных самописцами уровня воды, наблюдатель обрабатывает ленты самописца за сутки, двое суток, неделю, две недели или месяц в соответствии с установленным масштабом времени.

При обработке лент самописца следует:

- критически просмотреть полноту и качество записи;
- разметить штрихами линии, прочерченной пером (графитом);
- снять ординаты (высоты) уровней с линии записи и привести показания самописца к нулю поста;
- составить таблицу ежечасных уровней воды по записи самописца (ТГ–11).

Всю обработку ведут на самой ленте. При критическом просмотре проверяют графическое качество записи и наличие на ленте всех требующихся данных, надписей с указанием названия водного объекта, поста, даты установки и снятия ленты, масштаба записи уровня и времени, а также отметки нуля поста.

В записи могут быть перерывы или участки с растекшейся, зигзагообразной, ступенчатой записью. Если перерывы невелики, а ход записи до и после перерыва плавный и одного направления, пропуск восстанавливают карандашом от руки в соответствии с общим характером записи. На участке, где запись расплывчатая, проводят кривую (другим цветом) посередине расплывчатой полосы. При наличии зигзагообразной кривой и ступенчатой записи необходимо принять меры для устранения причин, вызывающих такую запись (для устранения дефектов в работе самописца следует вызвать специалиста сетевого гидрологического подразделения).

По окончании проверки и исправления записи на ленте проставляют ее порядковый номер от начала данного года.

Перед разметкой штрихами линии записи необходимо выверить запись во времени. Для этого из начальной и конечной контрольных засечек, сделанных на ленте при ее наложении и снятии, опускают перпендикуляры на ось времени. Допустимую невязку во времени определяют точностью хода часового механизма плюс, минус 5 мин в сутки. В самописцах длительного действия ГР-38 при установке их на срок от 7 до 30 суток допустимая невязка соответственно увеличивается от 35 до 150 мин. Эту невязку не разбрасывают, так как она соответствует на ленте отрезку длиной несколько более 1 мм. Если разность времени, определенного по масштабу времени на ленте и по засечкам, превышает допустимую невязку, то последнюю разносят пропорционально длине отрезка ленты между контрольными засечками. Для этого определяют отрезок времени, на который часы ушли вперед или отстали за весь промежуток времени между засечками; и находят поправку для каждого часа или интересующего интервала времени, предполагая, что ход часов между контрольными отметками был равномерным. Первую метку делают на расстоянии принятого интервала времени на делении ленты (например, на 9 ч), сдвинутым вправо (или влево) на величину вычисленной поправки, вторую – в конце интервала на соответствующем делении ленты (например, на 10 ч), сдвинутым на величину удвоенной поправки, и т. д. Из сделанных засечек на оси времени восстанавливают перпендикуляры до пересечения с линией записи, прочерченной пером (карандашом). На лентах самописцев длительного действия границы суток проводят утолщенной линией. Такой метод устранения ошибок в регистрации времени применяют в связи с тем, что невозможно установить причину изменения хода часов. В случае обнаружения неверного хода часов при величине расхождения, превышающей допустимую невязку, сразу же после снятия ленты необходимо отрегулировать часы. Если исправить ход часов невозможно, необходимо срочно сообщить об этом в сетевое гидрологическое подразделение.

Для самописцев длительного действия с целью более обоснованного анализа разброски невязки по времени после предварительной засечки (при посещении установки самописца для снятия ленты) целесообразно оставить работать самописец еще на «запасные» сутки с целью оценки погрешности хода часов. После этого часы регулируют и при внеплановом посещении поста (через 2–3 дня) делают оценку результатов регулировки.

Разметка штрихами линии записи производят через равные промежутки времени или же по характерным (переломным) точкам. Допустимо комбинированное применение обоих методов. Метод разметки записи по равным интервалам времени применяют при плавном и однозначном ходе уровня; метод характерных точек – в случае хода уровня с резкой сменой подъема и спада, а также при переменной интенсивности приращения уровня, при которой нанесенные через равные интервалы штрихи недостаточно полно отражают ход уровня. При плавном, но неоднозначном ходе уровня целесообразно комбинировать эти два метода.

При разметке записи по времени следует соблюдать следующие правила:

- при суточной амплитуде колебания уровня менее 10 см штрихи наносят на 08 и 20 ч, при амплитуде колебаний уровня от 10 до 20 см – на 02, 08, 14, 20 ч, при большей амплитуде – через каждое деление ленты (от 1 до 4 ч в зависимости от масштаба времени);

- во всех случаях разметки записи через равные интервалы времени дополнительно выделяют точки суточного максимума и минимума уровней соответственно красным и синим карандашами;

- при разметке записи по методу характерных точек штрихи намечают на всех пиках, впадинах и местах изменения интенсивности приращения уровней воды с таким расчетом, чтобы отрезки кривой записи между выбранными характерными точками могли быть приняты за прямые. Небольшие зубцы на линии записи при обработке срезают.

После введения поправок на время и разметки кривой записи, прочерченной пером (карандашом), определяют высоту уровня для каждого установленного при разметке ленты срока. Для этого строят слева от линии записи шкалу уровней в сантиметрах таким образом, чтобы величина уровня над нулем поста, полученная для первой контрольной засечки при установке ленты, находилась напротив соответствующего деления на шкале. Затем по шкале уровней определяют величину уровня по последней контрольной засечке (поставленной при снятии ленты) и проверяют, соответствует ли разность уровней для контрольных засечек, полученная по шкале, разности уровней, вычисленной по записям измерений на контрольном посту при наложении и снятии ленты. Если между показаниями поста и самописца есть разница, невязку разносят пропорционально времени для каждого отсчета уровня по ленте и отсчет соответственно исправляется. Если удастся выявить причину невязки, это учитывается при обработке.

Пример 9.2 – Получена невязка 4 см. При просмотре ленты выяснено, что запись четкая, без разрывов, от 16 до 24 ч при высоких уровнях имеет место ступенчатая запись (поплавок задевал за стенки колодца или поплавковый тросик касался края выреза в полу будки). Вероятно, погрешность связана с этим периодом времени, и невязка забрасывается только для периода от 16 до 24 ч.

Уровни для каждого штриха на размеченной линии записи определяют по шкале уровней в сантиметрах над нулем графика. Если лента размечена по методу характерных точек, около каждого штриха выписывают карандашом время в часах и минутах с точностью от 5 мин до 1 ч (в зависимости от масштаба времени) по выверенной шкале времени. Величины уровня указываются с точностью от 0,5 до 4 см в зависимости от масштабов уровня.

При обработке ленты по методу характерных точек средний уровень за сутки вычисляют как средний взвешенный по формуле 9.2:

$$H_{\text{ср.сут}} = \frac{\frac{H_1 + H_2}{2} \cdot T_{1-2} + \frac{H_2 + H_3}{2} \cdot T_{2-3} + \dots + \frac{H_{n-1} + H_n}{2} \cdot T_{(n-1)-n}}{24}, \quad (9.2)$$

где $H_1, H_2, \dots, H_n$ – высоты уровня в характерных точках;

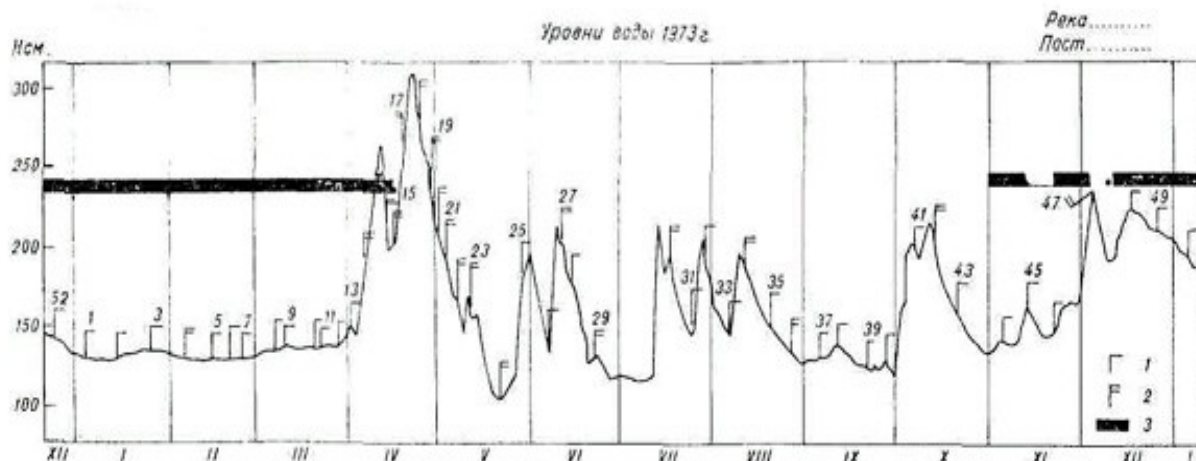
$T_{1-2}, T_{2-3}, \dots, T_{(n-1)-n}$ – промежуток времени между соседними характерными точками.

9.4.7 Значения уровня воды с обработанных лент самописца переписывают в таблицу ТГ–11 с введением дополнительной графы «ноль часов». По окончании месяца в этой таблице выбирают наибольший и наименьший уровни за месяц.

Пример заполнения таблицы ТГ–11 приведен в приложении Г.

9.4.8 Ежедневно или периодически (для СУВ длительного действия) значение вычисленного среднего уровня за сутки наносят на график годового хода уровня. График вычерчивают на миллиметровой бумаге размером 41х29 см. На короткой стороне листа проводят вертикальную ось, по которой в зависимости от величины годового колебания уровня откладывают значения среднего суточного уровня в одном из следующих масштабов:

- при колебании до 1,5 м в 1 см откладывают 5 см,
- при колебании от 1,5 до 2,5 м в 1 см–10 см,
- при колебании от 2,5 до 5,0 м в 1 см–20 см,
- при колебании больше 5,0 м в 1 см–50 см.



1 – дата измерения расхода воды; 2 – дата измерения расхода взвешенных наносов; 3 – период ледостава

Рисунок 9.16 – Годовой график колебаний хода уровня воды

Внизу длинной стороны листа проводят горизонтальную ось, где откладывают время в масштабе 1 мм – 1 сутки. Величины уровня в соответствующем масштабе откладывают от оси времени на вертикальных линиях миллиметровой бумаги (а не между ними) и закрепляют точками, которые затем соединяют между собой прямыми линиями.

На постах, где наблюдатель измеряет расходы воды и взвешенных наносов, на графике годового хода уровня воды в дни измерения расходов ставят черточку или флажок (как показано на рисунке 9.16) с указанием номера измеренного расхода.

При наличии на графике хода уровня резких скачкообразных переломов необходимо выяснить, чем они вызваны и не является ли это следствием ошибки в отсчете высоты уровня или в вычислении. Если ошибка не выявлена, наблюдатель должен произвести ватерпасовку сваи (рейки), чтобы проверить, не изменилось ли ее высотное положение.

По графику годового хода уровня воды прослеживают также резкие, необычные для данного поста колебания уровня воды, возникающие в результате зажоров или заторов льда, от подпора, создаваемого временными запрудами, от попусков воды из вышерасположенных водохранилищ и т. п. В случае наличия таких резких колебаний наблюдатель должен выяснить и записать в водомерную книжку причины, вызвавшие их.

9.5 Точность измерения уровня

9.5.1 По техническим данным приборов, применяемых на гидрологических постах, точность измерения уровня воды находится в пределах 0,1–6 см в соответствии с ГОСТ 8–417:

Крючковая рейка позволяет измерять высоту уровня воды с точностью до плюс, минус 0,1 см при амплитуде колебаний уровня до 1–1,5 м.

Рейку переносную с успокоителем ГР–23 применяют для измерения уровня воды при высоте волны до 0,4 м с точностью отсчета до 0,5 см.

Рейки переносные (металлическая ГР–104, деревянная) дают точность измерения 0,5 см при цене деления 1 см.

Постовые рейки металлические, эмалированные, чугунные в зависимости от цены деления позволяют измерять уровень воды с точностью 0,5–1 см.

Наклонные рейки размечают на деления (в сантиметрах), равные $2/\sin a$, где a – угол наклона рейки к горизонту. В этом случае одно деление наклонной рейки будет соответствовать 2 см вертикальной рейки и, следовательно, обеспечивает точность отсчета ± 1 см. Применяют там, где имеется искусственное крепление береговых откосов.

Точность измерения уровней воды СУВ«Валдай» приведена в 9.1.12; ГР–38 – в 9.1.13 и ГР–116 – в 9.1.14.

Рейка максимальная ГР–45 рассчитана на амплитуду колебания уровня 1,5 м и обеспечивает точность измерения 1 см.

9.5.2 Условия измерения уровня не всегда позволяют обеспечивать точность измерения в соответствии с техническими данными приборов.

Для определения реальной точности измерения уровня в условиях волнения, больших скоростей и крупномасштабной пульсации необходимо провести несколько сравнительных опытных измерений с применением эталона (на свайных и речных постах может быть использована рейка с успокоителем ГР–23), а также среднеарифметическое значение уровня из большого числа отсчетов в течение 5–10 мин (не менее 10 гребней и ложбин). По результатам сравнительных измерений вычисляют абсолютную среднюю квадратическую погрешность σ_H в сантиметрах по формуле:

$$\sigma_H = \sqrt{\frac{\sum (H_i - \bar{H})^2}{n - 1}}, \quad (9.3)$$

где $\bar{H} = \frac{\sum_{i=1}^n H_i}{n}$ – среднее арифметическое значение уровня;

H_i – единичное измерение уровня (полусумма отсчетов каждого гребня и ложбины);

n – число измерений (не менее 10).

Погрешность, вычисленная по приведенной формуле, будет характеризовать возможную точность измерения уровня воды при заданных условиях. Эта погрешность должна быть вычислена для различных уровней.

9.5.3 Для каждого гидрологического поста следует установить требуемую точность измерения уровня (для большинства постов на больших и средних реках она составляет 1 см), определить возможности ее достижения с использованием установленных приборов или необходимость замены приборов на другие, обеспечивающие более высокую точность измерения уровня. Точность измерения уровня на одном и том же гидрологическом посту может быть различной в зависимости от поставленных задач. Например, на одном и том же посту могут быть поставлены требования точности ежедневных измерений уровня в 1 см и более

высокие (до 0,5 см) при измерении уровня для определения уклона водной поверхности.

9.5.4 Вычисление ежедневного уровня (ЕУВ) по данным измерений в 8 ч (H_8) и 20 ч (H_{20}) выполняют по формуле с фиксированными весами:

$$H_c = 0,5H_8 + 0,5H_{20} \quad (9.4)$$

Эта формула применима при определенных сочетаниях характеристик: допускаемой погрешности вычисления ежедневных уровней Δ_d , времени наступления наибольшего уровня $t_{\max}$ и суточной амплитуды уровней ΔH (разности между наибольшим и наименьшим уровнями за сутки). В таблице 9.3 приведены максимально допускаемые значения суточной амплитуды уровня ($\Delta H_{\max}$), при которых формула удовлетворяет заданной погрешности Δ_d .

Таблица 9.3

Δ_d , см	$\Delta H_{\max}$, см	
	наибольший уровень в первой половине суток	наибольший уровень во второй половине суток, а также при
0,5	25	6
1,0	50	12
2,0	100	25

Допускаемая погрешность измерения ежедневных уровней Δ_d установленная на постах Департамента по гидрометеорологии составляет 1 см.

Если допускаемые значения $\Delta H_{\max}$ не удовлетворяют требованиям таблицы 9.3 (при соответствующей заданной погрешности Δ_d), необходимо оборудовать пост СУВ.

В случаях, когда эти меры осуществить не удастся и сохраняются двухсрочные наблюдения, ЕУВ должны рассчитывать по формулам с переменными весовыми коэффициентами a_1 и a_2 :

$$\dot{I}_{\bar{n}} = a_1 \dot{I}_8 + a_2 \dot{I}_{20} \quad (9.5)$$

где a_1 и a_2 определяются в зависимости от суточного хода уровней.

При сложной устойчивой форме суточного гидрографа (например, в нижних бьефах ГЭС, мелиоративных водохранилищ, водозаборов и т.д.) весовые коэффициенты определяют по методу наименьших квадратов за период предшествующих наблюдений с учетом условия нормировки: $a_1 + a_2 = 1$

Для этого необходимо по данным учащенных измерений уровней (например, ежечасных, либо непрерывных, с использованием временных установок СУВ) составить выборку значений (H_c , H_8 , H_{20}) длиной не менее $N=100$ членов и вычислить коэффициенты по формулам 9.6 и 9.7.

$$\alpha_1 = \frac{\sum_{i=1}^N (\dot{I}_{\bar{n}} + \dot{I}_{20})_i (H_8 - H_{20})_i}{\sum_{i=1}^N (H_8 - H_{20})_i^2}, \quad (9.6)$$

$$\alpha_2 = 1 - \alpha_1, \quad (9.7)$$

где H_c – действительное (эталонное) значение ЕУВ, получаемое по данным СУВ

или учащенным измерениям.

Условия проведения учащенных измерений должны быть типичными (характерными) для данной фазы режима: летней межени, осенних дождевых паводков и т. п.

При наличии выраженного абсолютного максимума уровня $H_{\text{макс}}$ и известном времени его наступления $t_{\text{макс}}$ для оценки оптимальных весовых коэффициентов a_1 и a_2 следует пользоваться обобщенным графиком $a_1(t_{\text{макс}})$, где $t_{\text{макс}}$ – в долях суток, который приведен на рисунке 9.16. Второй коэффициент (a_2) определяется по формуле 9.7.

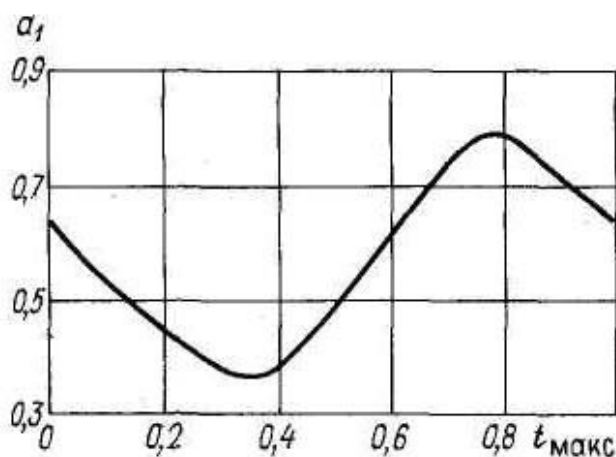


Рисунок 9.17 – Обобщенная теоретическая зависимость оптимального весового коэффициента a_1 от положения $t_{\text{макс}}$ максимального уровня

Если известна лишь преобладающая половина суток, когда наблюдается максимум уровней, а также при монотонном изменении уровней необходимо пользоваться следующими расчетными формулами:

$$H_c = 0,4H_8 + 0,6H_{20}, \quad (9.8)$$

при прохождении максимального уровня в первой половине суток;

$$H_c = 0,6H_8 + 0,4H_{20}, \quad (9.9)$$

при прохождении максимального уровня во второй половине суток или монотонном изменении уровня.

9.6 Перенос гидрологического поста

9.6.1 Ввиду большой ценности непрерывных длительных наблюдений в однообразных условиях водного режима и на одном месте всякий перенос гидрологического поста является нежелательным [2]. Он допустим, когда дальнейшее производство наблюдений за уровнем в данном месте становится нерациональным по следующим причинам:

- угроза разрушения постовых устройств вследствие оползания или подмыва берега;
- нарушение свободного водообмена между участком расположения поста и действующим руслом в результате заиления основного русла и превращения его во второстепенную протоку;
- наличие нежелательных местных искажений уровня, выявившихся в результате наблюдений, которых можно избежать на другом месте (переменный

подпор, зарастание русла и т. п.).

9.6.2 Размещение сети постов в районах крупного гидротехнического строительства проектируют заранее по особым заданиям при участии РГМЦ.

Если существующий гидрологический пост попадает в зону будущего затопления, необходимо своевременно его переоборудовать на расчетную высоту затопления, чтобы была обеспечена непрерывность наблюдений в течение всего периода заполнения чаши водохранилища. В этих случаях створ поста может быть несколько смещен в зависимости от конфигурации берега и удобства расположения поста.

Вопрос переоборудования поста до отметки затопления согласовывается сетевым гидрологическим подразделением с методическим отделом РГМЦ. В некоторых случаях целесообразно перенести пост непосредственно на гидротехническое сооружение.

Если учет стока на сооружениях по их состоянию, конструктивным особенностям и режиму работы оказывается нецелесообразным, пост вместе с гидроствором переносят выше по течению – на участок вне зоны влияния подпора или ниже по течению – на участок, где в меньшей степени сказывается влияние неустановившегося режима при регулировании. В том и другом случае чаще будет иметь место не перенос поста с сохранением ряда наблюдений, а открытие нового поста.

Если наблюдения за уровнем на посту, попадающем в результате постройки плотины в зону подпора, имеют самостоятельный практический интерес для характеристики не искаженного подпором режима уровня участка реки, то перенос его на участок, не испытывающий влияния подпора, следует осуществить заблаговременно, т. е. до начала работ по постройке плотины, для проведения параллельных наблюдений на старом и новом месте и их увязки.

9.6.3 Решение о переносе поста может быть принято только после изучения и анализа имеющихся материалов наблюдений и проведения рекогносцировки, в результате которой должно быть найдено новое место, действительно в большой степени удовлетворяющее требованиям, предъявляемым к участку наблюдений.

При переносе поста новое место выбирают возможно ближе к прежнему. Желательно подобрать новый участок расположения поста, сходный с прежним по ширине реки, глубинам и уклону водной поверхности. Участок реки между двумя постами должен быть беспроточным, так как основное требование – равенство расходов в створах старого и нового постов.

Для увязки результатов наблюдений на новом и прежнем местах производят в течение не менее полугода одновременно, охватывающие полностью фазы паводка и межени, наблюдения за уровнем на обоих постах. Одновременные наблюдения обязательны в тех случаях, когда наблюдения на новом посту могут явиться продолжением ряда лет наблюдений на старом посту и характеристики уровня имеют самостоятельное практическое значение. В случаях, когда режим уровня в новом месте будет не сравним с режимом на прежнем месте (в результате резкой деформации при блуждании русла или вследствие регулирования реки), одновременные наблюдения не производят. Одновременные наблюдения также не производят, если пост перенесен на небольшое расстояние в пределах однообразного участка при условии, что величина падения между постами не более 5–10 см.

Во всех случаях перенос постов должен быть согласован с Департаментом по гидрометеорологии.

Все обстоятельства и условия переноса, так же как и все необходимые сведения по посту на новом месте, отражают в ТД поста.

9.6.4 При переносе поста и его устройстве на новом месте необходимо до начала производства параллельных наблюдений произвести высотную привязку

реперов нового поста к основному реперу старого поста и определить падение уровня между постами. Если расстояние переноса не превышает несколько сотен метров, основной репер старого поста может быть оставлен в качестве основного; для нового поста устанавливают лишь контрольный репер.

В том случае, когда привязка реперов нового поста произведена до начала параллельных наблюдений, отметку нуля графика поста на новом месте назначают первоначально больше или меньше отметки нуля графика старого поста на величину падения уровня между постами. При этом, если новый пост расположен выше по течению, величину падения уровня прибавляют к отметке нуля графика старого поста, а если новый пост расположен ниже по течению – вычитают.

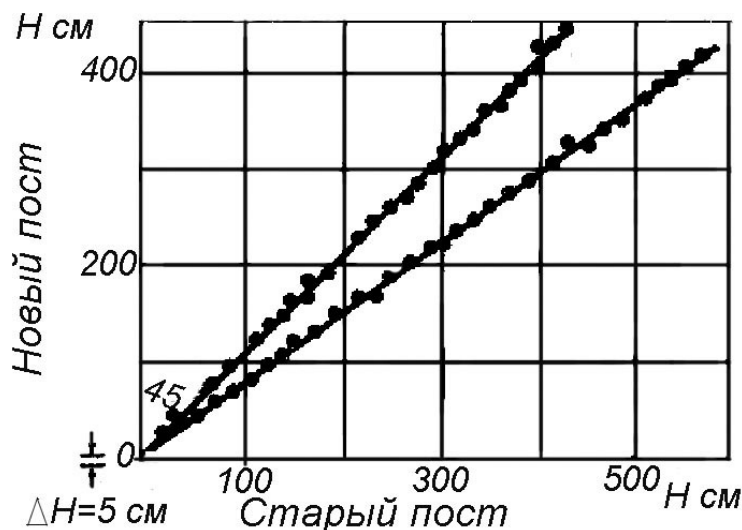


Рисунок 9.18 – График связи уровней старого и нового постов

Если высотная увязка реперов не осуществлена до начала параллельных наблюдений (что допустимо в исключительных случаях), то отметку нуля графика нового поста, первоначально условную, назначают с таким расчетом, чтобы высоты уровня на старом и новом постах над нулем графика в день начала одновременных наблюдений были равны между собой.

По результатам параллельных наблюдений на старом и новом постах строят график связи уровней на обоих постах.

При анализе графика связи уровней по старому и новому постам могут встретиться три случая:

- связь получилась в виде однозначной прямой с небольшим разбросом точек, проходящей под углом 45° к осям координат (рисунок 9.18, прямая I).

Это означает, что режим уровня на прежнем и новом местах одинаков, т. е. наблюдения полностью увязаны. Ряд наблюдений не разрывается – наблюдения на новом месте считают продолжением прежних и помещают в одной годовой таблице с ежедневными уровнями старого поста.

Окончательную отметку нуля графика поста после переноса принимают равной первоначально назначенной отметке с поправкой на величину ΔH , равной отрезку на оси уровней нового поста от начала координат до точки пересечения линии связи с этой осью.

Если при назначении первоначальной отметки нуля графика нового поста были выполнены приведенные выше рекомендации, эта поправка не превышает нескольких сантиметров;

- связь получилась в виде однозначной прямой, проходящей под углом к осям координат, не равным 45° (рисунок 9.18, прямая II), или в виде однозначной кривой.

Это означает, что режим уровня на прежнем и новом местах не вполне однороден (при переносе поста с широкого участка реки на более узкий, при изменении уклона на новом участке и пр.). Ряд наблюдений считают прерванным; по результатам наблюдений на старом и новом постах составляют отдельные таблицы ежедневных уровней.

Окончательную отметку нуля графика нового поста устанавливают так же, как и в первом случае;

- связь получилась неоднозначной (разным фазам режима свойственны самостоятельные линии связи) или на графике связи наблюдается большой разброс точек, который нельзя объяснить ошибками и неточностью наблюдений.

Это свидетельствует о значительной неоднородности режима реки на старом и новом местах вследствие резких деформаций русла, наличия приточности, водозабора или регулирования стока на участке переноса. В этом случае перенос рассматривают как закрытие прежнего и открытие нового поста.

9.7 Контроль материалов наблюдений за уровнем

9.7.1 Контроль материалов наблюдений за уровнем производят в гидрологическом подразделении ежемесячно сразу же по получении полевых материалов (книжек КГ–1М(н), таблиц ТГ–11, лент СУВ).

Контроль книжки КГ–М(н) состоит в следующем:

- просмотре записей наблюдателя и выборочной проверке произведенных им выборок с целью установления правильности ведения наблюдений и их обработки. Если за проверяемый месяц на посту было проведено контрольное нивелирование, то в случае изменения приводок должны быть соответственно исправлены вычисленные ранее средние суточные значения уровня воды и проверены выборки значений за все предыдущие месяцы со дня установленного срока действия новой приводки;

- построении хронологических графиков колебания уровня, температуры воды, ледовых явлений и толщины льда на комплексном графике результатов гидрометеорологических наблюдений, по которому проводят анализ хода уровня и его взаимосвязи с другими элементами гидрологического режима, как приведено на рисунке 9.18;

- построении совмещенных хронологических графиков хода уровня воды по всем постам, прикрепленным к данному сетевому гидрологическому подразделению и проведение анализа согласованности хода уровня между соседними постами, как приведено на рисунке 9.19.

9.7.2 Приводки нулей наблюдений к нулю графика вычисляют на посту сразу же после контрольного нивелирования; работник, проводящий нивелирование, должен располагать сведениями об отметках и приводках по трем–пяти предыдущим нивелированиям и по нивелированию, принятому за исходное. Если по результатам контрольного нивелирования приводки изменились, в ряде случаев целесообразно нивелирование сразу же повторить еще раз.

Вычисление приводок нулей наблюдений к нулю графика производят в следующем порядке:

- вычисленные по последнему нивелированию отметки нулей наблюдений и их приводки к нулю графика сличают с прежними отметками и приводками по предыдущим контрольным нивелированиям;

- в случае изменения величины приводок тщательно просматривают книжки наблюдений КГ–М(н) за все время между контрольными нивелированиями, выясняют причины и устанавливают даты изменения приводок (или производят интерполяцию приводок во времени).

Отметки нулей наблюдений вычисляют и выписывают в справочную таблицу

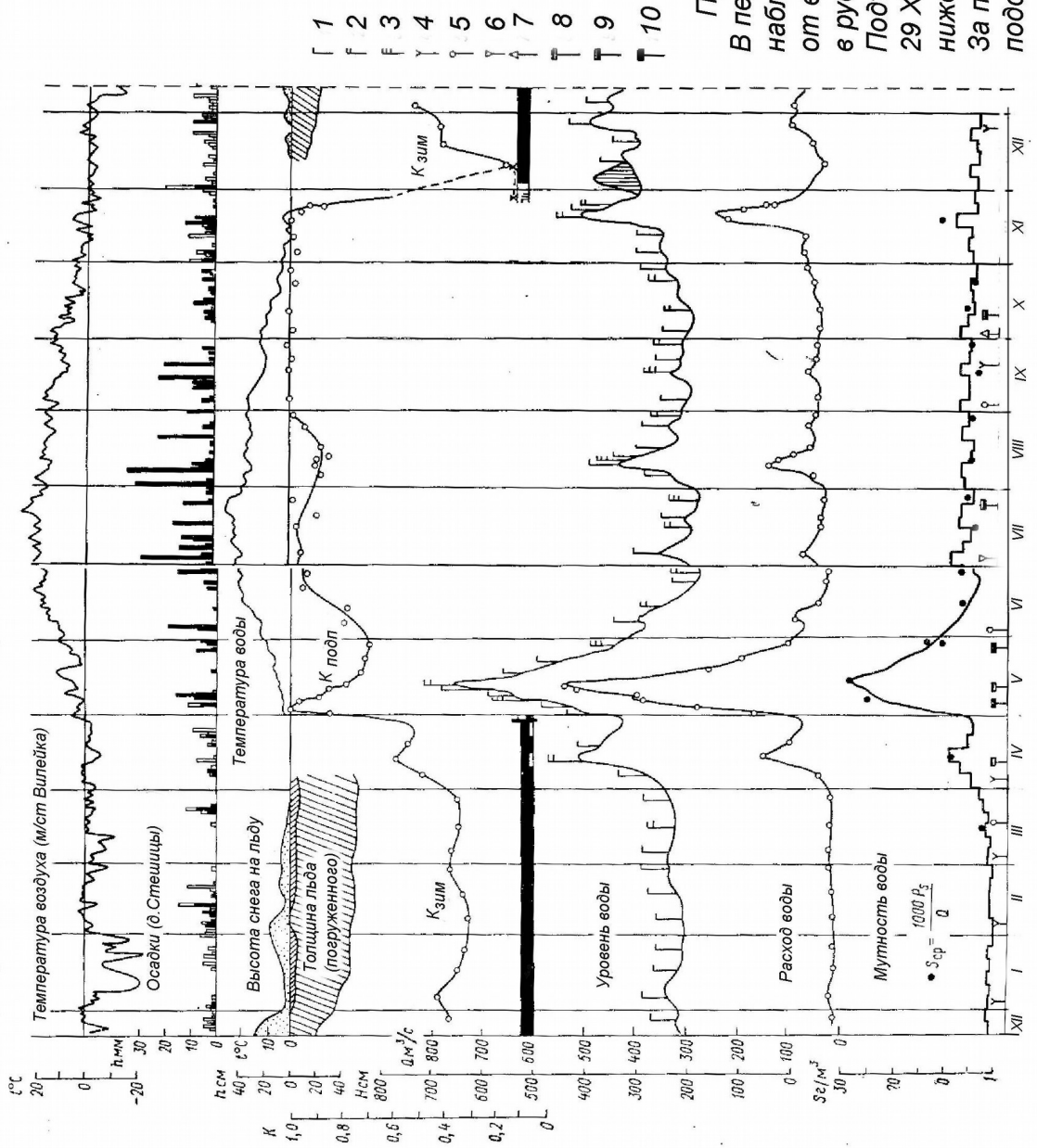
книжки КГ–1М(н) с точностью до 1 мм, а приводки к нулю графика–с точностью до 1 см.

При точности измерения уровня в 1 см приводку изменяют только в том случае, если отметка нуля наблюдений изменилась по сравнению с исходным нивелированием на 10 мм и более.

Для того чтобы найти моменты изменения приводок, необходимо тщательно просмотреть полевые книжки наблюдений, обращая внимание на записи наблюдателя о случаях повреждения постовых устройств. Если окажется, что такие случаи действительно имели место, изменения приводок следует отнести к датам повреждения постовых устройств; до повреждения принимают одни приводки, после повреждения – другие. Если же в книжках КГ–1М(н) записей о повреждениях постовых устройств не обнаружено, то следует обратить внимание на все случаи, когда изменения в высоте положения нулей наблюдений были наиболее вероятны – на периоды ледоходов, замерзания и. оттаивания почвы, случаи причала плотов и судов в районе поста и т. п. Для свайных постов следует выбрать из книжек случаи одновременных отсчетов высоты уровня по соседним сваям и по ходу изменения превышений одной сваи над другой установить даты изменения приводок.

Необходимо тщательно проанализировать ход уровня по записям наблюдателя; скачкообразное изменение уровня в период, когда колебания уровня маловероятны, будет свидетельствовать об изменении приводки.

Если в период между нивелированиями вероятно постепенное изменение отметок устройств для измерения уровня (например, вследствие зимнего выпучивания свай), то даты изменения приводок через каждый сантиметр по высоте находят путем прямолинейной интерполяции между датами начала и конца выпучивания свай, а при невозможности установления указанных дат – между датами нивелирований.



В период 5 V - 29 VIII наблюдался подпор уровня от временного сооружения в русле..
Подъем уровня в период 29 XI - 11 XII вызван забором ниже поста 200 м.
За период 29 XI - 11 XII сток подсчитан по интерполяции.

Рисунок 9.18 – Комплексный график результатов гидрометеорологических наблюдений

89

велись наблюдения в период между нивелированиями. При этом обязательно используют результаты параллельных наблюдений при переходе с одной сваи на другую.

Витебскоблгидромет

*Совмещенные графики колебания
уровня воды на реках бассейна р. Западная Двина
2006 г.*

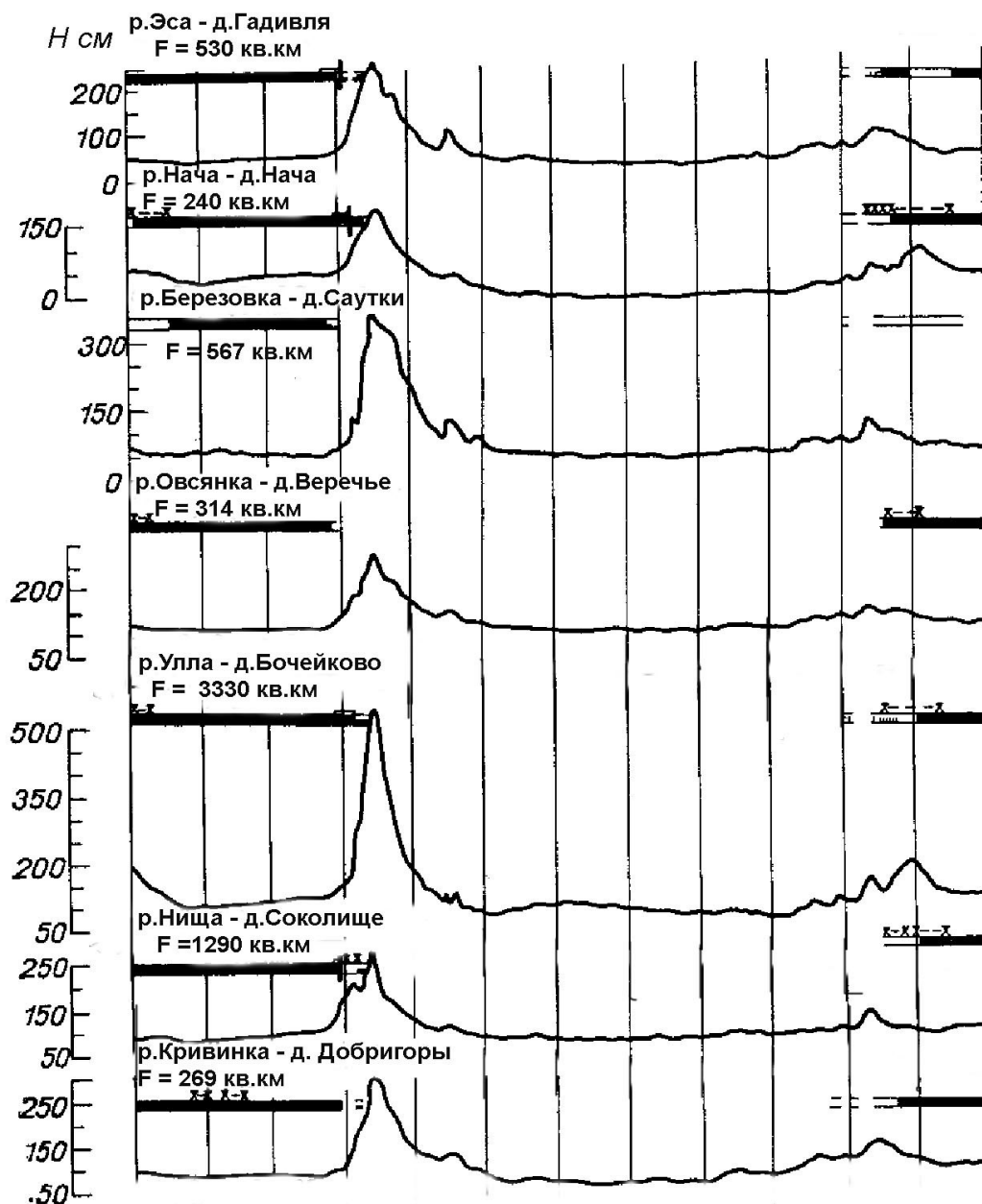


Рисунок 9.19 – Совмещенные графики колебания уровня воды на реках бассейна р. Западная Двина

При значительных изменениях приводок следует для проверки правильности их интерполяции построить график связи между значениями уровня воды, наблюденными на соседнем и на данном постах. При построении такого графика следует использовать ряд наблюдений, охватывающий значительно больший период времени, чем тот, который вызывает сомнения в отношении приводок. Кроме графика связи необходимо построить совмещенные по времени хронологические графики уровня воды для тех же постов и проанализировать степень их согласованности. Несогласованный ход уровня на этих графиках, необъяснимый естественными причинами изменений элементов режима на участке между постами,

будет указывать на моменты изменения приводок, на характер этих изменений и их значения.

При вычислениях приводок принимают, что репер сетевого гидрологического подразделения сохраняет свою отметку, а все изменения в значениях приводок являются результатом изменения высот нулей наблюдения – рек, свай. Следует иметь в виду, что иногда изменения в приводах могут быть обусловлены изменением высоты репера; на изменение высоты репера свайного поста указывает согласное (на одно и то же значение) изменение приводок всех или большинства свай. В этом случае обязательно производят повторное нивелирование между контрольным и основным реперами и при необходимости – связующие нивелирование от репера государственной сети.

В случае выявления неправильно вычисленных или принятых по времени приводок вычисления значений уровня воды за предыдущие месяцы (за все время применения неправильных приводок) следует исправить. Результаты прежних вычислений и выборок перечеркивают так, чтобы они все легко читались.

9.7.3 Просмотр полевой книжки наблюдений КГ–1М(н) производят с целью установления правильности наблюдений и обработки.

В паводочные периоды проверяют, своевременно ли начаты установленные для данного поста учащенные наблюдения. На свайных постах выявляют устойчивость свай по одновременным наблюдениям при переходе со сваи на сваю. Обращают внимание на четкость записей, полноту замечаний о явлениях, могущих изменить режим уровня воды в районе поста или вызвать местное искажение уровня, если таковые имели место.

При выборочной проверке выполненных наблюдателем поста вычислений и выборок дополнительно просматриваются книжки для записи измерений расходов воды и журналы нивелирований за данный месяц. Если записанные в них уровни были выше или ниже крайних его значений, отмеченных в книжке наблюдений, то эти уровни учитывают и выборки высшего и низшего значений уровня в проверяемой книжке соответственно исправляют с указанием источника, на основании которого они исправлены.

Результаты визуальных наблюдений за ветром, волнением, водной растительностью и другими явлениями в жизни реки служат как при просмотре полевых книжек, так и при последующем анализе для оценки их влияния на точность измерения уровня и используются в дальнейшем при оценке точности вычислений стока.

После просмотра и выборочной проверки вычислений производят оценку работы наблюдателя поста, которую сразу же сообщают ему вместе с подробными указаниями ошибок и путей по устранению обнаруженных недостатков в наблюдениях и обработке. При выявлении необходимости проведения контрольного нивелирования или переноса поста, дополнительного обучения наблюдателя и в других срочных случаях организуют внеочередную инспекцию поста.

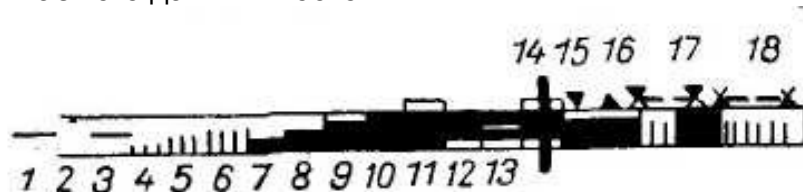
9.7.4 Комплексный график результатов гидрометеорологических наблюдений, на котором изображают годовой ход элементов гидрологического режима по наблюдениям на данном посту и ход температуры воздуха и осадков в речном бассейне, строят в карандаше на миллиметровой бумаге по образцу рисунка 9.18. График охватывает текущий календарный год и для преемственности последнюю декаду предшествующего и первую декаду последующего года. Комплексный график строят в течение всего года по мере поступления с постов материалов наблюдений и проведения контрольной проверки в сетевом гидрологическом подразделении.

Для постов с полным комплексом гидрологических наблюдений на комплексный график наносят гидрограф по средним суточным расходам с показанными на нем точками измеренных расходов, график колебания мутности единичных проб по

средним суточным (пентадным, декадным) значениям с показанными на нем значениями средней мутности по измеренным расходам наносов. На него наносят также графики колебания уклона водной поверхности и вспомогательные графики переходных коэффициентов $K_{зим}$ и $K_{зар}$, служащие не только для анализа результатов наблюдений, но являющихся и рабочими графиками при вычислении стока. Кроме указанных данных, на график наносят условными знаками даты выполнения отдельных видов работ на посту – измерений расхода воды, взвешенных и донных наносов, промеров, контрольных нивелировок, взятия проб взвешенных наносов и донных отложений на гранулометрический анализ и т. п. Даты измерения расходов отмечают флажками на графике уровня с указанием порядкового номера измерения. Основание флажка помещают на высоте расчетного уровня, к которому отнесен расход, а не на линии графика, построенного по средним суточным значениям уровня. Даты выполнения других видов работ отмечают внизу соответствующими условными знаками.

График средней температуры воздуха строят по данным ближайшего метеорологического подразделения, даже если оно расположено за пределами данного водосбора.

Суточные суммы осадков наносят по данным ближайшего метеорологического подразделения или посту, характеризующих средние условия увлажнения водосбора, замыкаемого данным постом.



1–сало; 2–заберег; 3–сало при забереге; 4–редкий шугоход; 5–средний шугоход; 6–густой шугоход; 7–редкий ледоход; 8–средний ледоход; 9–густой ледоход; 10–ледостав; 11–вода течет поверх льда; 12–закраины; 13–разводья; 14–подвижка льда; 15–затор льда ниже поста; 16–затор льда в створе и выше поста; 17–зажор ниже поста; 18–зажор в створе и выше поста (условные знаки 17, 18 ставятся в начале и конце периода зазора).

Рис. 9.20 – Условные обозначения фаз ледового режима

При построении комплексного графика необходимо соблюдать следующие правила:

- горизонтальный масштаб (по оси времени) принимают общим для всех элементов: 1 мм соответствует 1 суткам;
- для удобства сравнения графиков за ряд лет вертикальный масштаб для изображения хода каждого элемента назначают из года в год постоянным;
- хронологический график уровня воды строят в таком масштабе, чтобы многолетняя амплитуда колебаний уровня занимала по высоте не более 10–12 см. Масштабы по оси уровня примерно определяют в соответствии с таблицей 9.4;

Таблица 9.4

Амплитуда, м	до 1,0	1–2	2–5	5–10	более 10
Масштаб	1:10	1:20	1:50	1:100	1:200

– фазы ледового режима отмечают в виде отдельной полосы шириной 4 мм, помещаемой над графиком уровня, с условными обозначениями согласно рисунку 9.20;

– хронологические графики температуры воды и воздуха вычерчивают в вертикальном масштабе: 1 мм соответствует 1 °С. На графике температуры воздуха

для наглядности положительные значения температуры следует рисовать красным карандашом, а отрицательные – синим;

- хронологический график толщины льда и снега на льду вычерчивают в масштабе: 1 мм соответствует 2 см. Общую толщину льда подразделяют черной сплошной линией на непогруженный и погруженный лед;

- график осадков вычерчивают в вертикальном масштабе – 1 мм = 1 мм. Жидкие осадки изображают окрашенными (черными) столбиками, твердые – неокрашенными (светлыми).

При построении всех хронологических графиков следует придерживаться общего правила – откладывать на чертеже значение того или иного элемента на линии, ограничивающей справа миллиметровое деление, отвечающее данным суткам.

9.7.5 Хронологические графики уровня, совмещенные по всем постам, прикрепленным к сетевому гидрологическому подразделению, строят по образцу рисунка 9.19.

Для удобства последующего анализа графики, относящиеся ко всем постам одной реки, следует строить на одном листе. Шкалу времени для всех графиков назначают общей. В верхнем правом углу каждого листа помещают схему расположения постов.

При расположении графиков на листе следует соблюдать следующие правила:

- между графиками по постам на основной реке, находящимся выше и ниже значительного притока, помещают график по самому нижнему посту на притоке;

- для рек, вытекающих из озер, сначала помещают график хода уровня на озере, а затем график по верхнему посту на реке;

- если нижний пост расположен на приустьевом участке реки в зоне возможного подпора от водоприемника (главной реки, озера, водохранилища), следует поместить график хода уровня на этом водоприемнике.

Графики строят с таким расчетом, чтобы они не пересекались, для чего нули шкал уровня воды смещают. Масштабы графиков (горизонтальный и вертикальный) принимают такими же, как и для комплексного графика.

Для одного листа масштаб по оси уровня назначают однообразным для всех совмещенных графиков и сохраняют постоянным из года в год. Границы месяцев показывают вертикальными линиями.

Над графиком колебаний уровня воды для каждого поста следует поместить графическое изображение ледовых фаз теми же условными обозначениями, как и на комплексном графике; с левой стороны надписать название реки, пункта и площадь водосбора.

В процессе анализа на графиках прослеживают по длине реки или сравнивают с другими реками развитие и затухание паводков, наступление и характер меженных периодов, ход изменения уровня в периоды ледообразования и т. п. Оценивают степень согласованности в ходе уровня и ледовых явлений на отдельных постах и выявляют причины, нарушающие эту согласованность в отдельные периоды. В процессе анализа данного года необходимо обратиться также к материалам прошлых лет, особенно для оценки высоты уровня в периоды летней и зимней межени.

9.7.6 Обнаруженные случаи несогласованности хода отдельных элементов гидрометеорологического режима не могут быть основанием для внесения каких бы то ни было исправлений полевых данных. Эти случаи должны служить для подразделения лишь сигналом к тому, чтобы повторить проверку результатов наблюдений, а при отсутствии ошибок в вычислениях еще раз внимательно просмотреть весь материал, чтобы выявить другие причины, вызвавшие несогласованность данных. В этих случаях основное внимание следует обратить на проверку правильности организации и техники производства наблюдений, состояние

постовых устройств, качество и полноту полевых записей.

В результате гидрологического анализа по комплексному графику и совмещенным графикам уровня воды могут быть выявлены недостатки в организации работ и обнаружены ошибки, не вскрытые при просмотре и выборочной проверке вычислений.

Краткие замечания об особых условиях, определяющих точность и надежность наблюдений, и пояснения к факторам, обуславливающим особенности водного режима реки в отдельные периоды и дни, записывают прямо на чертежах между графиками, но так, чтобы эти записи не затрудняли чтение самого чертежа. На комплексных графиках более подробные замечания и необходимые выводы по результатам гидрологического анализа записывают на свободной полосе в правой части чертежа.

Если недостатков в записи, производстве и обработке наблюдений не было обнаружено и замеченные случаи нарушения согласованности или взаимной связи анализируемых элементов гидрологического режима работником, производящим анализ, не могли быть объяснены какими-либо естественными или искусственными причинами, то результаты наблюдений должны быть взяты под сомнение и на графиках подчеркнуты волнистой красной чертой.

В тех случаях, когда при анализе были выявлены какие-либо особенности режима, которые должны быть учтены в процессе вычисления стока, их записывают на правом свободном поле комплексного графика.

Следует иметь в виду, что все записи на чертежах комплексных и совмещенных графиков являются рабочими, вспомогательными материалами, а потому, стремясь изложить их кратко, не следует отказываться от записей кажущихся «мелочей», которые часто как раз и являются основными.

10 Наблюдения за продольным уклоном водной поверхности

10.1 Общие положения

10.1.1 Продольным уклоном водной поверхности (I) на некотором участке реки называют разность отметок уровней (падение ΔH), отнесенную к длине участка S , т. е.

$$I = \frac{\Delta H}{S}, \quad (10.1)$$

Уклон выражают в отвлеченных единицах или в метрах на километр (промилле).

В гидравлическом смысле уклон является градиентом полной энергии потока, который в соответствии с дифференциальным уравнением неравномерного движения представляют в виде суммы трех величин:

$$I = I_v + I_m + I_{mc} \quad (10.2)$$

где I_v – градиент скоростного напора;

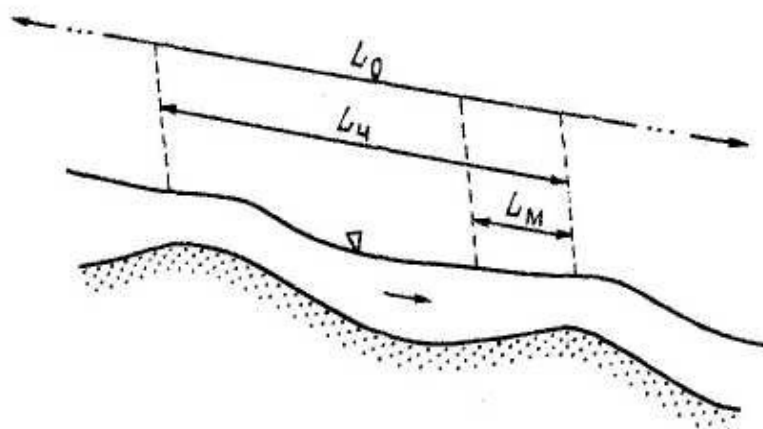
I_m – уклон трения;

I_{mc} – градиент потерь напора на преодоление местных сопротивлений, который в гидравлике принято выражать в долях от

$$I_v \div I_{mc} = \xi I_v, \quad (10.3)$$

где ξ – коэффициент местных сопротивлений.

По физическому смыслу уравнения 10.2 I относят лишь к ближайшей окрестности отдельно взятого створа. В этом случае I выражает местный (локальный) уклон водной поверхности.



L_0 , $L_{\text{ч}}$, L_M – базисы общего, частного и местного уклонов.

Рисунок 10.1 – Схема к определению уклона водной поверхности

Таким образом, местный уклон служит характеристикой пропускной способности русла в отдельно взятом створе. Его значение используют при определении расходов методом «уклон–площадь» по меткам высоких уровней или в неосвещенной измерениями части амплитуды их колебаний.

В то же время в гидравлических расчетах принято выделять достаточно протяженные участки квазиравномерного движения, пренебрегая не слишком большими нарушениями призматичности русла. Для такого участка определяют так называемый частный уклон водной поверхности $I_{\text{ч}}$, который характеризует в совокупности потери энергии на трение и преодоление местных сопротивлений.

Наконец, если рассматривают участок значительного протяжения (десятки и сотни километров), то устанавливают общий уклон реки I_0 .

10.1.2 Уклоны водной поверхности измеряют геодезическими методами по разности отметок уровня на смежных уклонных постах: верхнем по течению ($z_{\text{в}}$) и нижнем ($z_{\text{н}}$) – при известном расстоянии между ними – базисе S :

$$I = \frac{(z_{\text{в}} - z_{\text{н}})}{S} \quad (10.4)$$

Уклон принято выражать в относительных единицах десятичной дробью или в промилле (‰ – в тысячных долях), которые численно равны падению уровня в метрах на 1 км.

10.1.3 Наблюдения за продольными уклонами водной поверхности организуют в тех створах, где в отдельные периоды времени с целью повышения точности учета стока необходимо производить определение расхода методом «уклон–площадь».

К таким случаям относят:

- недостаточную освещенность измерениями верхней части кривой расходов;
- наличие переменного подпора, обусловленного различными причинами (подпор от впадения нижерасположенного притока или от реки–водоприемника, в которую впадает данная река, от заторно-зажорных явлений и т. п.);
- наличие интенсивных русловых деформаций;
- резко выраженное неустановившееся движение потока (при расположении поста ниже крупных гидротехнических сооружений, осуществляющих попуски, на реках с наличием ливне–дождевых паводков и др.);

- наличие затопливаемой в половодье или паводок широкой поймы;
- замена измерений расходов воды их вычислением по уравнению неравномерного движения или формуле Шези по всей амплитуде колебания уровня или только при паводочных уровнях (уровнях половодья).

10.1.4 Для определения градиента скоростного напора I_v (10.2) необходимо знать значения площадей живых сечений на верхнем (F_v) и нижнем (F_n) уклонных постах. По этой причине один уклонный пост совмещают с гидроствором, а в створе другого (нижнего или верхнего) поста производят промеры русла и строят кривую $F_n=f(H)$.

10.2 Выбор репрезентативного участка для измерения уклона

10.2.1 При выборе репрезентативного участка для измерения уклона водной поверхности наиболее физически обоснованным подходом является использование уравнений, описывающих движение воды в естественных потоках. В общем случае движение в реках является неустановившимся, но в большинстве случаев (нет выраженных паводочных петель или петель от искусственных попусков на кривой расходов) его можно рассматривать как установившееся неравномерное.

Уравнение установившегося неравномерного движения для участка потока, записанное в конечных разностях, имеет вид

$$I = \frac{V_{\bar{n}\bar{\partial}}^2}{C^2 R} + \frac{a_H V_{\bar{n}\bar{\partial}.i}^2 - a_A V_{\bar{n}\bar{\partial}.a}^2}{2gS}, \quad (10.5)$$

где I – уклон водной поверхности на участке;

$\frac{V_{\bar{n}\bar{\partial}}^2}{C^2 R}$ – член, выражающий уклон трения;

$\frac{a_H V_{\bar{n}\bar{\partial}.i}^2 - a_A V_{\bar{n}\bar{\partial}.a}^2}{2gS}$ – инерционный член, характеризующий изменение средних

соро-

стей по длине потока;

$V_{\text{ср.н}}$ и $V_{\text{ср.в}}$ – средние скорости в створах нижнего и верхнего уклонных постов;

a_n и a_v – соответственно коэффициенты Кориолиса в этих же створах;

C – коэффициент, характеризующий гидравлическое сопротивление;

S – расстояние между створами уклонных постов;

g – ускорение свободного падения;

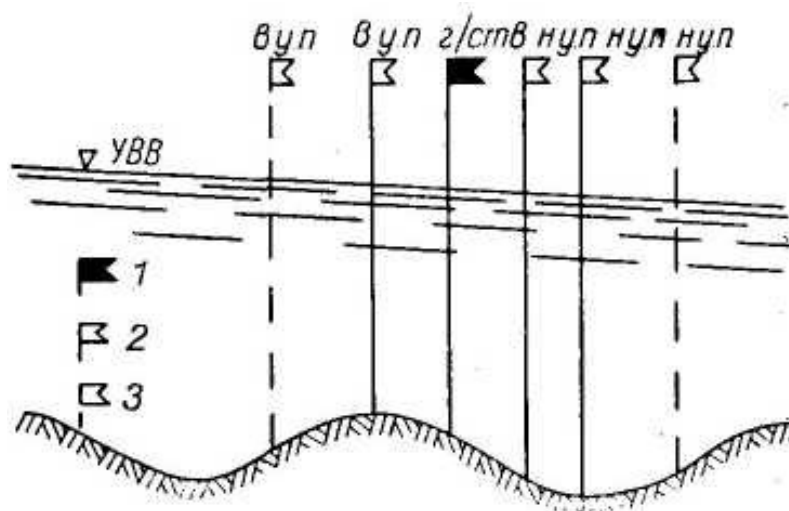
R – гидравлический радиус, который при широком русле обычно заменяется средней глубиной.

Неравномерность движения потока характеризуется второй член правой части приведенного уравнения, т. е. характер изменения средних скоростей по длине участка. Чтобы участок был репрезентативным, изменение скоростей на нем должно быть однообразным (либо увеличение, либо уменьшение). Поскольку скорости изменяются обратно пропорционально площадям сечений, указанное условие относится также к площадям, т. е. в пределах репрезентативного участка площади живых сечений должны либо убывать, либо возрастать. В ряде случаев за счет изменения формы живого сечения площади могут мало меняться; в то же время наличие мезоформ (гряд) большого масштаба, создающих вертикальное сжатие и расширение потока, приводит к существенному изменению режима движения. В таких случаях следует соблюдать дополнительное условие – места расположения уклонных постов по отношению к гидроствору надо выбирать так, чтобы между уклонными постами было обеспечено однообразное изменение средних глубин, т. е.

уклонные посты должны располагаться на гребне и впадине мезоформы или в промежутке между ними. Схема расположения створов для измерения уклонов водной поверхности приведена на рисунке 10.2.

Коэффициент a , входящий в уравнение неравномерного движения, в пределах одного участка значительных изменений не претерпевает. Коэффициент C при паводочных уровнях на беспойменных участках рек практически постоянен.

10.2.2 Для обоснованного выбора репрезентативного участка с целью производства наблюдений за уклонами необходимо иметь план русла в горизонталях на значительном расстоянии или хотя бы серию поперечников, привязанных к магистрали на берегу. Если гидроствор расположен на плёсе, участок должен захватывать либо выше, либо ниже лежащие перепады. При отсутствии таких планов места расположения уклонных постов в первом приближении можно установить на основе рекогносцировочного обследования по ширинам русла в паводок, учитывая, что изменения ширин по длине коррелятивно связаны обратным соотношением с изменением средних глубин. При этом места расположения уклонных створов по отношению к гидроствору выбирают так, чтобы они не выходили за границы выше и ниже лежащих больших расширений и сужений русла.



1 – гидроствор; 2 – правильное положение уклонных створов на репрезентативном участке; 3 – неправильное положение уклонных створов

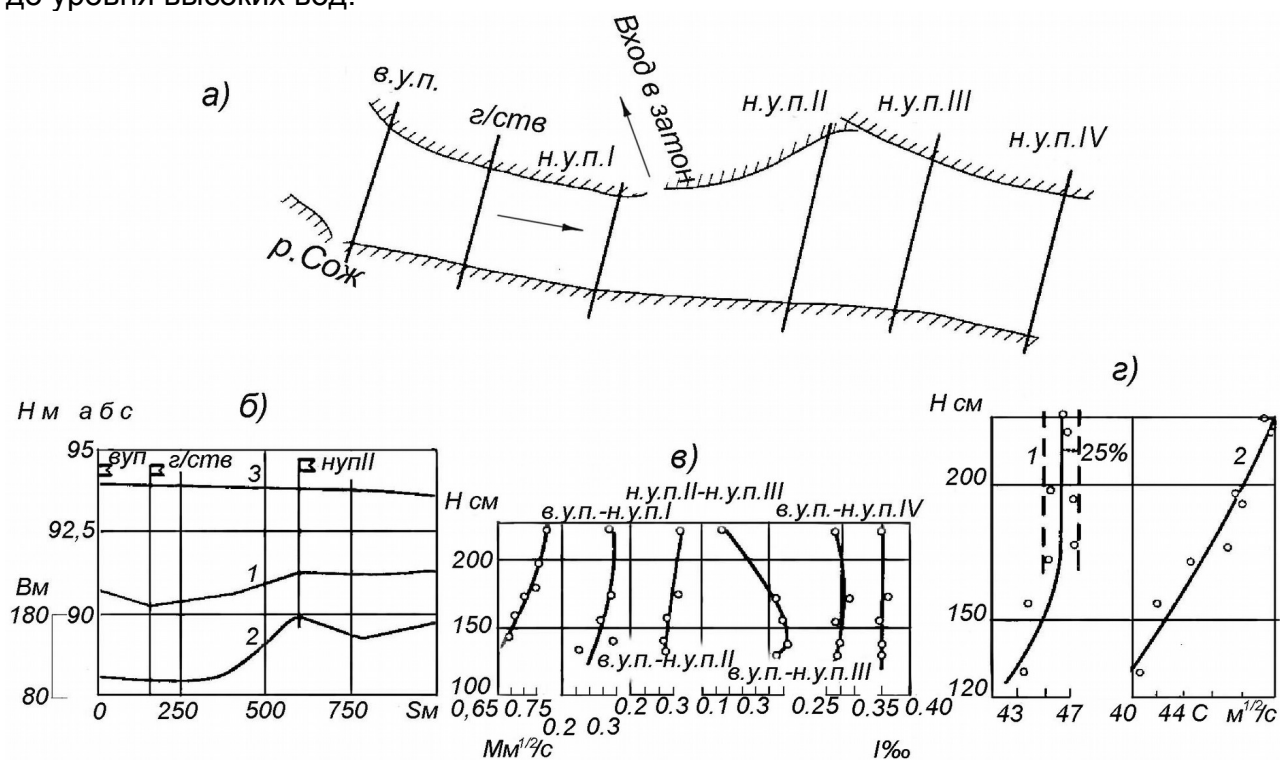
Рисунок 10.2 – Схема расположения створов для измерения уклонов водной поверхности

По изменениям площадей живого сечения в пределах участка (при наличии плана русла в горизонталях) или ширин (полученных по рекогносцировочному обследованию) следует заранее составить представление о характере изменения уклона (измеренного на репрезентативном участке) с увеличением уровня при паводочных наполнениях русла. При увеличении площади живого сечения ниже гидроствора и соответственно при расширении русла – уклон возрастает с повышением уровня. При уменьшении площади живого сечения и соответственно при сужении русла ниже гидроствора – уклон уменьшается с ростом уровня. На сравнительно прямолинейном однообразном участке значительного протяжения – уклон при паводочных наполнениях не зависит от изменения уровня, т. е. практически постоянен. Указанные закономерности могут нарушаться при наличии условий, вызывающих дополнительные гидравлические сопротивления, например, наличие переменного подпора, кустарников и деревьев, создающих дополнительную шероховатость и т. д.

На рисунке 10.3 приведен конкретный пример по выбору репрезентативного участка для измерения уклона водной поверхности при наличии схематического

плана русла на протяжении 1 км при паводочных наполнениях, нескольких измерений уклона нивелированием, измерений площадей живого сечения и ширин. Как видно на рисунке 10.3.а, гидроствор расположен на сравнительно прямолинейном участке небольшой длины. Ниже гидроствора имеется расширение русла, из чего следует, что уклон при паводочных наполнениях должен возрастать с повышением уровня. Верхний уклонный пост расположен в 160 м выше гидроствора. Необходимо установить нижнюю границу репрезентативного участка. В соответствии с вышеизложенным граница участка не должна выходить за пределы наибольшего расширения, т. е. положение нижних уклонных створов I и II – будут на репрезентативном участке, а III и IV – на нерепрезентативном. Эти выводы подтверждаются данными рисунке 10.3.б, где приведены продольные профили дна и водной поверхности на рассматриваемом участке и график изменения ширин по длине при паводочных уровнях. Примерно на расстоянии 600 м от верхнего уклонного поста (в. у. п.), что соответствует положению нижнего уклонного поста (н. у. п.) II, имеет место резкий перелом в ширине русла при уровнях половодья и в продольном профиле дна (построен по отметкам средних глубин). Из данных рисунке 10.3.в видно, что на участке в. у. п.– н. у. п. I и в. у. п.–н. у. п. II уклон возрастает с возрастанием уровня; на участке в. у. п.–н. у. п. III уклон уменьшается с возрастанием уровня; на участке в. у. п.–н. у. п. IV уклон не зависит от изменения уровня, т. е. постоянен. Из данных рисунке 10.3.г видно, что при использовании данных об уклоне на репрезентативном участке в. у. п.–н. у. п. II – коэффициент С формулы Шези, начиная с уровня 170 см над нулем графика практически постоянен и равен $46 \text{ м}^{1/2}/\text{с}$, а при использовании уклона, измеренного на нерепрезентативном участке в. у. п. – н. у. п. III – коэффициент С возрастает.

После окончательного выбора участка на уклонных постах, как и на гидростворе, следует нивелированием и путем промера получить профили поперечного сечения до уровня высоких вод.



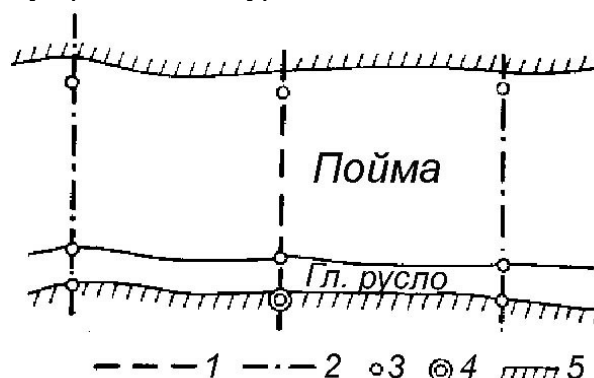
а) схематический план участка; б) продольные профили дна: (1), водной поверхности (2) и график изменения ширин реки по длине участка (3); в – зависимости от уровня воды параметра $M = \frac{V_{\text{нб}}}{\sqrt{h_{\text{ch}}}}$

по гидроствору и уклонов водной поверхности на участках разной длины; ε – зависимости от уровня воды коэффициента S формулы Шези, вычисленного при уклонах, измеренных на репрезентативном (1) и нерепрезентативном (2) участках

Рисунок 10.3 – Схематический план участка

10.2.3 Если гидрологический пост оказался выбранным на участке реки с широкой поймой, затапливаемой в половодье (паводок), что допустимо в виде исключения, то вопрос выбора репрезентативного участка по измерению местного уклона водной поверхности представляет собой сложную специальную задачу.

В общем случае при расположении гидроствора в сужении долины границы створов уклонных постов не следует выносить за пределы резких расширений или сужений долины, расположенных ниже или выше гидроствора. На участке (и особенно на гидростворе) ось главного русла не должна составлять большой угол с осью долины. Целесообразно участок выбирать с односторонней поймой, где главное русло прижато к одному из берегов. Если большая часть расхода воды при высоких уровнях проходит по пойме, можно менее строго относиться к требованиям выбора участка для измерения уклона главного русла, и участок выбирать так, чтобы можно было обеспечить определение расходов воды на пойме. Схема расположения уклонных постов, в минимальной мере обеспечивающая получение продольных уклонов в главном русле, продольных и поперечных уклонов в пойме для простейшего случая параллельности осей главного русла и поймы, приведена на рисунке 10.4. Следует также иметь в виду, что на пойменных участках рек репрезентативные участки для измерения уклона водной поверхности могут быть разными для русловой зоны до выхода воды на пойму и после выхода. При невозможности оборудования двух участков предпочтение следует отдать репрезентативному участку при высоких уровнях.



1 – гидроствор; 2 – створы уклонных постов; 3 – уклонный гидрологический пост; 4 – основной гидрологический пост; 5 – коренной берег

Рисунок 10.4 – Примерная схема расположения уклонных постов на створах с широкими поймами

10.2.4 Установив границы репрезентативного участка для измерения уклона водной поверхности, следует найти длину участка (базиса), определяющую общее значение падения уровня в его пределах. Измеренные уклоны должны обладать определенной заданной точностью. Последняя зависит от длины участка, точности нивелирования, связывающего водомерные устройства в створах уклонных постов, значения измеряемого уклона и погрешности, с которой измеряют уровень воды на уклонных постах. Эти параметры связаны формулой:

$$S = \frac{\eta^2 + \sqrt{\eta^2 + 800\sigma_{0I}^2 I^2 \sigma_H^2}}{200I^2 \sigma_{0I}^2}, \quad (10.6)$$

где η – средняя квадратическая погрешность нивелирования на длине базиса (для нивелирования IV класса $\eta = \pm 10$ мм на 1 км двойного хода);

σ_{01} – относительная средняя квадратическая погрешность измерения уклона, ‰;

σ_H – средняя квадратическая погрешность измерения уровня воды, мм;

S – расстояние между уклонными створами, км;

I – значение измеряемого уклона, ‰.

Для применения приведенной формулы уклон определяют в результате рекогносцировочного обследования. В формулу следует вводить уклон, измеренный в половодье (паводок); при изменяющемся с уровнем уклоне ориентировочно берут уклон при половодье (паводке) средней высоты.

Если значение вычисленного базиса окажется больше, чем длина репрезентативного участка, выбранного по гидравлическим условиям протекания водной массы потока, то необходимо повысить точность измерения элементов, входящих в приведенную формулу, в такой мере, чтобы расчетная длина базиса не превышала длину репрезентативного участка. Точность измерения уровня на уклонных постах можно повысить путем применения ГР–23; повышения точности измерения уклона или, вернее, более точное проведение осредненной кривой зависимости уклона от уровня можно достичь путем учащенных наблюдений за уклоном; точность нивелирования – путем повышения его класса.

Для наиболее часто встречающихся условий на основе формулы для определения длины базиса составлена таблица 10.1, в которой приведены длины базиса S для различных значений уклонов, погрешностей их измерения и погрешностей измерения уровней.

Таблица 10.1 – Расстояние между уклонными постами S (км) при измерении местных уклонов водной поверхности

I ‰	$\sigma_{01} = 7\%$		$\sigma_{01} = 10\%$		$\sigma_{01} = 15\%$	
	$\sigma_H = 5$ мм	$\sigma_H = 10$ мм	$\sigma_H = 5$ мм	$\sigma_H = 10$ мм	$\sigma_H = 5$ мм	$\sigma_H = 10$ мм
0,05	8,7	9,8	4,5	5,5	2,2	3,0
0,06	6,1	7,2	3,2	4,1	1,6	2,3
0,08	3,6	4,6	2,0	2,7	1,0	1,6
0,10	2,5	3,3	1,4	2,0	0,7	1,2
0,20	0,8	1,3	0,5	0,9	0,3	0,5
0,30	0,4	0,8	0,3	0,5	0,2	0,3
0,40	0,3	0,5	0,2	0,4	0,1	0,3
0,50	0,2	0,4	0,2	0,3	0,1	0,2
0,60	0,2	0,4	0,2	0,3	0,1	0,2
0,80	0,1	0,3	0,1	0,2	0,1	0,1
1,0	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1
1,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

10.3 Измерение уклона водной поверхности

10.3.1 Измерения высоты уровня воды на уклонных постах ведут по специальной программе, составленной сетевым гидрологическим подразделением. Частота измерений уклонов зависит от гидравлического режима потока, условий измерений и требуемой точности. Уклоны измеряют в таком количестве, чтобы получить достаточно обоснованную кривую зависимости уклона от уровня. При этом измерения уклона должны осветить зависимость $I=f(H)$ по возможности по всей амплитуде колебания уровня воды и обязательно дать данные об уклонах в следующие фазы режима:

- начало весеннего подъема уровней;
- наступление уровней, соответствующих отметке выхода воды на пойму (при

наличии последней);

- на пике половодья;
- среднее затопление поймы при спаде половодья;
- летняя межень (высокая, низкая);
- начальный период ледостава, его середина и период перед вскрытием реки.

В нормальных условиях (при отсутствии подпорных явлений) уклоны измеряют, как правило, не более десяти раз в году. При этом необходимо, чтобы наблюдения за уклонами были равномерно распределены по всей амплитуде колебания уровня.

На некоторых постах в период переменного подпора, паводков и зажорных (заторных) колебаний уровня наблюдения за уровнем воды на уклонных постах ведут учащенно, или ежедневно в стандартные сроки так же, как и на основном посту.

Серии наблюдений за уклонами на реках с устойчивым руслом выполняют в течение 1–2 лет, а в дальнейшем – один раз в 3–4 года.

При наличии СУВ желательно уклонные посты оборудовать ими.

10.3.2 Наблюдения за уровнем воды на уклонных постах следует проводить по возможности одновременно. При наличии одного наблюдателя и значительной длины базиса (расстояния между уклонными постами) для возможности приведения наблюдений к одному моменту времени наблюдатель поста должен записывать время производства наблюдений на каждом посту. При этом в периоды быстрого изменения уровней можно рекомендовать следующий порядок отсчетов по водомерным устройствам: на основном посту, на верхнем уклонном посту, на основном посту, на нижнем уклонном посту, на основном посту. Для случаев резкого изменения уровня воды при любом количестве постов на основном посту должны быть выполнены измерения уровня в начале работ по измерению уклона, в конце и в промежутке между наблюдениями.

10.3.3 Следует иметь в виду, что на равнинных реках, имеющих малые уклоны водной поверхности (меньше 0,20 ‰), наблюдения за высотой уровня воды на уклонных постах необходимо вести с повышенной точностью. Для этого водомерные устройства уклонных постов должны иметь защиту от волнения. На водомерных устройствах свайного типа следует применять водомерную рейку с консервацией уровня (ГР–23).

10.3.4 В створах некоторых уклонных постов (по указанию сетевого гидрологического подразделения) в определенные сроки необходимо проводить промеры глубин, частоту которых определяют в зависимости от степени устойчивости русла. Промеры глубин русла должны быть произведены в основном в следующие характерные фазы режима:

- в зимнюю межень;
- при вскрытии реки, после ледохода;
- на серединах подъема и спада паводка (половодья);
- при уровнях, близких к максимальным;
- в летнюю межень;
- после прохождения высоких дождевых паводков.

Записи при промерах глубин производят в книжке КГ–63, отдельную для каждого поста (верхнего и нижнего), данные о промерах глубин в дальнейшем используют сетевым гидрологическим подразделением при обработке наблюдений за уклонами.

10.3.5 Измерение уклонов водной поверхности на пойменных участках выполняют для получения среднего уклона в пределах одного пойменного массива и частных уклонов на морфологически однородном участке реки. Постоянно действующие уклонные посты располагают на приверхе пойменного массива, в гидростворе и в конце пойменного массива. Если пойменный массив расчленяется протоками или по нему проходят спрямляющие протоки (при незавершенном

меандрировании), то уклонные посты организуют на входе в эти протоки, на выходе из них и в гидростворе.

Если морфологически однородный участок представляет собой островную многорукавность с крупными островами, то уклонные посты организуют: один в сужении перед островами, второй – в сужении ниже островов.

Определение частных уклонов водной поверхности по урезным кольям в пределах пойменного участка (пойменного массива) выполняют не менее, чем для четырех различных горизонтов воды, наблюдаемых: в низкую межень, при средних уклонах (между низкой меженью и уровнем бровки), на уровне бровки берегов и на пике половодья.

Работы по определению частных уклонов с построением продольного профиля в пределах пойменного массива продолжают не менее двух–трех первых лет с начала организации наблюдений за ними. Их можно прекратить после того, как будет обоснован выбор репрезентативного участка для измерения на нем продольного уклона водной поверхности.

10.3.6 Кроме наблюдений за уклонами в стандартные сроки применяют, в случае необходимости, мгновенную связь уровня воды в характерных местах исследуемого участка реки. Забивку урезных кольев в точках мгновенной связи производят одновременно по выверенным часам. В то же время и при нивелировании урезных кольев ведут учащенные наблюдения за уровнем воды на соседних уклонных постах. Если на участке отсутствуют уклонные посты, то заблаговременно организуют временные уровенные посты. Наблюдения за уровнем на этих постах начинают за 3–4 дня до забивки урезных кольев и начала их нивелирования.

Уклонные посты, урезные кольца показывают на плане участка реки или на картографической основе.

По данным нивелирования урезных кольев, забитых в характерных точках пойменного массива, строят продольный профиль, на котором определяют частные уклоны водной поверхности.

Для характеристики частных уклонов водной поверхности в русле, в пределах пойменного массива, урезные кольца забивают по берегу пойменного массива, обращенного к руслу, на таком протяжении, чтобы в него вошли не менее двух гребней перекатов: один плес полностью (между гребнями перекатов) и по $\frac{1}{4}$ плесовых участков, расположенных выше и ниже перекатов.

10.4 Обработка и анализ данных наблюдений по измерению уклона водной поверхности

10.4.1 Первичную обработку данных наблюдений за уклонами водной поверхности производят на гидрологическом посту сразу же после наблюдения. В сетевом гидрологическом подразделении выборочно проверяют обработанные материалы, поступившие с поста, и в первый год наблюдений выполняют анализ с оценкой репрезентативности выбранного участка и возможностей использования данных об уклоне в целях экстраполяции кривых $Q = f(H)$, расчетов расходов по уравнению неравномерного движения или формуле Шези.

Первичная обработка на посту состоит:

- в вычислении измеренных значений уклона путем деления падения ΔH между уклонными постами (после приведения к одному моменту времени) на длину базиса S ;

- в построении зависимости значений измеренного уклона от уровня. Если точка измеренного уклона резко отклоняется от общего направления кривой $I = f(H)$, то измерение надо повторить или выяснить причину отклонения.

10.4.2 В сетевом гидрологическом подразделении для постов, расположенных на беспойменных участках рек, на которых возможно получить площади живого сечения в створах верхнего и нижнего уклонных постов и значения коэффициента Кориолиса, в значение измеренного уклона вводят поправку за счет неравномерности движения потока на участке измерения. Поправку вычисляют по формуле:

$$I_{ei} = \frac{\alpha Q^2}{2g} \left(\frac{1}{w_i^2} - \frac{1}{w_a^2} \right), \quad (10.7)$$

где Q – расход воды, протекающей на участке в момент измерения уклона;

w^H и w^B – площади живых сечений соответственно в створах верхнего и нижнего уклонных постов;

α – коэффициент Кориолиса.

Вычисленную инерционную поправку вводят в значение падения лишь в том случае, если она составляет не менее 5 % величины падения. В формулу Шези в этом случае подставляют уклон с поправкой. При этом, если $w^H < w^B$, поправку вводят в измеренное значение падения со знаком минус, а при $w^H > w^B$ – со знаком плюс.

10.4.3 Результаты наблюдений за уклоном водной поверхности (время наблюдений и отсчеты положения уровней относительно головок свай или нулей реек на верхнем и нижнем уклонных постах) заносят в книжку КГ–14М(н). Дальнейшая обработка включает:

- вычисление отметки уровня над нулем поста (его назначают общим для верхнего и нижнего постов);
- определение падения Δz между уклонными постами как разности высот уровня над нулем поста;
- вычисление уклона водной поверхности делением Δz на длину базиса S (обе величины при этом должны быть выражены в одинаковых единицах измерения, например, в метрах);
- определение суммы градиентов скоростного напора и потерь энергии на преодоление местных сопротивлений:

$$I_c = I_v + I_{mc} = \frac{\alpha Q^2}{2gL_m} \left(\frac{1}{F_H^2} - \frac{1}{F_B^2} \right) (1 - \zeta), \quad (10.8)$$

где α – коэффициент Кориолиса, принимаемый в порядке первого приближения равным 1,1;

$\zeta=0,5$ –для участка расширения; $\zeta=0$ – при сужении русла.

Уклон трения I_τ в общем случае не равен измеренному уклону I : на участках расширения I_τ больше I ; сужению русла соответствует I_τ меньше I . Поэтому, если полученное значение $I_c > 2\sigma_I I$, производят корректировку измеренной величины I :

$$I_\delta = I - I_c, \quad (10.9)$$

которую и записывают в книжку КГ–14М (в промилле: ‰).

10.5 Оценка репрезентативности выбранного участка

10.5.1 Для оценки репрезентативности выбранного участка по измерению местного уклона водной поверхности по материалам первого года наблюдений дополнительно к кривой уклонов $I = f(H)$ строят зависимости от уровня параметра

$\dot{I} = \frac{V_{\bar{n}\delta}}{\sqrt{h_{\bar{n}\delta}}} = \tilde{N}\sqrt{I}$ и коэффициента C формулы Шези, $C = \frac{V_{\bar{n}\delta}}{\sqrt{h_{\bar{n}\delta}I}}$ (рисунок 10.5), [10].

Вид зависимости $I = f(H)$ или $I = f(h_{cp})$ в первом приближении проверяют на основе заранее составленных представлений по морфометрическим данным и гидрологическим условиям протекания потока на участке. Например, если ниже гидроствора имеется расширение, уклон должен возрастать с повышением уровня; если ниже гидроствора впадает приток, который создает переменный подпор, зависимость уклона от уровня имеет сложную форму и т. п.

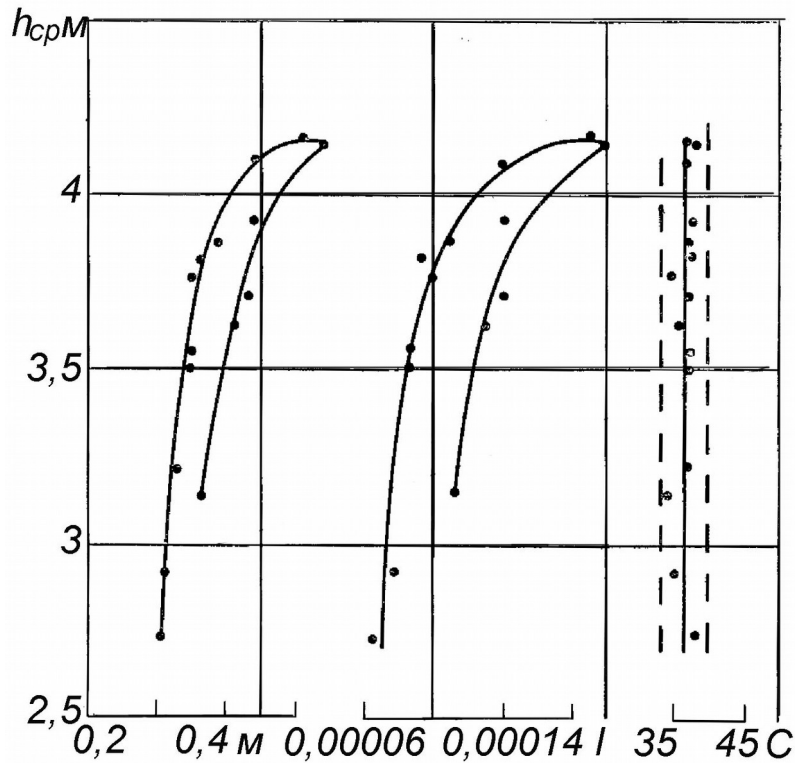


Рисунок 10.5 – Зависимости параметра $\dot{I} = \frac{V_{\bar{n}\delta}}{\sqrt{h_{\bar{n}\delta}}}$, местного уклона водной поверхности I ,

коэффициента $C = \frac{V_{\bar{n}\delta}}{\sqrt{h_{\bar{n}\delta}I}}$ от средней глубины (р. Оболь–д.Оболь).

Вид кривой уклонов при паводочных уровнях для репрезентативного участка позволяет оценить кривая зависимости параметра M от уровня. $\dot{I} = \tilde{N}\sqrt{I}$ и поэтому при постоянном значении коэффициента C характер изменения M с увеличением уровня (на беспойменных участках рек) пропорционален изменению $\sqrt{I}$. Если при

паводочных наполнениях русла M (вычисленное как $\dot{I} = \frac{V_{\bar{n}\delta}}{\sqrt{h_{\bar{n}\delta}}}$) возрастает, убывает,

постоянен или зависимость $M = f(H)$ имеет сложную форму, то аналогичным образом изменяется и уклон водной поверхности. Если такого соответствия нет, то в первую очередь надо проверить репрезентативность выбранного участка для измерения уклона, а также наличие факторов, создающих дополнительное сопротивление. Указанное соответствие в ходе изменения параметра M и уклона можно не наблюдать в случаях, если коэффициент C формулы Шези не постоянен с изменением уровня.

Устойчивость коэффициента C может не прослеживаться на беспойменных участках рек в следующих случаях:

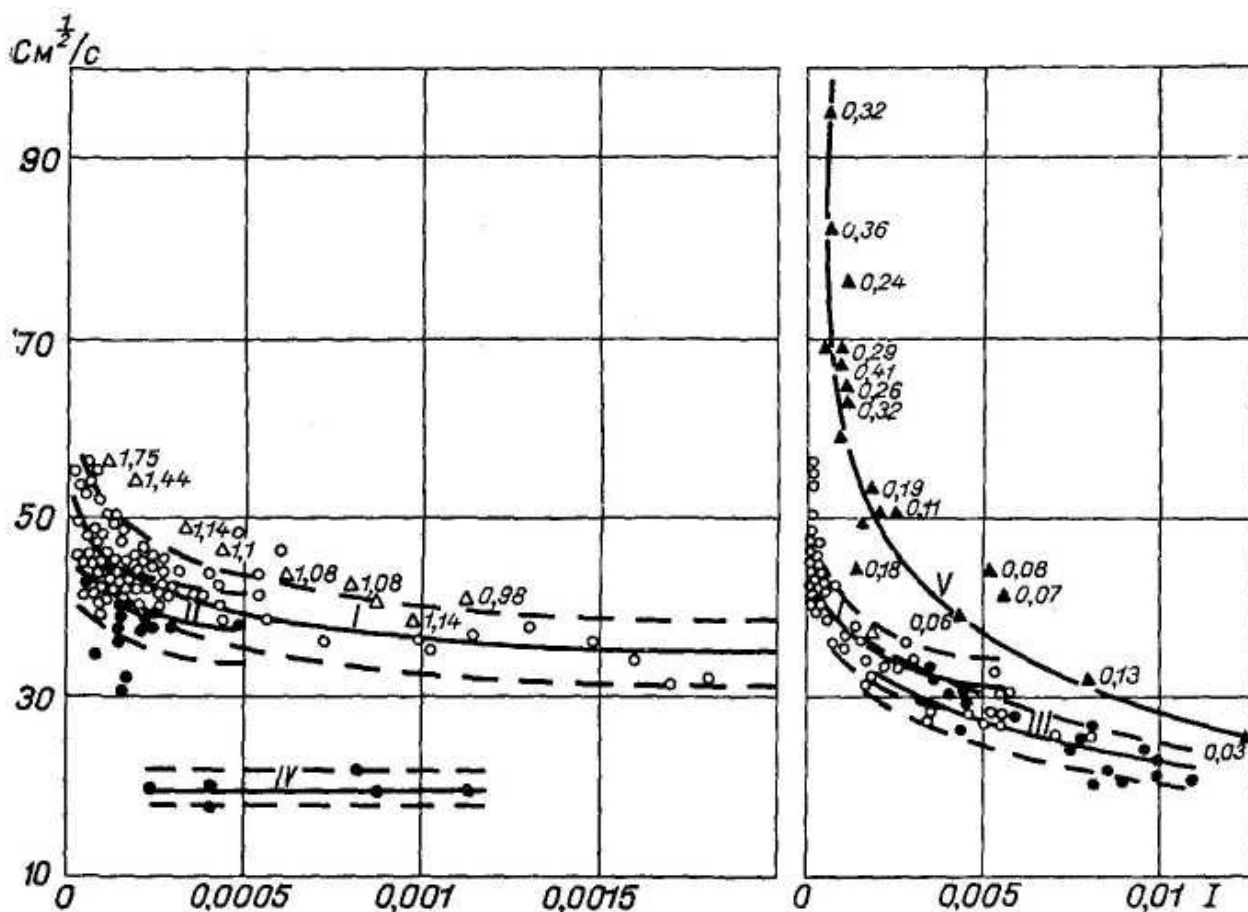
- на малых реках со средними глубинами в половодье (паводок), не превышающими 1 м, вследствие продолжающегося при этих глубинах уменьшения относительной шероховатости (увеличения коэффициента C) и недостижения условий компенсирующего влияния;
- при наличии дополнительного гидравлического сопротивления при высоком половодье (паводке), обусловленного наличием кустарника и деревьев на берегах, что приводит к уменьшению C ;
- при интенсивных паводках, когда переформирование дна отстает от хода изменения уровня воды;
- при большой деформации русла, приводящей к резким изменениям величины и формы площадей живых сечений;
- при резко выраженном неустановившемся движении.

Постоянное значение коэффициент C принимает, начиная с некоторой глубины, которую можно назвать глубиной выравнивания; она примерно на 1–2 м больше средних межженных глубин.

Построенную зависимость $C=f(H)$ анализируют с точки зрения закономерностей изменения коэффициента C (постоянство при уровнях половодья или паводка) и соответствия величины C характеру донных отложений и степени устойчивости русла. Ориентировочно оценку полученного значения C для беспойменных участков рек можно произвести путем ее сравнения с зависимостями $C=f(H)$ на основе данных об уклоне, характере донных отложений и степени устойчивости русла. Кривые всех видов, приведенные на рисунке 10.6, не применяют для временных водотоков, для участков равнинных рек с каменистым дном и в условиях резко выраженного неустановившегося движения. Эти кривые можно применять и для створов с широкими поймами для оценки значения C главного русла на уровне бровки.

10.5.2 Створы с широкими поймами имеют особенности по сравнению с беспойменными створами, с точки зрения гидравлики:

- различные части русла – главное русло, пойма, рукава и протоки – резко различаются между собой по морфометрии и характеру шероховатости. Иногда в них наблюдают различные продольные уклоны, приводящие к возникновению поперечных уклонов;
- кривая зависимости продольных уклонов от уровня в большинстве случаев меняет направление, свойственное русловой зоне. Наиболее типичен случай, когда при выходе воды на пойму уклон начинает резко возрастать (гидроствор обычно располагают в сужении долины). Но встречаются случаи и устойчивости уклона;
- между потоками в главном русле и на пойме имеет место взаимодействие, которое выражается в возникновении дополнительных гидравлических сопротивлений на границе соприкосновения потоков. При этом пропускная способность главного русла уменьшается, а потока на пойме – увеличивается;
- между русловым и пойменным потоками, как правило, вдоль рассматриваемого участка происходит перераспределение расхода: или отток масс воды из главного русла на пойму, или перетекание с поймы в русло.



Цифры у точек – коэффициенты устойчивости русел Лохтина, пунктир – границы 10%-ных отклонений.

Кривая I ($C = 18,5 I^{-0.5}$) применима для беспойменных участков рек с подвижным дном, уклонами от 0,0002 до 0,0055, шириной русла в паводок или половодье $B > 100$ м, средней глубиной более 3 м и коэффициентом устойчивости русел Лохтина $1 < \frac{d}{I} < 5$.

Кривая II ($C = 22 I^{-0.07}$) применима для малых рек с уклонами от 0,00002 до 0,0005, шириной русла в паводок или половодье $B < 100$ м и средней глубиной более 1 м.

Кривая III ($C = 7,2 I^{-0.25}$) относится к малым горным рекам с галечно-валунным руслом, уклонами от 0,002 до 0,011 и шириной русла в паводок или половодье не менее 50 м.

Кривая IV ($C = 19,6$) относится к равнинным рекам с шириной русла в межень не более 25 м, средними глубинами не более 2 м и берегами, заросшими сплошным кустарником.

Кривая V применяется для рек с коэффициентом устойчивости русел Лохтина $0,03 < \frac{d}{I} < 0,6$ (получена на основании использования материалов по рекам США).

Рисунок 10.6 – Зависимости коэффициента C формулы Шези от уклона водной поверхности

10.5.3 Для учета первой особенности для створов с широкими поймами кривые гидравлических элементов (уклона водной поверхности, параметра M , коэффициента C и др.) строят отдельно для главного русла, поймы, протока, рукава. В отдельных случаях при больших наполнениях поймы допустимо использование для всех частей русла уклонов главного русла (если измерений уклонов на пойме нет).

Учет третьей особенности позволяет составить представление о виде кривой коэффициента C для главного русла с изменением уровня. Сначала устанавливают значение C для русла при уровнях, близких к отметке пойменной бровки, и для этого уровня анализ проводят так же, как и для беспойменных створов. При уровнях более высоких коэффициент C главного русла уменьшается по сравнению с его значением

на бровке. Уменьшение C зависит от величины угла пересечения осей главного русла и поймы (чем больше угол пересечения, тем больше уменьшение C) и от перераспределения расхода между этими потоками (приток воды в главное русло с поймы обуславливает уменьшение C , а отток – увеличение).

Для определения уменьшения коэффициента C при заданном уровне по сравнению с его значением на бровке может быть использована следующая приближенная эмпирическая формула:

$$\tilde{N}_0 = (A - 4,8\eta)\tilde{N}_a, \quad (10.10)$$

где C_0 – коэффициент, характеризующий сопротивление трения и влияние явления взаимодействия между русловыми и пойменными потоками;

C_6 – значение коэффициента C на уровне бровки;

A – параметр, характеризующий эффект торможения потока главного русла вследствие пересечения осей этого потока и потока поймы;

η – параметр, характеризующий торможение потоков главного русла вследствие потерь энергии на вихреобразование на границе между пойменными и русловыми потоками.

Параметр A определяют по таблице 10.2 в зависимости от угла пересечения потоков главного русла и поймы α_n и соотношения между расходами потоков (соответственно Q_p и Q_n).

Параметр η для односторонней поймы вычисляют по формуле:

$$\eta = \frac{\left[1 - 0,5 \left(\frac{h_a}{h\tilde{n}\delta} \right)^{\frac{2}{3}} \right] h_a}{\sqrt{\omega}}, \quad (10.11)$$

где h_{cp} – средняя глубина;

ω – площадь живого сечения главного русла;

h_6 – глубина на пойменной бровке главного русла.

Главным из рассмотренных факторов является угол пересечения осей главного русла и поймы. Ориентировочно можно установить пределы уменьшения C до наивысшего уровня по сравнению с его значением на бровке. При α_n больше 60° предел уменьшения составляет $0,3-0,6C_6$, при $\alpha_n = 10^\circ-30^\circ$ – предел уменьшения до $0,6-0,7C_6$.

Таблица 10.2 – Определение параметра A

α_n	$Q_n \geq \frac{1}{2}Q_p$	$Q_n < \frac{1}{2}Q_p$
$<10^\circ$	1,0	1,0
10°	0,9	1,0
20°	0,8	0,9–1,0
30°	0,7	0,8–0,9
40°	0,6	0,7–0,8
50°	0,5	0,6–0,7
60°	0,4	0,5–0,7

10.5.4 Для любых створов характер изменения уклона с уровнем должен соответствовать заранее составленным представлениям на основе изучения морфологических, гидрологических и гидравлических условий на участке, а характер изменения коэффициента C – соответствовать установленным закономерностям.

Проведение такого анализа позволяет более широко использовать данные об уклонах, полученные по меткам высоких вод.

Для анализа в конкретных случаях необходимо привлечь и зависимости от уровня других гидравлических элементов, например, ширины русла, средней глубины, изменения площадей на участке, изменения средних скоростей и т.п.

11 Наблюдения за температурой воды

11.1 Производство наблюдений

11.1.1 Наблюдения за температурой воды производятся на гидрологических постах по указанию сетевого гидрологического подразделения в соответствии с [2], [4]. Они состоят из:

- систематических ежедневных измерений температуры воды в постоянном месте прибрежной зоны или на стрежне реки;
- временных эпизодических измерений температуры воды в нескольких точках по длине и ширине реки с целью выявления типичности выбранного постоянного места измерений.

11.1.2 Место для измерений температуры воды выбирают в створе или вблизи гидрологического поста в прибрежной части реки, на проточном участке с глубиной по возможности не менее 0,3–0,5 м. К месту измерений не должны подходить струи родниковых или сбросы промышленных вод. Температура воды в месте измерений должна быть типичной, т. е. мало отличаться от средней температуры воды во всем водном сечении и на участке поста.

Соблюдение этого условия проверяют путем организации эпизодических исследований, как указано ниже.

При ширине реки менее 10 м измерения температуры воды производят на стрежне, а при малых глубинах – в самом глубоком проточном месте реки.

При пересыхании реки и превращении ее в ряд разобщенных, непроточных водоемов измерения температуры воды в стоячей воде продолжают (только по указанию ОГ ГВК РГМЦ) в случаях более или менее значительных размеров и типичности этих водоемов для района, имея в виду использование результатов наблюдений на них для расчетов испарения.

11.1.3 Правильность выбора постоянного места измерений температуры воды проверяют в первый год действия поста. Проверка состоит в проведении на посту:

- одновременных наблюдений за температурой воды в постоянном месте у берега и в том же створе – на стрежне реки;
- одновременных измерений температуры воды в стрежневой зоне реки в нескольких точках по длине реки выше поста.

Одновременные наблюдения у берега и на стрежне реки в постоянном створе ведут в 8 и 20 ч ежедневно и, как правило, в течение одного сезона, выборочно по 10 – 15 дней подряд в характерные фазы режима реки (в паводок и межень). Измерения производит наблюдатель по указанию сетевого гидрологического подразделения.

Обследование участка по длине реки производят на расстоянии до 0,2 км выше поста на малых реках и до 1–2 км – на больших.

Это обследование ведет специалист подразделения. Температуру воды в стрежневой части реки измеряют в 5–10 точках по ее длине. Измерения производят дважды: в паводок и межень в течение 2–3 дней подряд в 8 и 20 ч.

При измерениях по длине реки одновременно ведут учащенные наблюдения за температурой воды (через 10–15 мин) в постоянной точке измерений у берега в течение всего времени обследования.

При параллельных измерениях температуры воды в постоянной точке у берега и

на стрежне на больших и средних реках наблюдения в каждый срок ведут в следующем порядке:

- измерение у берега;
- измерение на стрежне;
- повторное измерение у берега.

На малых реках, где разница во времени между измерениями у берега и на стрежне незначительна, повторного измерения температуры воды у берега не производят.

11.1.4 Обследование по длине реки во избежание влияния суточного хода температуры воды должно быть выполнено за возможно более короткий промежуток времени. Для этого по ходу лодки в намечаемых точках по длине участка воду зачерпывают из реки ведром, в которое опускают термометр так, чтобы его оправа не касалась стенок и дна ведра. Скорость движения лодки (удобнее вверх по течению) должна быть такой, чтобы промежуток времени между точками измерения был не менее 5–8 мин. Тогда термометр, опущенный в ведро, успеет принять температуру воды, взятой в точке измерения.

Ведро должно быть защищено от прямых лучей солнца. Результаты измерений на стрежне и по длине реки, связанных с выбором постоянной точки, записывают на отдельном листке, разграфленном аналогично соответствующим графам полевой книжки КГ–1М(н).

В записи результатов наблюдений по длине реки добавляют еще графу «Место измерений», где указывают расстояние точки измерений от створа поста, которое определяют по карте или плану участка.

Заполненный листок подклеивают к книжке КГ–1М(н) и пересылают вместе с нею в сетевое гидрологическое подразделение.

По результатам поверочных измерений определяют:

- типична ли температура воды, наблюденная в постоянной точке у берега, для всей водной массы реки и допустимо ли продолжать наблюдения в этой точке или их следует перенести;
- свободно ли постоянное место (створ) измерений температуры воды от местного искажения термического режима реки вследствие природных или искусственно созданных условий на участке поста (выхода вблизи створа грунтовых вод, сброса промышленных вод и т. п.).

11.1.5 Место для производства наблюдений за температурой воды указывает наблюдателю специалист сетевого гидрологического подразделения. Температуру воды измеряют два раза в сутки в основные сроки водомерных наблюдений (в 08 и 20 ч).

При измерении температуры воды в прибрежной полосе по мере падения уровня место измерения следует постепенно передвигать ближе к середине реки, а при повышении уровня – к берегу; место, выбранное на стрежне, остается в течение всего сезона наблюдений постоянным.

При обнаружении выше места наблюдений сбросов промышленных, оросительных, канализационных и других вод с температурой, отличной от температуры воды в реке, наблюдатель должен сделать запись в КГ–1М(н) в графе примечания и сразу же сообщить в сетевое гидрологическое подразделение.

11.1.6 Измерения температуры воды начинают весной еще при ледоставе, с наступлением оттепелей. В это время температура воды обычно бывает близка к точке ее замерзания (0 °С). Осенью с наступлением ледостава, после 3–5 суток измерений подо льдом наблюдения за температурой воды прекращают. Если зимой наступают длительные оттепели, сопровождаемые паводками, измерения температуры воды следует возобновить и вести опять вплоть до ледостава.

В районах с неустойчивым ледоставом, неоднократно прерываемым вскрытиями,

наблюдения за температурой воды ведут в течение круглого года непрерывно.

По указанию сетевого гидрологического подразделения на некоторых реках наблюдения за температурой воды производят и в зимний период (при ледоставе).

11.1.7 Для измерения температуры воды применяют водные термометры в металлической оправе и микротермометры.

У обычных водных термометров шкала имеет деления через $0,2^{\circ}\text{C}$, что позволяет производить отсчеты с точностью до $0,1^{\circ}$. Для измерения температуры воды в переходные периоды – осенью и весной, когда температура воды бывает близка к нулю, на некоторых гидрологических постах, расположенных на реках с большой шугоносностью, применяют специальные микротермометры со шкалой, рассчитанной на измерение температуры от $-0,8$ до $1,2^{\circ}\text{C}$ с делениями через $0,01^{\circ}$. Периоды времени, в течение которых следует производить наблюдения с помощью микротермометра, и сроки наблюдений назначает сетевое гидрологическое подразделение.

Оправа водного термометра состоит из двух трубок с продольными прорезями, вставленных одна в другую. В нижней своей части она имеет стаканчик с отверстиями в стенках.

Трубки оправы служат для предохранения шкалы термометра от повреждения. При погружении термометра в воду наружная трубка должна быть повернута так, чтобы шкала термометра была закрыта, а при снятии отсчетов трубку поворачивают так, чтобы прорези их совпали и шкалу можно было видеть на просвет. Стаканчик оправы при опускании термометра в воду наполняется водой, которая остается в нем при подъеме и способствует сохранению термометром той температуры, которую он имел на глубине.

С термометрами следует обращаться очень осторожно, оберегая их от ударов и сотрясений. Переносить и хранить их следует в вертикальном положении. Нельзя держать термометры вблизи источников тепла; их следует также затенять от прямых лучей солнца.

11.1.8 Наблюдения за температурой воды водными термометрами производят в следующем порядке:

– перед тем как приступить к измерению температуры, наблюдатель должен осмотреть термометр и убедиться в том, что столбик ртути не имеет разрывов.

Разрыв столбика можно устранить у обычного термометра легким встряхиванием, а у микротермометра – согреванием его в руке. Подогревать термометры иным путем категорически запрещается. Если разрыв столбика устранить не удастся, такой термометр признают негодным и заменяют запасным. О негодности термометра наблюдатель немедленно сообщает в сетевое гидрологическое подразделение, а также делает запись в графе примечание КГ–1М(н);

– Термометр опускают в воду на бечевке в отвесном положении так, чтобы стаканчик оправы термометра находился на глубине $0,3\text{--}0,5$ м от поверхности воды. Верхний конец бечевки подвязывают к перилам мостика, подмосткам, борту лодки и т. п. При необходимости измерить температуру воды на малых глубинах (меньше $10\text{--}15$ см) термометр опускают в горизонтальном положении в понижение дна (на проточном месте) на небольшие деревянные вилки–рогатки так, чтобы трубка оправы не касалась дна;

– Термометр выдерживают в воде не менее $5\text{--}8$ мин. В это время наблюдатель может выполнить другие виды наблюдений: измерить высоту уровня, обследовать обстановку на участке поста и др;

– При извлечении из воды и при отсчете термометр следует держать отвесно, чтобы из стаканчика оправы не вылилась вода. Немедленно после извлечения термометра из воды поворачивают трубку, прикрывающую прорезь, и быстро

делают отсчет. У обычного водного термометра сначала замечают десятые доли градуса, а потом целые градусы.

В темное время суток шкалу у термометра следует освещать фонарем сзади, на просвет, держа его возможно дальше, чтобы тепло от фонаря не повлияло на показания термометра.

11.1.9 Запись отсчетов температуры воды производят в КГ–1М(н) в графе 8 по обычному водному термометру с точностью до 0,1 °, а по микротермометру с точностью до 0,01 ° (ГОСТ 8.417).

11.2 Обработка и анализ данных измерений

11.2.1 Первичную обработку результатов наблюдений за температурой воды выполняет наблюдатель. В состав первичной обработки входит:

- введение в отсчеты инструментальных поправок;
- вычисление средних суточных значений температуры воды по исправленным отсчетам в 8 и 20 ч (для систематических ежедневных измерений);
- выборка наибольших и наименьших за месяц их значений.

Обработка результатов измерений температуры воды состоит из введения инструментальных поправок в отсчеты по термометру при температуре воды ниже 2 ° С и вычисления средних значений температуры воды за сутки. Инструментальные поправки выписывают в соответствующую табличку КГ–1М(н) согласно выписке из свидетельства о последней поверке термометра. Пример заполнения приведен в таблице 11.1.

Таблица 11.1 – Пример записи инструментальной поправки в книжке КГ–1М(н)

Термометры и период их действия в месяце	Номер		Дата последней поверки	Температура воды		Поправка
	заводской	последней поверки		от	до	
В течение всего месяца	5354	3891	15/8 2007 г.	1,9 0,5	0,6 –3,5	–0,1 +0,1

При температуре воды ниже 2 ° С в записанные отсчеты по термометру поправки вводятся ежедневно. Поправки со знаком плюс прибавляют к отсчету, а со знаком минус – вычитают.

*Пример – 1. Записанный отсчет температуры 1,7 °
 Поправка при температуре от 1,9 до 0,6 ° С–0,1 °
 Исправленная температура 1,6 °*

*2. Записанный отсчет температуры 0,2 °
 Поправка при температуре от 0,6 до –1,2 ° С+0,1 °
 Исправленная температура 0,3 °*

При температуре 2 ° С и выше поправки в показания термометра не вводят.

11.2.2 Среднюю температуру за сутки вычисляют как среднее арифметическое из значений температуры за 08 и 20 ч и записывают в графу 6 КГ–1М(н).

В случае пропуска измерения температуры воды в один из сроков среднюю температуру за данные сутки не вычисляют.

11.2.3 Среднюю декадную температуру воды вычисляют делением суммы значений средней суточной температуры воды за все дни декады на число дней в декаде. В тех случаях, когда средняя суточная температура не вычислена в течение декады более чем за двое суток (по тем или иным причинам), среднюю температуру

за данную декаду не вычисляют. При вычислении средней декадной температуры за неполную декаду, т. е. за 8 или 9 дней, когда в месяце 28 и 29 дней, а также за декаду, содержащую 11 дней (если в месяце 31 день), полученную сумму соответственно делят на 8, 9 или 11.

Если сумма средних значений температуры воды за декаду равна 0,5 °С и меньше, среднюю температуру за данную декаду принимают равной нулю.

При пересыхании реки в створе поста в течение трех и более суток в декаде вместо среднего значения температуры воды за данную декаду ставят «прсх».

11.2.4 По окончании месяца делением суммы средних декадных значений температуры воды на три (число декад в месяце) вычисляют среднюю температуру за месяц. Средние месячные значения температуры воды вычисляют только при наличии данных за все три декады. Если хотя бы за одну из декад среднее, значение температуры воды не вычислено, то и среднее месячное ее значение не вычисляют. Затем из всех значений температуры за отдельные сроки выбирают наибольшую температуру за месяц и подчеркивают красным карандашом.

Наибольшее ее значение за месяц записывают в графу 4 на странице 2 КГ–1М(н).

11.2.5 Сетевое гидрологическое подразделение ежемесячно полностью проверяет первичную обработку результатов наблюдений, произведенную наблюдателем и, кроме того, выполняет:

- построение хронологического графика хода изменения средних суточных температур воды на комплексном графике;
- анализ результатов наблюдений;
- восполнение пропусков в наблюдениях (по интерполяции) там, где это возможно, и вычисление вновь в связи с этим средних декадных и месячных назначений температуры воды;
- составление таблицы «Температура воды» ЕД.

Вычисленные средние суточные значения температуры воды наносят на комплексный график гидрометеорологических наблюдений.

При анализе по комплексному графику прослеживают естественность хода температуры воды в сопоставлении с ходом температуры воздуха и фазами ледового состояния реки. В случаях нарушения согласованности между указанными элементами режима выявляют причины, обусловившие особенности этого режима в отдельные периоды.

В переходные периоды, осенью и весной, когда температура воды близка к точке ее замерзания, записи отсчетов температуры воды просматривают особо тщательно. Появление льда для пресных вод наблюдают при температуре воды, близкой к нулю; для сильно минерализованных вод температура воды при появлении льда может быть ниже нуля.

Следует иметь в виду, что на изменение (обычно понижение) температуры воды на зарегулированных реках могут оказывать влияние попуски из вышерасположенных водохранилищ.

При наличии пропусков наблюдений интерполированные значения вписывают в скобках в КГ–1М(н).

Выявленные при анализе отдельные резкие изменения температуры воды, не согласующиеся с наблюдениями на соседних постах (при сопоставлении комплексных графиков по соседним постам) и не объяснимые естественными причинами, бракуют и в КГ–1М(н) перечеркивают тонкой чертой, а на графике подчеркивают волнистой линией красным карандашом.

Пропуски наблюдений в течение 3–4 суток весной, обычно в начале первой декады измерений, или осенью, в конце последней декады, при условии, что перед пропуском (весной) или после пропуска (осенью) наблюдались нулевые

температуры воды, могут быть восполнены подразделением для вычисления средней за декаду температуры воды нулевыми ее значениями при уверенности в их правомерности.

При пересыхании реки в створе поста в течение не менее 3 суток в декаде вместо среднего значения температуры воды за данную декаду ставят «прсх».

Средние за месяц значения температуры воды вычисляют по средним декадным их значениям при наличии данных за все три декады. Если за одну из декад вместо среднего значения среднесуточной температуры воды стоит «прсх» или знак тире, что значит «нет сведений», то среднюю за месяц также не вычисляют и тоже ставят знак тире.

11.2.6 Первичная обработка результатов параллельных измерений температуры воды на стрежне и в отдельных точках по длине реки, выполняемая наблюдателем, заключается лишь во введении инструментальных поправок в отсчеты по термометру с выпиской исправленных значений температуры воды. В подразделении полученные данные переписывают в таблицы специальной формы.

При сопоставлении результатов измерений температуры воды в ряде точек по длине реки (в стрежневой зоне) данные выписывают в таблицу по форме таблицы 11.2.

В графе 4 выписывают значения измеренной температуры воды в точках по длине реки (после введения инструментальных поправок), в графе 5 – соответствующие по времени значения температуры в постоянной точке по данным учащенных наблюдений. В случае несовпадения сроков учащенных наблюдений в постоянной точке со сроками измерений в точках по длине реки недостающие значения температуры воды в постоянной точке могут быть восполнены по интерполяции.

Таблица 11.2 – Пример сопоставления результатов измерений температуры воды по длине реки

Дата измерения	Время, ч мин	Створ измерений выше поста, м	Температура воды, °С		
			в точках по длине	в постоянной точке	разность одновременных наблюдений
1	2	3	4	5	6
15/V	8 00	0 (пост)	14,0	14,0	0
	8 20	200	14,4	14,1	0,3
	8 45	400	14,2	14,3	–0,1
	9 00	600	14,4	14,4	0,0
	9 20	800	14,4	14,6	–0,2

В графе 6 вычисляют разности температуры воды в точках по длине реки и в постоянной точке, характеризующие однообразие или наличие местных отклонений в термическом режиме реки на участке поста относительно режима в первоначально выбранном постоянном месте измерений.

При анализе полученных результатов наблюдают следующие типовые случаи:

– при систематических расхождениях измеренных значений температуры воды в различных точках по длине реки с температурой воды в постоянной точке в пределах не более чем плюс, минус 0,2 °С или при случайных отклонениях (с разными знаками) до 0,3–0,5 °С выбранный постоянный профиль для измерений сохраняют;

– если в одной из точек по длине реки было получено отклонение от значения температуры воды, измеренной в постоянном месте, равное 0,5 °С или более, а во всех остальных точках были получены незначительные отклонения, то следует предположить, что именно вблизи этого профиля имеется местное искажение

термического режима реки сравнительно с остальным участком, например выход родниковых вод. В этом случае выбранный для измерений постоянный профиль может быть также сохранен, а профиль, давший большое отклонение, признан не характерным для участка;

– если анализ одновременно измеренных температур воды в ряде точек выявит постепенное изменение значений температуры воды одного знака по длине участка реки, например, их постепенное уменьшение по течению, то следует предположить, что выше створа имеется источник нагрева воды (например, сброс промышленных вод), и измерения в этом случае следует перенести либо выше этого источника, либо ниже границы его влияния. Эту границу определяют также опытным путем на основании параллельных измерений температуры воды в ряде точек по длине реки и в постоянной точке с охватом участка большего протяжения.

Анализ полученных результатов параллельных измерений температуры воды по длине реки в постоянной точке производит специалист сетевого гидрологического подразделения на посту сразу же после обследования, чтобы в соответствии с выводами выбрать в случаях необходимости и указать наблюдателю новое место для измерений.

11.2.7 Для анализа результатов параллельных измерений на стрежне и у берега в сетевом гидрологическом подразделении заполняют таблицу обработки по форме таблицы 11.3.

Таблица 11.3 – Пример анализа результатов параллельных измерений на стрежне и у берега

Число	8 ч				разность на стрежне – ср. у берега	20 ч				разность на стрежне – ср. у берега
	у берега	на стрежне	у берега	ср. у берега		у берега	на стрежне	у берега	ср. у берега	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
15/VII 16/VII и т. д.	14,9 15,4	14,9 15,2	15,1 15,8	15,6» 15,6	–0,1 –0,4	18,4 18,8	78,2 18,7	18,6 19,0	18,5 18,9	–0,3 –0,2

В графах 5 и 10 вычисляют арифметическое среднее из значений двух измерений температуры воды у берега; в графах 6 и 11 – разность между температурой воды на стрежне и средней у берега. Для малых рек, где измерения в прибрежной точке производят только один раз, графы 4–5 и 9–10 при обработке исключают. Разность вычисляют между значениями $t_{СТР}$ и $t_{БЕР}$ (графы 2–3 и 7–8).

Выводы по результатам обработки делают, придерживаясь следующих основных положений:

– в тех случаях, когда за время параллельных наблюдений расхождения между значениями температуры воды у берега и на стрежне получились с разными знаками в пределах $0,3–0,4$ °С, (случайные ошибки, происходящие за счет неточности измерений температуры), а также в случаях, когда получились систематические расхождения с одним знаком (плюс или минус) в пределах $0,2$ °С (двойная погрешность отсчета по термометру), наблюдения следует продолжать в береговой точке. Параллельные наблюдения на стрежне в этом случае прекращают;

– в тех случаях, когда в результате первой же серии параллельных наблюдений видно, что систематические однозначные расхождения более чем $0,3–0,4$ °С, то необходимо сразу же проверить, нет ли местных причин, искажающих температуру воды у берега (растительность, выход родников, спуск сточных и промышленных вод и т. п.). При наличии указанных обстоятельств место измерения должно быть сразу

перенесено выше источника искажения температуры воды в реке или ближе к середине потока;

– при невозможности найти подходящее место для измерений у берега постоянные наблюдения следует производить на стрежне реки.

Выводы, сделанные подразделением по анализу результатов параллельных наблюдений за температурой воды на стрежне и у берега, а также в ряде точек по длине участка, должны быть утверждены ОГ и ГВК РГМЦ.

12 Наблюдения за ледовыми явлениями и толщиной льда

12.1 Периоды и виды ледовых явлений

12.1.1 Наблюдения за ледовыми явлениями на реках имеют целью получить многолетние систематические данные о ледовых условиях. Эти сведения используют:

- для обслуживания хозяйственных организаций текущей информацией о ледовых условиях на реках;
- для гидрологического обоснования проектов строительства гидротехнических сооружений;
- для подсчета стока воды;
- для разработки и совершенствования методов расчета и прогноза сроков и продолжительности ледовых фаз, нарастания толщины ледяного покрова и т. п.;
- для характеристики ледового режима рек.

В ледовом режиме рек различают три периода: замерзание, ледостав и вскрытие. В приложении Л приведен перечень видов состояния водного объекта за которыми должны производиться наблюдения на гидрологических постах в соответствии с ГОСТ 19179. Ниже ледовые процессы рассматриваются более подробно.

12.1.2 Процесс замерзания рек характеризует совокупность явлений образования льда, начиная от возникновения первичных кристаллов, поверхностного или внутриводного льда, их смерзания, т. е. образования сала, отдельных льдин, а затем переноса масс льда (ледоход, шугоход), его накопление (ледяные перемычки, зажоры) и кончая формированием ледяного покрова. В этот период на реках наблюдают нижеперечисленные ледовые явления.

Битый лед – плавающие льдины неправильной формы. Различают крупнобитый (льдины от 20 до 100 м в поперечнике), мелкобитый (льдины размером от 2 до 20 м) лед и куски льда размером от 0,5 до 2 м.

Блинчатый лед – льдины округлой формы диаметром от 0,5 до 3 м, имеющие по краям валик из измельченного льда. Образуется при смерзании сала, шуги и мелких льдин.

Внутриводный (глубинный и донный) лед – различные ледяные кристаллы (пластинчатые, круглые, чечевицеобразные и др.) или скопления их в виде губчатой непрозрачной массы, находящиеся в толще воды, на подводных предметах (глубинный лед) или на дне (донный лед) – образуется при переохлаждении воды и интенсивном ее перемешивании при открытой водной поверхности в предледоставный период и зимой в полыньях. Всплывая со дна на поверхность воды, внутриводный лед имеет вид снежно-белых комьев различной формы и часто содержит включение ила, песка и гальки. На мелких местах донный лед хорошо виден под водой.

Забереги – полосы льда, смерзшиеся с берегами рек при незамерзшей основной части водного пространства. Различают три вида заберегов: первичные, образующиеся путем замерзания воды у берегов; наносные, возникающие в результате примерзания к берегу льда и шуги во время ледохода или дрейфа льда; остаточные, которые сохраняются у берегов весной при разрушении ледяного

покрова.

Зажор льда – скопления шуги и мелкобитого льда в русле реки, вызывающие стеснение живого сечения и подъем уровня воды. Ниже зажора наблюдается спад уровня. Как правило, зажоры образуются на шугоносных реках и в нижних бьефах ГЭС при формировании ледяного покрова, а также при ледоставе ниже полыней, являющихся очагами образования шуги. На некоторых реках зажорное состояние может наблюдаться в течение всей зимы.

Кромка ледяного покрова – граница ледяного покрова и открытой водной поверхности. Ниже ГЭС кромка ледяного покрова в течение зимы перемещается вверх и вниз по течению в зависимости от режима ее работы и погодных условий.

Ледоход (осенний) – движение льдин и ледяных полей на реках.

Ледяная каша – скопление мелкораздробленного льда (размером до 0,5 м) с включениями снежур, сала, шуги. Образуется преимущественно на больших и средних реках в период ледохода и подвижек между битым льдом и ледяными полями, а у берегов – от разрушения краев льдин и заберегов.

Ледяная перемычка – короткий участок ледяного покрова на реке, образующийся в местах смыкания заберегов или вследствие остановки и смерзания плывущих льдин и шуги.

Ледяные валы – ледяные образования в виде гряд, сложенных из шуги и битого льда. Образуются в период осеннего ледохода вдоль берегов реки с быстрым течением. Высота валов достигает 1 м, при этом река течет как бы в ледяных берегах.

Ледяные поля – льдины размером более 100 м. Различают малые ледяные поля с наибольшим размером от 100 до 500 м и большие ледяные поля – более 500 м.

Сало – поверхностные первичные ледяные образования, состоящие из иглообразных и пластинчатых, слабо связанных между собой кристаллов льда, по внешнему виду напоминающие пятна застывшего жира (отсюда и название) и превращающиеся по мере нарастания в тонкие ледяные пленки. Образуется в поверхностном переохлажденном (т. е. имеющем температуру ниже нуля) слое воды. Наблюдается с наступлением отрицательных температур воздуха.

Снежура – плавающие в воде комковатые скопления снега в виде рыхлой, вязкой массы. Образуется в результате обильных снегопадов на охлажденную водную поверхность.

Шуга – скопления внутриводного льда как подвижные в виде комьев, венков, ковров, так и неподвижные – подледные отложения. В этих скоплениях часто содержатся различные формы поверхностного льда: сало, мелкобитый лед, снежура.

Шугоход – движение шуги по поверхности или внутри водного потока. Иногда с течением времени отдельные комья смерзаются, образуя шуговые поля, вследствие чего шугоход становится трудно отличить от ледохода.

12.1.3 В период ледостава происходит дальнейшее формирование ледяного покрова за счет промерзания неподвижных масс льда, нарастания толщины льда путем кристаллизации воды на нижней поверхности ледяного покрова, промерзания шуги под ледяным покровом, а также смерзания снега, пропитанного водой и находящегося на ледяном покрове. Этот период характеризуют нижеперечисленные ледовые явления.

Ледостав – фаза ледового режима реки, характеризующаяся наличием ледяного покрова.

Ледяной мост (нависший лед) – участок ледяного покрова реки, отделившийся от водной поверхности при понижении уровня воды и опирающийся на берега. Образуется вследствие резкого падения уровня при ледоставе.

Наледь – ледяное образование, возникающее в результате выхода воды на поверхность льда и ее замерзания вследствие стеснения водного сечения нарастающим ледяным покровом и промерзания русла на мелких местах. В некоторых случаях наледь образуется при выходе грунтовых вод со склонов берегов на поверхность ледяного покрова.

Наслоенный лед – двухслойные и многослойные льдины, образующиеся при надвигании льдин друг на друга под действием сжатий и давления. Многослойные льдины достигают толщины 2–3 м и более.

Осевший лед – участок ледяного покрова вблизи берега или на мелководье, осевший на дно при снижении уровня воды.

Полынья – пространство с открытой водной поверхностью в ледяном покрове. Наблюдается в местах с быстрым течением, в местах выхода грунтовых вод, нижних бьефах ГЭС, в местах сброса теплых вод промышленных предприятий и в истоках рек. В период ледостава размеры полыньи увеличиваются или уменьшаются в зависимости от гидрометеорологических условий.

Пятры – скопление донного льда, прочно скрепленное с дном реки и достигшее водной поверхности; часто имеют грибовидную форму.

Река промерзла до дна – все сечение реки до дна заполнено сплошным льдом. Промерзание до дна первоначально наблюдается на более мелких участках реки и обычно является результатом прекращения поверхностного руслового стока воды вследствие уменьшения или полного истощения грунтового питания.

Снежница – вода на льду, образующаяся в результате таяния снега при длительных оттепелях.

Торосы – нагромождения льдин на ледяном покрове, образующиеся в результате подвижек и сжатия ледяного покрова.

Трещины – разрывы в ледяном покрове, образующиеся под влиянием колебаний температур воздуха и уровня воды, подвижек и других причин. Различают поверхностные сухие трещины и сквозные, заполненные водой.

Шуговая дорожка – часть ледяного покрова, образовавшегося из смерзшейся шуги в виде продольной полосы между заберегами. Лед шуговой дорожки обычно торосистый.

12.1.4 Период вскрытия характеризуется интенсивным разрушением ледяного покрова, его подвижками, появлением открытых участков в ледяном покрове, движением льда. Завершается этот период полным очищением реки ото льда. Для этого периода характерны нижеперечисленные явления.

Вода на льду – скопления стоячей воды на льду, образующиеся во время оттепелей от таяния снега на льду, от стока талой воды или за счет воды, выступившей из-под ледяного покрова. Указывается, какая часть ширины реки покрыта водой, сплошь или местами, и примерная толщина слоя воды.

Вода течет поперек льда – поток воды на ледяном покрове вдоль берегов или по всей ширине. Явление, характерное для промерзающих рек; имеет место при наледях, во время оттепелей и перед вскрытием.

Закраины – полосы открытой воды вдоль берегов, образующиеся перед вскрытием в результате таяния льда, повышения уровня воды, а также вследствие усилившегося притока грунтовых вод.

Затор льда – нагромождение льдин в русле реки, вызывающее стеснение живого сечения и подъем уровня воды. Образуется преимущественно во время весеннего ледохода; осенние и зимние заторы наблюдаются сравнительно редко.

Лед подняло – всплывание и отделение от берегов ледяного покрова без разламывания при повышении уровня воды. Если лед подняло без отрыва от берегов, явление отмечается термином «лед вспучило».

Лед потемнел – изменение цвета ледяного покрова перед вскрытием после

того, как снег на льду растаял.

Лед растаял на месте – река очистилась ото льда без ледохода. Наблюдается чаще всего на небольших реках.

Навалы льда – нагромождения льдин, часто в виде валов на берегах и в пойме реки, образовавшиеся во время весеннего ледохода. Достигают особенно больших размеров в местах бывших заторов льда.

Наслуд – лед, образующийся при замерзании талой воды на ледяном покрове после оттепели.

Остаточные забереги – полосы неподвижного льда, оставшиеся у берегов весной при разрушении ледяного покрова.

Подвижка льда – небольшие перемещения ледяного покрова на отдельных участках реки, происходящие под действием течения, ветра, а также из-за подъема уровня. Подвижек бывает одна или несколько.

Разводье – пространство открытой воды в ледяном покрове, образующееся в результате подвижек льда. Отличается от трещин значительно большей шириной.

Чисто – состояние водной поверхности реки после освобождения от ледяных образований (оставшиеся на берегах навалы льда во внимание не принимаются).

12.2 Выбор участка наблюдений

12.2.1 Наблюдения за ледовыми явлениями, организуемые сетевым гидрологическим подразделением на участке гидрологического поста, наблюдателю следует проводить на возможно большом протяжении по длине реки выше и ниже гидроствора, доступном для обозрения в каждый срок наблюдений.

Протяженность участка на малых реках должна быть не менее 200–500 м, а на средних и больших реках в зависимости от их ширины – от 0,5 до 2 км (две–три ширины реки).

Участок наблюдений должен по возможности включать как плёсовый, так и перекатный участки реки. Для промерзающих до дна рек это условие обязательно.

Если нижележащий (нормирующий) перекал на промерзающей реке находится на значительном расстоянии от поста, превышающем 1,5–2 км, то наблюдения за ледовой обстановкой на перекале ведутся параллельно с наблюдениями на плёсе (по возможности не реже одного раза в сутки) только весной перед вскрытием реки, с начала наступления оттепелей до установления постоянного течения воды в русле и осенью со дня появления первых ледяных образований до установления на перекале ледяного покрова.

Для наблюдений выбирают наиболее возвышенные места берега, мосты, вышки и т. д., позволяющие иметь наибольший обзор реки выше и ниже поста.

Участок, в пределах которого описывают ледовую обстановку и место, откуда ведут наблюдения, выбирает специалист сетевого гидрологического подразделения и указывает наблюдателю при организации поста.

12.3 Сроки и состав наблюдений

12.3.1 Наблюдения за ледовыми явлениями начинают со дня первого появления льда в районе участка наблюдения и продолжают до окончательного очищения водной поверхности реки ото льда в соответствии с [2]. Ледовые наблюдения на постах выполняют ежедневно два раза в сутки в светлое время. Если светлое время суток совпадает со стандартными сроками наблюдений за уровнем воды (8 и 20 ч), ледовые наблюдения приурочивают к этим срокам. В противном случае первое ледовое наблюдение производят позже утреннего срока наблюдений за уровнем, а второе – ранее вечернего. Если условия видимости в начале дня были плохими (туман, снег, метель), наблюдения следует повторить в тот же день сразу после

того, как видимость улучшится. Время повторного наблюдения должно быть указано в КГ–1М(н). Если в течение дня ледовая обстановка значительно изменяется, следует произвести дополнительные наблюдения (дополнительный срок), указав время этих наблюдений и по возможности причины, вызвавшие существенное изменение ледовой обстановки.

12.3.2 Ежедневные стандартные наблюдения за ледовыми явлениями на участке поста включают комплекс определений, тесно связанный с развитием ледовых процессов и меняющийся в соответствии с различными периодами (замерзание, ледостав, вскрытие) ледового сезона.

В период замерзания реки на участке наблюдений определяют:

- дату появления первых ледовых явлений;
- виды ледяных образований и ледовых явлений;
- степень покрытия льдом реки;
- ширину заберегов;
- наличие внутриводного льда;
- характеристики ледохода (шугохода);
- дату прекращения навигации.

В период ледостава определяют:

- даты начала ледостава (полного, повторного);
- состояние и характер ледяного покрова;
- толщину льда;
- деформации ледяного покрова – трещины, навалы, гряды, полыньи;
- даты образования наледей;
- даты начала передвижения по льду (пешеходного, конного, автомобильного).

В период вскрытия определяют:

- дату появления талой воды на льду;
- дату схода снега с поверхности льда;
- дату прекращения сообщения по льду;
- наличие закраин, подвижек льда и разводий;
- дату вскрытия;
- характеристики весеннего ледохода;
- дату начала навигации;
- дату полного очищения реки ото льда.

12.3.3 Наблюдатель должен быть своевременно подробно ознакомлен с характеристикой всех ледяных образований и ледовых явлений, которые встречаются на данной реке, их терминологией (12.1.2–12.1.4) и условными знаками для зарисовки (картирования).

Наблюдатель должен знать названия и внешний вид ледовых явлений, отчетливо представлять себе их происхождение, естественную последовательность их развития и возможные отклонения от нее.

Наблюдаемые ледовые явления наблюдатель записывает в виде текста в графе 18 КГ–1М(н), например: «редкий ледоход», «забереги л/б – 8 м, п/б – 6 м, толщина льда 5 – 8 см», «ледостав» и т. д. Записи ведут с момента появления на реке ледяных образований до их полного исчезновения (запись «чисто»). В графе 4, 5 КГ–1М(н) наблюдатель записывает ледовые явления в виде кода. Кодирование ледовых явлений следует производить в соответствии с нормативным правовым актом «Коды состояния водного объекта», определяющим правила по подготовке и занесению первичных данных гидрологических наблюдений на технический носитель. Для кодирования степени покрытия реки наблюдаемыми явлениями используют баллы от 0 до 10. За нуль принимается свободная ото льда поверхность реки, за 10 баллов – сплошь покрытая льдом. Степень покрытия водной поверхности реки ледовыми явлениями наблюдатель оценивает визуально. Запись ледового явления в графу 4 и

5 КГ–1М(н) производят либо тремя либо пятью цифрами. В любом случае первые три цифры слева соответствуют коду явления, две последующие – степени развития этого явления в долях (баллах) от ширины реки.

Пример – при ширине реки равной 45 м, наблюдатель отмечает забереги л/б – 8 м, п/б – 6 м. В сумме ширина заберегов у обоих берегов будет равна 14 м, что составляет 0,3 ширины реки. Следовательно в графе 4 КГ–1М(н) следует записать 51303, где 513–код заберегов, 03 – бал.

Таким же образом определяют размеры ледохода, шугохода, неполного ледостава, полыньи, разводий и других ледовых явлений. При наличии на участке поста нескольких ледовых явлений (сало, забереги, шугоход), в графу 4 и 5 КГ–1М(н) кодируют два наиболее приоритетных явления (забереги, шугоход), а остальные явления кодируют и записывают на странице 16 данной книжки в дополнительных сведениях о состоянии водного объекта.

В случаях необходимости отметить более подробно изменение ледовой обстановки между сроками наблюдений в результате природных или искусственно созданных условий; запись ведут в дневнике, который вклеивают в КГ–1М(н) за данный месяц, в хронологическом порядке с указанием даты и срока наблюдений.

Пример – 8/IV, 22 ч. Вдоль правого берега на участке поста вода течет поверх льда. Ширина потока 10–12 м, глубина 5 – 7 см, скорость примерно 0,2 м/с. Прекратилась переправа автотранспорта.

9/IV, 08 ч. Полынья выше водпоста за ночь увеличилась по ширине до 30 – 40 м, по длине до 100 м доходит почти до створа поста.

16 ч. Уровень упал на 10 см. Причиной является, по-видимому, затор льда, который образовался (со слов местных жителей) в 4,5 км выше поста. В 800 м ниже поста река свободна ото льда по всей ширине.

20 ч. Полынья распространилась на 0,5 км ниже поста. С 18 ч идет дождь и мокрый снег. Лед у берега слабый.

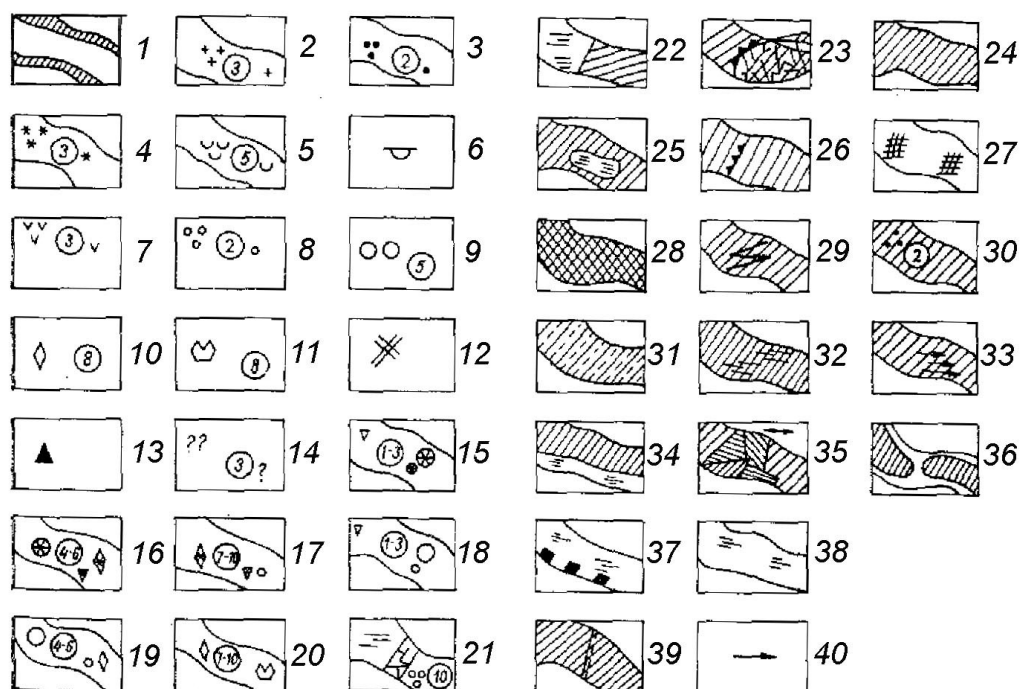
22 ч. Река на участке выше и ниже поста вскрылась; ледоход до 4–х баллов. Лед преимущественно мелкобитый. Изредка проплывают более крупные льдины размером до 50 х 20 м. Забереги постепенно разрушаются и лед уносится течением.

12.3.4 В период ледостава, когда на посту наблюдают резкие колебания уровня воды следует провести маршрутные обследования ледовой обстановки в районе поста по длине реки для выяснения не вызваны ли эти колебания только сменой ледовой обстановки на участке ниже или выше поста (перемещение кромки льда, скопления шуги, заторы и т. п.). Маршрутные обследования необходимо проводить и в периоды замерзания и вскрытия на расстоянии, достаточном для суждения о степени влияния ледовой обстановки на условия протекания реки на участке.

Характеристику ледовых явлений при таких обследованиях дают в баллах. Ледовую обстановку на маршрутном участке наблюдателю следует в дополнение к записи зарисовывать (картировать) условными знаками на бланке плановой схемы участка. Условные знаки ледовой картограммы приведены на рисунке 12.1.

Бланки плановой схемы участка реки составляют сетевым гидрологическим подразделением на основе съемки, произведенной при организации поста. Масштаб схемы должен быть таким, чтобы русло реки на ней (без поймы) изображалось полосой не менее 4–5 см.

На бланке, помимо контуров реки, должны быть нанесены ориентиры, относительно которых следует вести зарисовку (приметные обрывы берегов, устья ручьев, мосты, переправы, отдельно стоящие здания и деревья и т. п.).



1 – забереги; 2 – снежура; 3 – сало; 4 – шуга; 5 – блинчатый лед; 6 – пятары; 7 – льдины 0,5–2 м; 8 – льдины 3–20 м; 9 – льдины 25–100 м; 10 – ледяные поля 100–500 м; 11 – ледяные поля свыше 500 м; 12 – ледяная каша; 13 – торос; 14 – лед неопределенной формы; 15 – редкий шугоход; 16 – средний шугоход; 17 – густой шугоход; 18 – редкий ледоход; 19 – средний ледоход; 20 – густой ледоход; 21 – ледяная перемычка; 22 – кромка льда; 23 – зажор или затор; 24 – ледяной покров; 25 – полынья; 26 – гряда торосов; 27 – наледь; 28 – река промерзла до дна; 29 – трещина во льду; 30 – снежница; 31 – наслуд; 32 – вода на льду; 33 – вода течет поверх льда; 34 – закраина; 35 – подвижка; 36 – разводье; 37 – навалы льда на берегу; 38 – чисто; 39 – проезжая дорога на ледяном покрове; 40 – направление течения.

Рисунок 12.1 – Условные знаки для картирования ледовой обстановки

Примененные на картограммах условные обозначения ледовой обстановки должны быть обязательно пояснены текстом на самой картограмме или на отдельном листе сразу для серии картограмм.

12.3.5 На постах больших рек, где гидрометрические работы производят работников сетевых подразделений, маршрутное обследование ледовой обстановки выполняет техник или инженер подразделения с привлечением наблюдателя. При выборе дополнительных мест, с которых ведут наблюдения, одно из них должно обязательно находиться ниже границы участка поста.

Наблюдения рекомендуется сопровождать фотографированием наиболее характерных фаз ледового режима реки.

На постах, где гидрометрические работы в периоды вскрытия и замерзания наблюдатель выполняет самостоятельно (преимущественно на малых реках), в его обязанность входит также и обследование ледовой обстановки по длине реки за пределами участка поста на расстоянии до 2 км. Частота обследований и протяженность участка определяет сетевое гидрологическое подразделение, исходя из изложенных выше общих положений и в соответствии с особенностями режима конкретных рек и с реальными возможностями отдельных наблюдателей.

12.4 Наблюдения за ледовыми явлениями в районах ГЭС

12.4.1 Ледовый режим рек вблизи гидроэлектростанций и других гидротехнических сооружений имеет ряд особенностей сравнительно с реками, находящимися в свободном состоянии.

Процессы ледообразования и формирования ледяного покрова в нижних бьефах гидроузлов, на участке примыкающем к плотине определяет режим работы ГЭС, расход и температура воды, поступающей в нижний бьеф, гидравлические условия.

При большой регулирующей способности водохранилища размеры этого участка могут достигать 100–300 км. Характер формирования ледяного покрова по длине рассматриваемого участка не одинаков. Верхняя его часть характеризуется наличием в течение всего зимнего периода полыньи, образованием шугохода и ледохода.

На участке, наиболее удаленном от плотины ГЭС, условия формирования ледяного покрова, сроки и продолжительность ледовых явлений не отличаются от обычных.

12.4.2 На постах, находящихся на участке нижнего бьефа, в период осеннего ледохода и шугохода наблюдатель фиксирует местоположение створа начала ледообразования, отмечает ширину и форму заберегов, наличие шуги, а также места образования донного льда.

Производит визуальное определение степени покрытия реки льдом, скорости движения шуги или льда, размеров шуговых скоплений и льдин, а также объемов шуги и льда, поступающих к кромке ледяного покрова.

12.4.3 В период, предшествующий вскрытию, наблюдатель производит наблюдения за изменением состояния поверхности ледяного покрова (закраинами, таянием снега, появление воды на льду, наличием трещин, ухудшение прозрачности и т.д.). Производит наблюдения за скоростью отступления кромки льда вниз по реке.

12.4.4 Наблюдатели постов на зарегулированных реках при наблюдениях и записи ледовой обстановки пользуются общей терминологией ледовых явлений. При смене ледовой обстановки, связанной с режимом работы сооружения, наблюдатель по возможности дополнительно указывает причины образования тех или иных ледовых явлений.

Пример – 15/II 12 ч. Вода поверх льда от пуска из водохранилища. При промерзании образовался новый слой льда 3 – 5 см» или «17/IV, 17 – 19 ч. Ледоход 0,9 по всей ширине реки вследствие сброса льда через плотину.

12.5. Обработка наблюдений за ледовой обстановкой

12.5.1 Результаты наблюдений за ледовой обстановкой в виде записей в КГ–1, М(н), дневника ледовых явлений и зарисовок на картограммах в сетевом гидрологическом подразделении проверяют по каждому посту в отдельности с точки зрения полноты и согласованности их между собой.

После проверки результаты наблюдений наносят принятыми условными знаками на комплексный график по данному посту, на чертеж хронологических графиков колебания уровня воды, совмещенных по ряду постов, расположенных по длине одной реки, на хронограмму ледовых явлений (см. 9.7.4).

После окончательной проверки и анализа ледовых явлений для каждого дня в КГ–1М(н) записывают коды принятых ледовых явлений, которые и помещают в таблицы ЕД.

При вычислении ежедневных расходов воды материалы, полученные в результате наблюдений за ледовой обстановкой на участке поста и при маршрутных обследованиях по длине реки в период вскрытия и замерзания, используют для уточнения условий протекания реки в период ледяных образований.

12.6 Наблюдения за шугоходом и ледоходом

12.6.1 В отдельных случаях при проектировании ГЭС, водозаборных сооружений,

строительстве мостов и т.п. на реках, где ежегодно наблюдают шугоход и ледоход необходимо проводить дополнительные наблюдения за этими явлениями с целью определения их количественных характеристик.

В периоды замерзания и вскрытия рек производят наблюдения за шугоходом и ледоходом, предусматривающие определение их продолжительности, степени покрытия льдом реки, массы шуги на единицу площади ее поверхности, толщины льдин и скорости их движения. По этим данным вычисляются расходы шуги и льда, а также их сток за период.

Наблюдения за шугоходом и ледоходом в методическом отношении имеют много общего.

12.6.2 При ледоходе (шугоходе) определяют степень покрытия плывущими ледяными образованиями водной поверхности реки, как изложено выше в 12.3.3..

Наблюдения производят 3 раза в сутки (в светлое время). Время первого и последнего сроков наблюдений определяется условиями видимости, зависящими от даты и широты места. Средний срок наблюдений назначают в 14 ч. Если шугоход продолжается не прерываясь длительное время (более 5 суток), то число сроков наблюдений сокращают до двух.

При визуальном определении густоты шуги и льда следует учитывать, что наблюдатель видит поверхность воды под углом и в перспективе. Льдины, выступающие над водой, заслоняют от глаз наблюдателя часть водной поверхности. Поэтому с удалением зоны от наблюдателя густота кажется больше.

Визуальные определения густоты ледохода и шугохода будут достаточно надежными, если возвышение пункта наблюдений над урезом воды будет составлять не менее 1:30 ширины реки. При меньших значениях этого отношения надежность оценки густоты ледохода обеспечивается, если полоса "плывущего льда" проходит близко к берегу, где располагается наблюдательный пункт. В тех случаях, когда на берегу нет соответствующих возвышений для наблюдений, оборудуют специальную вышку.

12.6.3 Для определения расходов льда и шуги в первом случае определяют толщину льда, а во втором – количество шуги на единицу площади, занятой плывущей шугой.

Толщина может быть непосредственно измерена только у льдин, остановившихся у берега. Измерение производят ледомерной рейкой, а результат записывают с точностью до 0,01 м. Если условия для непосредственного измерения отсутствуют, толщину льдин оценивают визуально по высоте части льдин, выступающих над водной поверхностью (0,1 от всей толщины льдин). Результат записывают в метрах с точностью 0,1 и 0,05 при толщине льдин соответственно более и менее 0,5 м.

Помимо густоты и толщины оценивают также преобладающие размеры плывущих льдин в метрах.

12.6.4 Количество (массу) шуги на единицу площади скопления определяют шугобатометром ГР–3 или ГР–3М (рис.12.3)

Для погружения шугобатометра в слой плывущей шуги применяют два способа:

- к шугобатометру привинчивают болтами деревянную ручку, с помощью которой удобно погружать шугобатометр с лодки или с низких гидрометрических мостиков;
- при наблюдениях с гидротехнических сооружений или с подвесной люльки взамен деревянной ручки в металлическую дужку верха трубы проушины прикрепляют прочную веревку.

В первом случае шугобатометр резко погружают в шугу и вырезают из нее столб, равный толщине шугового ковра. Во втором случае свободное бросание прибора с высоты, превышающей 3–5 м, также обеспечивает достаточную силу удара для погружения шугобатометра в шугу. Прибор, имея утяжеленную башмаком нижнюю

часть, опускается при свободном бросании вертикально.

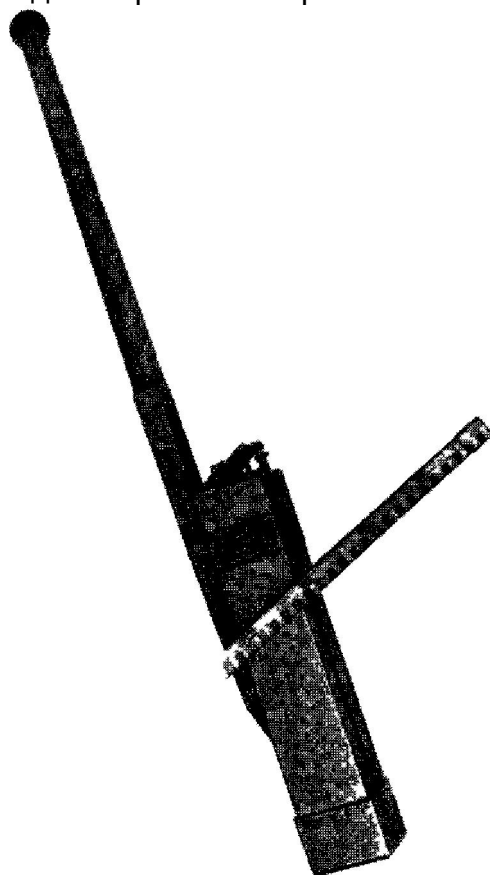


Рисунок 12.3 – Шугобатометр ГР–3

12.6.5 При помощи шугобатометра из вертикального столба воды в реке берут пробу шуги с площадью основания, равной сечению шугобатометра. Пробу шуги высыпают из шугобатометра в ведро, прилагаемое к шугобатометру, и взвешивают.

Массу пробы шуги делят на площадь сечения шугобатометра и записывают в тоннах на 1 м^2 (результат в г/см^2 делят на 100).

В отдельных случаях могут представлять интерес данные о толщине слоя плывущей шуги, поэтому в комплекте шугобатометра имеется специальная рейка, при помощи которой измеряют толщину слоя шуги, захваченной шугобатометром.

Деления на рейке нанесены сверху вниз, поэтому при отсчете сразу получают высоту захваченной пробы шуги, находящейся в шугобатометре ниже рейки.

12.6.6 На реках, где взятие проб шуги шугобатометром производят с моста на ряде вертикалей, находящихся в зоне полосы движущейся шуги. В этом случае в зависимости от ширины реки назначают 3–5 вертикалей, на которых последовательно при каждом измерении расхода шуги берут 5 проб на каждой вертикали.

В случаях, когда шуга неравномерно распределена по поверхности воды и движется сравнительно узкой полосой, проходящей по стрежню реки, либо прижимающейся к вогнутому берегу, можно взять пробу шуги вблизи берега на одной вертикали. Число проб на береговой вертикали должно быть не менее десяти при каждом измерении расхода шуги. Пробы без шуги при случайном попадании шугобатометра в просветы между комьями шуги не учитывают.

Средние значения массы шуги за сроки наблюдений, необходимые для вычисления расхода шуги, берут как среднеарифметическое из всех проб как в случае работы на одной вертикали, так и на нескольких вертикалях.

12.6.7 Скорость движения плывущей сверху шуги определяют по времени прохождения отдельными, хорошо заметными комьями или венками шуги участка пути длиной от 25 до 100 м (в зависимости от скорости движения плывущей шуги).

Для этой цели на прямолинейном участке реки вблизи пункта наблюдений устраивают два створа с вехами на расстоянии, например, 100 м один от другого. Наблюдатель засекает с помощью секундомера время прохождения выбранного скопления шуги через верхний створ и, идя по берегу к нижнему створу, наблюдает за прохождением того же скопления шуги через нижний створ, засекая момент прохождения.

Расстояние между створами, деленное на продолжительность движения шуги между ними в секундах, характеризует скорость движения плывущей шуги (в метрах в секунду). Такие измерения производят 5 раз при каждом цикле измерений. При измерениях следует выбирать скопления шуги (комья или венки), проходящие на различных расстояниях от берега, для получения средней скорости для всей ширины реки в пределах ее покрытия шугой.

12.6.8 Расход шуги (т/с), плывущей по поверхности воды ($N_{ш}$), вычисляют по формуле

$$N = \alpha a v_{ш} \hat{A}, \quad (12.1)$$

где α – коэффициент шугохода (степень покрытия реки льдом);

a – масса шуги на единицу площади скопления, т/м²;

$v_{ш}$ – средняя скорость движения шуги, м/с;

B – ширина реки между заберегами, м.

Расход льда (м³/с) вычисляется по формуле

$$N = \alpha h_{л} v_{л} \hat{A}, \quad (12.2)$$

где $h_{л}$ – толщина плывущих льдин, м.

Результаты измерений расходов шуги и льда оформляют в виде ведомости, приведенной в таблица 12.1.

Таблица 12.1 – Данные о расходах шуги и льда

Дата	Время	реки, м	Ширина	Средняя густота		Скорость движения шуги/льда, м/с	Толщина пробы шуги, м	Масса шуги, т/м ²		Толщина льдин, м	Расход		Примечания
				сп	наиб			сп	наиб		шуги, т/с	льда, м ³ /с	
2/XI	16 ²⁰ – 17 ¹⁰	400	3	1,2	2,1	0,07		0,19	0,32		27,0		Шуга идет полосой
3/XI	15 ⁰⁰ – 16 ¹⁰	390	4	1,2	2,2	0,05		0,21	0,40		39,0		
5/XI	12 ⁰⁰ –13 ²⁰	380	4	1,0	2,3	0,03		0,1	0,24		15,1		Среди шуги смерзшиеся скопле

											ния
10/ XI	10 ⁵⁰ – 12 ⁰⁰	380	6	1,6	2,3	0,09	0,22	0,34		81,0	

При расчете стока льда за каждые сутки периода с ледоходом применяют следующие способы в зависимости от частоты измерений расходов льда и суточного хода явления:

– расходы шуги и льда измеряют с частотой три и более раз в сутки. Сток льда вычисляют суммированием произведений полусумм расходов льда, измеренных в смежные сроки, на интервал времени между ними в секундах;

– расходы шуги и льда измеряют 1–2 раза, а коэффициент ледохода – несколько раз в сутки. Для каждого срока определения коэффициента ледохода по интерполяции вычисляют скорость движения льда (с учетом хода уровней), толщину льда или массу шуги на единицу площади, а также ширину реки между берегами. По этим данным вычисляют расходы шуги (льда); при расчете стока шуги используют характерное для одного и того же створа значение а при данном коэффициенте шугохода. С этой целью строят график связи между расходами шуги и коэффициентом шугохода, на основании которого можно определить значения расходов в сроки, когда наблюдался густой шугоход. Качество таких связей определяется многими и главным образом местными условиями. Существующий опыт подтверждает возможность получения таких зависимостей по данным наблюдений в течение одного–двух сезонов.

12.7 Наблюдения за толщиной льда

12.7.1 В состав наблюдений за толщиной льда входят:

– измерения толщины льда в единичных точках на участке поста, выполняемые наблюдателем;

– измерение толщины льда на участке реки во многих точках – ледомерная съемка.

12.7.2 Толщину льда измеряют в двух местах: у берега и на середине реки обычно в створе поста или в другом постоянном месте по указанию специалиста сетевого гидрологического подразделения. Измерения у берега следует производить там, где глубина воды в реке составляет не менее 1,5–2,0 м и где не происходит промерзания реки до дна в самые суровые зимы. Если ширина реки превышает 200 м, толщину льда измеряют на расстоянии не менее 100 м от берега.

Измерения толщины льда начинают с момента, когда выход на лед становится безопасным. При толщине льда менее 30 см и в период таяния измерения производят 5, 10, 15, 20, 25–го числа и в последний день месяца, а при толщине льда более 30 см–10, 20–го и в последний день месяца. Ледомерные работы выполняют в светлое время суток.

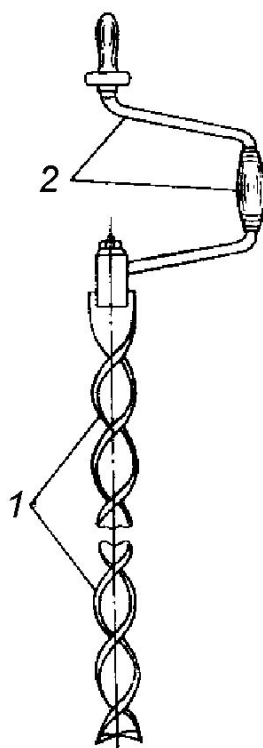
12.7.3 Данные измерений толщины льда должны характеризовать примерно среднюю толщину льда на большом протяжении реки в районе поста, поэтому измерения не должны назначаться в тех местах, где лед значительно тоньше или толще, чем по всей длине участка (например, около полыней, на отмелях местах, вблизи выхода грунтовых вод, вблизи от проезжих дорог через реку и т. п.). Соблюдение этих условий дополнительно проверяют путем проведения ледомерных съемок на участке поста. Если после проведенная ледомерной съемка выявила, что намеченное ранее постоянное место измерений толщины льда почему–либо оказывается, непригодным, специалист подразделения выбирает новое место и указывает его наблюдателю.

12.7.4 Измерения толщины льда на больших и средних реках шириной более 25 м ведут в начальный период в каждом месте в трех скважинах (лунках). Скважины

размещают (в плане) в вершинах равностороннего треугольника, одна из которых находится в створе поста или другом выбранном для наблюдений створе, а две других – выше и ниже его на расстоянии 5–10 м. После того как лед достигнет толщины 70 см, а также, если в течение первого месяца наблюдений расхождение в толщинах льда, измеренных в трех скважинах, не превышает 10 %, наблюдения могут продолжаться до вскрытия реки лишь в одной скважине (лунке). На малых реках, имеющих при ледоставе ширину менее 25 м, толщину льда измеряют на середине реки в одной скважине.

На промерзающих реках при расположении поста в плёсе и при наличии промерзающего перекатного участка на расстоянии не свыше 1,5–2,0 км от поста, измерения толщины льда организуют (по указанию специалиста подразделения) одновременно в двух местах на плёсовом участке и на гребне переката.

12.7.5 Скважины в ледяном покрове просверливают ледовыми бурами ГР–7 или ПИ–8 [13], (рис 12.4,12.5) лунки пробиваются пешнями разных конструкций. Для удаления осколков льда и ледяной стружки из лунок и отверстий используют лопату или сачок из проволочной сетки.



1 – сверло; 2 – коловорот

Рисунок 12.4 – Ледовый бур ГР–7

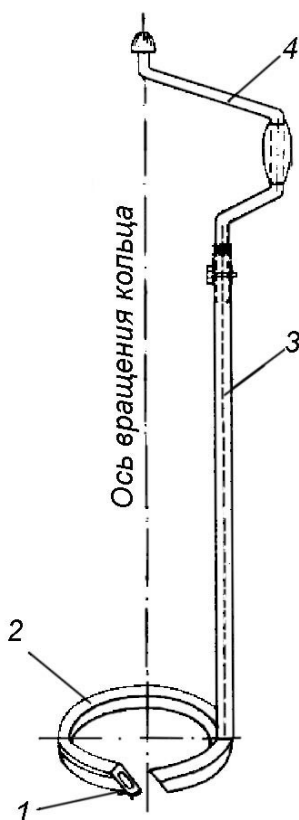


Рисунок 12.5 – Ледовый бур ПИ-8

Существуют ледовые буры и других конструкций: рыбацкий, механизированный и др.

При работе ледовыми бурами ледяная стружка, скапливаясь в скважине, сильно затрудняет бурение. Чтобы очистить скважину бур время от времени поднимают вместе с ледяной стружкой. По окончании проходки скважины бур-сверло необходимо протолкнуть в воду и, повернув его несколько раз в обратную сторону движением вверх-вниз, промыть скважину и очистить сверло от стружки. При бурении кольцевым буром ледяной керн подхватывают снизу кольцом и поднимают вместе с буром, а ледяную стружку удаляют из скважины сачком или лопатой.

Если толщина льда превышает 120 см, бурение ледовым буром ГР-7 производят сначала коротким сверлом на всю его длину, после чего в коловорот вставляют сверло длиной 180 см. Длину кольцевого бура увеличивают за счет запасной штанги после того, как пробурят лед на длину основной (около 1 м).

По окончании работы буры смазывают минеральным маслом. Сверло ледового бура ГР-7 периодически затачивают напильником с последующей заправкой бруском. Резец кольцевого бура затачивают треугольным напильником с мелкой насечкой со стороны крепления его винтами.

При работе пешней лед пробивать следует осторожно, чтобы лунку не залило водой раньше, чем она будет иметь достаточные размеры.

12.7.6 При наблюдениях за толщиной льда измеряют:

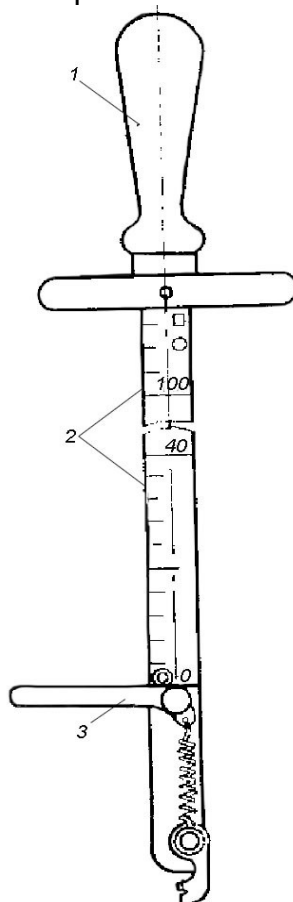
- высоту снега на льду;
- общую толщину льда;
- глубину погружения льда;
- глубину погружения шуги;
- высоту слоя воды на льду.

Кроме того, дают краткую характеристику снежного покрова (ровный, с застругами; сдувание-полное, сильное, частичное; места скопления снега) и

поверхности ледяного покрова (гладкая, неровная, торосистая).

Высоту снега на льду измеряют переносной водомерной или снегомерной рейкой. Общую толщину льда, глубину погружения льда и шуги, а также высоту слоя воды на льду измеряют в скважинах металлическими ледомерными рейками, а в лунках, пробитых пешней— деревянной рейкой с подкосом. При большой толщине слоя шуги глубину ее погружения измеряют специальной звуковой шугомерной рейкой или штангой с острым наконечником и откидной планкой. Ниже приводится краткое описание двух типов ледомерных реек.

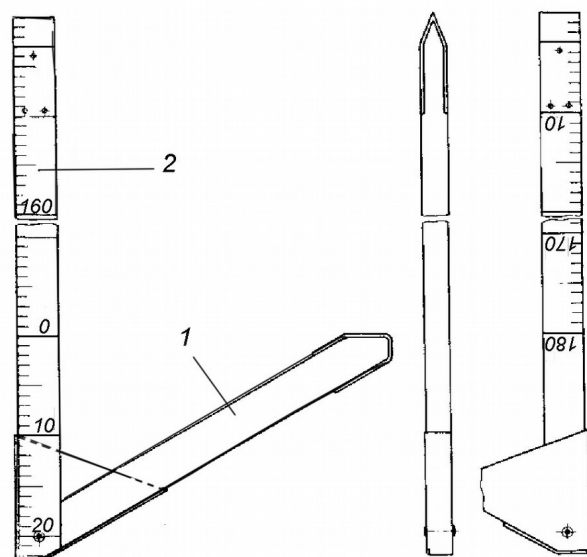
Металлическая ледомерная рейка, входящая в комплект ледового бура ГР–7 приведена на рисунке 12.6. Рейка изготавливается из стальной полосы шириной 20 мм. Длина измерительной части 120 или 180 см, деления нанесены через 1 см. На верхнем конце имеется деревянная ручка, а внизу— либо откидная планка, либо неподвижный упорный рычаг, используемые для совмещения нулевого деления рейки с нижней кромкой ледяного покрова.



1 – ручка; 2 – рейка с делениями; 3 – откидная планка

Рисунок 12.6 – Ледомерная рейка из комплекта бура ГР–7

Деревянная ледоснегомерная рейка ГР–31 состоит из прямоугольного бруска длиной 200 см и упорной планки–подкоса, прочно скрепленной с нижним концом бруска под углом 60 °. На рейке нанесены сантиметровые деления; нуль рейки и верхний конец подкоса лежат в одной плоскости, перпендикулярной к оси рейки. Рейка ледоснегомерная ГР–31 приведена на рисунке 12.7



1 – рейка с делениями; 2 – поднос

Рисунок 12.7 – Рейка ледоснегомерная ГР-31

12.7.7 Толщину льда измеряют каждый раз в новых лунках, которые, пробивают в местах с ненарушенным снежным покровом на расстоянии 1–2 м от лунок, где производились предыдущие измерения. Вновь пробиваемую лунку каждый раз сдвигают относительно предыдущей по направлению вдоль реки (не к берегам), что особенно важно для нешироких рек. Подходить к выбранному месту следует всегда по одной тропинке и производить работы так, чтобы возможно меньше нарушать естественный снежный покров около лунки.

Наблюдения начинают с измерения высоты снега на льду, затем пробивают лунку и измеряют общую толщину льда, глубину погружения льда, а также шуги, высоту слоя воды на льду. Высоту снега измеряют в трех точках, расположенных в вершинах треугольника, центром которого является намеченная лунка (на расстоянии 0,5 – 0,7 м от нее); среднее из измерений в этих точках записывают в КГ–1М(н) на странице 18. При измерении общей толщины и глубины погружения льда откидную планку или подкос подводят под лед и производят два отсчета (по течению и поперек). В КГ–1М(н) записывают среднее значение из двух или четырех отсчетов.

Измерения высоты снежного покрова и толщины льда производят с точностью до 1 см.

12.7.8 Глубину погружения шуги, если она невелика, измеряют ледомерными рейками. Нижнюю границу шугового слоя определяют по изменению сопротивления вращению рейки вправо и влево. Отсчет производят в тот момент, когда при подъеме рейки поворачивать ее становится труднее. Измерение повторяют дважды, среднее значение записывают в КГ–1М(н) с точностью до 0,1 м.

При большой толщине слоя шуги измерение производят аналогичным образом специальной штангой с откидной планкой.

Если шуги настолько мало, что ледомерная рейка поворачивается совсем легко, в книжку записывают «мало», а если видно, что шуга проносится под ледяным покровом, записывают «проносится». При отсутствии шуги записывают «нет».

По окончании измерений лунку забивают снегом и льдом и отмечают вешкой или кусками льда.

12.7.9 Результаты измерений толщины льда записываются в соответствующем разделе книжки КГ–1М(н) в таблице пятидневных наблюдений.

Примеры записи приведены в таблице 12.2 в соответствии с возможными

случаями взаимного расположения уровня воды и льда, показанными на рисунке 12.8:

Таблица 12.2 – Пример записи измерений толщины льда в книжке КГ–1М(н)

Число	Номер точки	Высота снега на льду, см		Общая толщина льда, см		Глубина погружения, см				Характеристика поверхности ледяного покрова
		отсчет	средняя	отсчет	средняя	льда		Шуги		
						отсчет	средняя	отсчет	средняя	
5	1	18		56		52		Нет		Неровный
	2	18		56		66		Нет		Неровный
	3	18		56		лед над водой		Нет		Неровный
	4	5		48		46		нет		8 см лед 12 см вода 28 см лед

Примечание. В графе «Номер точки» указаны номера возможных случаев расположения уровня воды и льда, приведенных ниже.

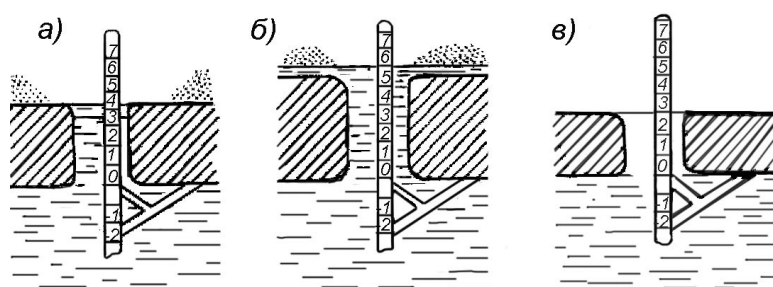
Случай 1. Вода в скважине (лунке) ниже поверхности льда (рисунок 12.8.а);

Случай 2. Вода на льду (рисунок 12.8.б);

Случай 3. Ледяной покров над водной поверхностью (рисунок 12.8.в);

Случай 4. Ледяной покров состоит из отдельных слоев, между которыми находится вода. Тогда кроме общей толщины льда и глубины его погружения в графе «Характеристика ледяного покрова» помещают схематический чертеж строения ледяного покрова в данном пункте с указанием толщины отдельных слоев и промежутке между ними, как это показано в таблице 12.2.

Если все наблюдения за толщиной льда производят на двух участках реки – на плёсе и перекате, для записи результатов измерения на одном из них в книжку вклеивают специальный листок. Наверху соответственно надписывают «Плёс» и «Перекат».



а) вода в скважине (лунке) ниже поверхности льда; б) вода на льду;
в) ледяной покров над водной поверхностью

Рисунок 12.8– Примеры измерения глубины погружения льда

12.7.10 На реках, где ледяной покров формируется в основном за счет частых наледей, ведут наблюдения (по указанию подразделения) за высотой слоя наледной воды, а по мере ее замерзания – за нарастанием ледяного покрова за счет наледей. Для этого в наледь в нескольких пунктах на участке поста вмораживают рейки, по которым ежедекадно измеряют толщину наледного льда. Запись высоты слоя наледной воды и нарастания наледи ведут на отдельных листках, подклеиваемых в КГ–1М(н). Организация наблюдений за нарастанием наледи – выбор участка (створа), размещение реек и т. д. производит специалист подразделения.

12.7.11 Ледомерную съемку участка реки производят:

- для выявления соответствия результатов измерений в единичных точках средним значениям толщины льда на участке реки в районе поста;
- в составе специальных видов наблюдений, например, при изучении заторных и зажорных явлений.

Помимо данных для суждения о типичности места систематических измерений толщин льда результаты ледомерных съемок дают также основание для помещения в описания постов ЕД за годы съемок общей характеристики распределения толщин льда на участке реки.

Ледомерные съемки на больших реках выполняют работники сетевого гидрологического подразделения совместно с наблюдателем. В отдельных случаях наблюдателю может быть поручено самостоятельное выполнение съемки по заранее разбитым на местности поперечным профилям. При этом ввиду большой трудоемкости связанных со съемкой полевых работ съемку можно производить частями на протяжении нескольких (не более четырех) дней.

Ледомерную съемку для проверки репрезентативности наблюдений в единичной точке выполняют при организации систематических наблюдений или проверке правильности этой организации на существующих постах. Производят ледомерные съемки для этих целей в середине и конце периода ледостава.

Длина участка ледомерной съемки должна быть примерно равной пятикратной ширине реки зимой. Когда в районе поста имеются выраженные плёс и перекат, участок ледомерной съемки располагают с таким расчетом, чтобы захватить части плёса и переката, включая его гребень. Если деление русла на плёсы и перекаты выражено слабо, участок ледомерной съемки располагают симметрично относительно створа гидрологического поста. Участок ледомерной съемки сохраняют постоянным на период действия данного поста.

Ледомерные съемки на больших и средних реках производят по поперечникам, которые привязывают к планово–высотным знакам топографического плана участка поста. Общее количество поперечников должно быть не менее пяти. Два из них располагают на границах участка, а остальные – на равных расстояниях между ними. Если готового плана топографической съемки для участка данного поста нет, разбивку поперечников на местности производят с привязкой их к постоянным ориентирам на участке.

На каждом поперечнике устанавливают не менее семи точек измерений, причем по ширине реки их располагают равномерно: береговые точки на расстоянии 5–10 м от берега, а остальные примерно на равных расстояниях друг от друга (около $\frac{1}{6}$ ширины реки).

Среднеквадратическую относительную погрешность определения средней по створу толщины льда вычисляют по формуле:

$$\sigma = \frac{C_{v_n}}{\sqrt{n}}, \quad (12.4)$$

где C_{v_n} – коэффициент вариации толщины льда;
 n – число точек измерения.

C_{v_n} на реках обычно не превышает 0,2. Таким образом, ошибка определения средней толщины льда по створу при семи точках измерения составит менее 10 %.

12.7.12 При производстве ледомерной съемки следует учитывать некоторые основные особенности распределения толщины льда на участке.

При наличии подо льдом шуги, т. е. в тех случаях, когда в процессе съемки выяснилось, что шуга обнаруживается не во всех точках и границы ее распространения (в плане) не могут быть определены измерениями в принятых, согласно общим правилам, профилях и скважинах, необходимо назначить несколько

дополнительных точек измерения между поперечниками и между основными скважинами.

При сильно торосистой поверхности льда точки измерения назначают в промежутках между торосами. Дополнительно следует измерить (или определить на глаз) высоту тороса на поперечнике, отмечая преобладающие значения этих высот в графе примечаний полевой книжки для записи промеров.

При наличии на участке съемки отдельных, незначительных по площади полыней, необходимо глазомерно заснять их очертания. Поперечники в этом случае следует по возможности назначать между полыньями.

Местные выходы у берегов грунтовых вод, вызывающих иногда на значительном расстоянии вдоль берега незамерзающие закраины, должны быть обследованы и нанесены на план съемки.

12.7.13 На малых реках, имеющих ширину при ледоставе менее 25 м, производят ледомерные съемки, а измерения толщины льда в пяти точках, назначенных по стрежню реки через 25–50 м с таким расчетом, чтобы охватить характерные участки реки. Одну точку назначают в месте ежедневных измерений вблизи водомерного поста и по две точки выше и ниже по течению. Измерения толщины льда на малых реках в пяти точках поручают наблюдателю. Обработка и анализ результатов этих измерений выполняет сетевое гидрологическое подразделение. При однородной толщине льда на участке измерения производят в течение двух – трех зим ежедекадно. Если выявится большая неоднородность ледяного покрова, ежедекадные измерения в пяти точках производят ежегодно.

12.7.14 При выполнении ледомерной съемки в каждой точке измеряют:

- высоту снега на льду;
- общую толщину льда;
- толщину погруженного льда;
- толщину подледной шуги;
- глубину реки от уровня воды в лунке.

Высоту снежного покрова на льду измеряют переносной снегомерной рейкой. При наличии мокрого снега его высоту показывают отдельно. Толщину льда измеряют металлической рейкой, прикладываемой к буру. Толщина подледной шуги измеряют рейкой с откидной планкой, удлиненной до 150–200 мм.

12.7.15 При ледомерных съемках описывают структуру ледяного покрова на характерных участках реки (плёс, пережат) и в точке поперечного профиля на середине реки. Для описания структуры льда из ледяного покрова выбуривают цилиндрический монолит кольцевым буром. Описание структуры льда можно сделать и по стенке лунки, пробитой пешней. Лунку для этой цели делают больших размеров и ее пробивают осторожно, снимая лед тонкими слоями, чтобы лунку не залило водой. Структура льда может быть определена и по монолиту, специально выпиленному из ледяного покрова. Монолит извлекают из воды с помощью троса. Его размеры в плане берут примерно равными 0,4х0,4 м.

При описании структуры льда по слоям отмечают следующие его виды: кристаллический, снежный, шуговой (из смерзшейся шуги), наледный, а также внешний вид льда: мутный или прозрачный, имеются ли пузырьки воздуха, твердые включения в виде песка, водорослей, ила, гальки и т. п.

Толщину отдельных слоев льда, выделенных по структуре, замеряют. Ниже приводится краткая характеристика видов льда.

Кристаллический лед – составляет нижний, прилегающий к воде (если нет подледной шуги) слой, образующийся при непосредственном замерзании речной воды с поверхности; прозрачен, имеет призматические структурные отдельности, на которые распадается при ударе; может содержать включения пузырьков газа (воздуха), при этом становится матовым, серовато-белым.

Снежный лед – залегает поверх кристаллического льда и образуется от смерзания смоченного снега на льду; имеет неоднородную структуру по слоям, различающуюся в зависимости от степени смачивания снега водой. При незначительном смачивании (обычно в самом верхнем слое, выше которого располагается слой снега) снежный лед сохраняет структуру отдельных зерен с обтаявшими, сглаженными краями. Снежный лед – мутный от большого количества полостей, наполненных воздухом. На границе с кристаллическим льдом часто сохраняется прослойка незамерзшей воды.

Шуговой лед – формируется в результате промерзания скоплений шуги; имеет мутный цвет, зернистое строение; для него характерны включения воздуха и большое содержание взвешенных наносов. Слой шугового льда может находиться поверх кристаллического льда (первоначальный ледяной покров сформировался из скоплений шуги) и ниже его – при промерзании подледной шуги.

Наледный лед – залегает на поверхности ледяного покрова и образуется при замерзании выступающей на лед воды за счет стеснения живого сечения при промерзании реки или растекании по льду воды из мелких притоков. Прозрачен, имеет характерную бугристую поверхность.

12.8 Обработка материалов и анализ ледемерных съемок

12.8.1 При обработке материалов ледемерной съемки составляют:

- план ледемерной съемки;
- поперечные профили.

В качестве основы для плана ледемерной съемки используют план топографической съемки участка реки. На плане должны быть нанесены знаки плано-высотного обоснования съемки (магистраль, реперы и т. п.) и поперечные профили, по которым измерялась толщина льда.

Справа от линии профиля на плане выписывают значения общей толщины льда по измерениям в отдельных точках, слева – соответствующие значения глубин. При достаточном количестве точек измерений на плане синим карандашом проводят изолинии общей толщины льда через 5 или 10 см, но не менее двух–четырех изолиний. Наносят трещины, полыньи, закраины, пунктиром – границы области подледной шуги и т. п. На плане обязательно отмечают условным знаком место производства систематических (декадных или пентадных) измерений толщины льда на участке.

Поперечные профили вычерчивают на отдельном листе миллиметровой бумаги, причем для удобства анализа и сопоставления все профили должны быть помещены подряд по возможности на одном листе.

Масштаб горизонтальных расстояний выбирают с таким расчетом, чтобы длина поперечных профилей составляла около 10–15 см, а соотношение глубины и ширины (в масштабах) было равным 0,2–0,5.

На поперечных профилях наносят по данным измерений высоту снега, общую толщину льда и подледной шуги (с выделением толщины погруженного льда и шуги) и глубину реки. Для рек с большими глубинами, когда изображение их в одном вертикальном масштабе с толщиной льда является не наглядным, линию дна поперечных профилей не вычерчивают, а масштаб выбирают, исходя из наблюдаемых значений толщины льда. Левый берег помещают на чертеж слева, а правый – справа. На чертеже следует указать масштабы, принятые для нанесения всех величин. Выписка под чертежом цифровых данных результатов не обязательна.

12.8.2 Анализ материалов ледемерной съемки состоит в рассмотрении плана и поперечных профилей толщин льда на участке с точки зрения распределения на нем полученных значений, их однообразия или закономерности изменения. Для этой

цели при съемках, проводимых на одном сплошном участке (без предварительного выделения плёсов и перекатов), следует прежде всего по каждому из поперечных профилей съемки вычислить осредненные значения толщины льда для стрежневой полосы реки как средние арифметические из измерений в двух–трех точках, расположенных примерно в пределах до 1/3 всей ширины реки. Затем полученные значения сопоставляются между собой и со средним арифметическим их значением по всему участку. Последнее сопоставляют также с результатами систематических (декадных или пентадных) измерений толщины льда на участке в единичных точках.

По сопоставленным осредненным значениям толщины льда по отдельным поперечным профилям судят о степени равномерности залегания ледяного покрова в пределах участка, а по сопоставлению среднего значения толщины льда на всем участке по стрежню с результатами систематических измерений – о типичности места этих измерений.

Пример – 1. В результате ледосъемки на р. Дисна в 2006 г. по семи поперечникам были получены осредненные значения толщины льда в стрежневой полосе участка для отдельных поперечных профилей: 27, 18, 26, 24 (гидрологический створ), 26, 24 и 25 см. Среднее из указанных значений равно, 24. Отклонение от этого среднего для отдельных профилей составляет менее 15%, за исключением профиля № 2.

Значительное преуменьшение толщины льда только в профиле № 2 дает основание предполагать наличие на участке местной причины этого явления, что должно быть подтверждено полевым обследованием реки вблизи этого профиля и последующими измерениями (при вычислении среднего значения толщины льда на участке результаты измерения в подобных единичных профилях можно не учитывать). Систематические наблюдения за толщиной льда ведут на участке вблизи профиля № 4, т. е. место их производства достаточно типично для данного участка реки.

2. На р. Дрыса в 2004 г. по отдельным поперечным профилям были получены значения измеренных толщин льда (осредненные по стрежневой полосе): 28, 33, 26, 15 (гидрологический пост), 21 и 28 см. Как видно из рассмотрения приведенных значений, они обнаруживают значительные колебания в пределах обследованного участка, а место систематических измерений, расположенное вблизи профиля № 4 (гидрологический пост), является нетипичным на участке в целом.

Повторная съемка, проведенная на том же участке реки в конце зимы, подтвердила указанные соображения относительно места систематических измерений, хотя общее распределение толщин льда на участке к концу зимы стало более равномерным. Полученные осредненные для стрежневой полосы значения толщин льда по отдельным профилям составили: 57, 55, 49, 46 (гидрологический пост), 50 и 56 см.

В случаях явно выраженной нетипичности места систематического измерения толщины льда необходимо провести анализ причин неоднородности залегания льда на участке). В результате анализа участок съемки следует либо продолжить вверх или вниз по течению с тем, чтобы подыскать для систематических наблюдений условия более равномерного распределения толщины ледяного покрова по длине реки, а первоначально выбранный участок считать неудачным, либо, если неравномерная толщина льда по длине реки характерна на большом протяжении, ледомерные съемки на участке поста вести ежегодно, а систематические наблюдения организовать не в одном, а в двух профилях с примерно крайними значениями толщины льда, близкими к наибольшей и наименьшей.

При выявлении причин неравномерности толщины льда на участке следует полученные ее значения по отдельным поперечным профилям сопоставить с изменением на нем морфометрических и гидравлических характеристик реки (глубины, ширины, очертания русла в плане, скорости и т. п.). Для ориентировки при этом рекомендуют использовать материалы рекогносцировочного обследования по длине реки, проводимого при организации гидрометрических работ, крупномасштабные карты, продольные профили и т. п.

При явно выраженной нетипичности места систематических измерений толщины

льда его перенос должен быть осуществлен сразу же после первой зимы, когда это было выявлено, не дожидаясь подтверждения ледосъемками последующих лет.

Сведения о выявленной нетипичности ранее опубликованных результатов измерений должны быть помещены в описании поста или на титульном листе таблицы «Толщина льда» ЕД за тот год, когда это было обнаружено.

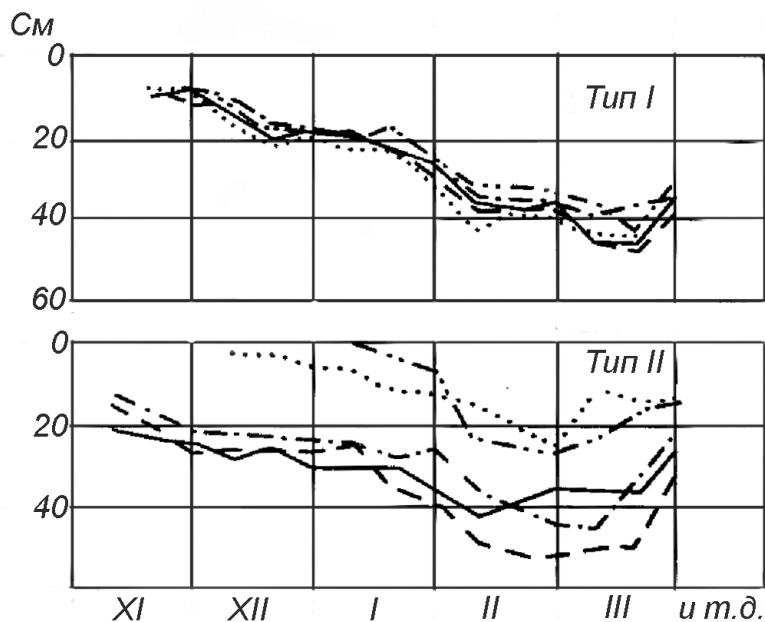
В случае систематических измерений толщины льда одновременно в двух местах (на плёсе и перекате) в ЕД помещают результаты наблюдений по обеим точкам, а в описании по данному посту и на титульном листе таблицы «Толщина льда» дают соответствующие пояснения.

12.8.3 Перечисленные выше отчетные документы, составляемые в результате ледемерной съемки, сетевое гидрологическое подразделение представляет в методический отдел РГМЦ вместе с полевыми книжками измерений и с краткой пояснительной запиской. В записке следует дать описание полевых условий производства съемки, анализ полученных материалов и конечные выводы по результатам съемки.

При описании полевых условий производства измерений указывают:

- дату съемки;
- длину всего участка, расстояния между поперечниками и точками;
- особенности их назначения, вызванные условиями ледовой обстановки на данном участке (при наличии полыней, торосов, закраин, наледей и пр.);
- приборы, примененные для измерений толщины льда и снега;
- прилагают описание структуры льда в лунке на середине реки в створе систематических измерений толщины льда.

Результаты анализа материалов и выводы излагают в соответствии с указанным выше. Приводят обобщенную характеристику залегания льда на всем обследованном участке, дают крайние значения толщины льда в стрежневой полосе участка и сопоставляют с полученными в постоянном месте измерений; указывают новое место, куда следует перенести систематические наблюдения, если прежнее место не характерно.



Тип I – участок с однообразной толщиной льда; тип II – участок с неоднородной, толщиной льда (плёс –перекат). Сплошная линия – толщина льда в точке систематических наблюдений.

Рисунок 12.9 – Графики нарастания толщины льда на участке реки (по наблюдениям в пяти точках)

Записка используют в качестве материала для составления соответствующего

раздела описаний постов ЕД .

12.8.4 В результате обработки материалов декадных наблюдений в пяти точках по длине малых рек составляют:

- план участка реки (на основе топографической съемки) с обозначением мест измерений и с указанием полученных значений толщины льда и глубины в декаду с наибольшей толщиной льда. Масштаб плана должен быть таким, чтобы русло реки на нем изображалось полосой шириной не менее 3–5 см;
- таблицу измерений в отдельных точках по срокам за весь период наблюдений – гидрологическую зиму;
- совмещенные хронологические графики изменения толщины льда по отдельным скважинам за тот же период, как показано на рисунке 12.9.

12.8.5 Анализ материалов состоит в сопоставлении между собой результатов измерений толщины льда, полученных в отдельных точках, по величине и по ходу изменения во времени.

При анализе могут быть выявлены следующие типовые случаи:

– толщина льда на всем участке измерений сравнительно однородна (в пределах 15–20 %) и имеет однотипный характер изменения в течение зимы (рис.12.9, тип I). В этом случае место систематических (декадных или пентадных) измерений толщины льда вблизи поста можно считать соответствующим средним условиям на всем участке;

– толщина льда на участке неоднородна и обнаруживает наличие различных групп значений толщины льда на участках, соответствующих различным гидравлическим условиям протекания реки: плёс и перекат (рис.12.9, тип II). В этом случае систематические измерения толщины льда должны быть организованы на двух отдельных участках реки – на плёсе и на перекате. Пример записи приведен в таблице 12.3.

Таблица 12.3 – Таблица результатов декадных измерений толщины льда в пяти скважинах по длине малой реки (см)

Река – пост	№ пункта	Характеристика участка	XII			I			II			III		
			10	20	31	10	20	31	10	20	28	10	20	31
р. Оболь д. Оболь	1	Без ясно выраженных плесов и перекатов	15	17	18	20	18	25	32	32	33	37	42	31
	2		11	19	18	18	21	29	38	37	38	46	48	38
	3		13	20	19	20	23	26	36	38	37	46	47	42
	4		10	17	17	19	22	26	35	36	36	40	38	34
	5		14	21	20	23	22	31	43	38	41	44	45	40
р. Дрыса д. Дернович и	1	Перекат				0	4	7	22	25	26	23	17	15
	2	Плёт	26	27	26	23	35	40	47	51	52	50	50	33
	3	Плёт	21	23	23	25	28	26	35	40	45	47	33	21
	4	Плёт	27	25	30	31	30	35	42	38	36	36	36	26
	5	Перекат	4	4	7	7	13	13	14	20	26	12	14	15

– нарастание льда на участке происходит различно из года в год вследствие особых условий его формирования (шугоносные реки, участки зарегулированных рек ниже плотин ГЭС и т. п.).

В этих случаях ежедекадные измерения толщины льда в пяти лунках проводят в течение двух–трех зим, а в последующие годы 2 раза в зиму (после образования ледяного покрова и в период максимальной его толщины).

Результаты проведения на малых реках декадных измерений толщины льда в ряде точек по длине участка представляют в методический отдел Республиканского гидрометеоцентра в виде указанных выше таблиц и графиков, вместе с полевыми

книжками измерений и пояснительной запиской.

Выводы о постановке дальнейших наблюдений в каждом отдельном случае требуют утверждения.

12.9 Обработка и анализ результатов систематических измерений толщины льда

12.9.1 Обработка результатов систематических измерений толщины льда для средних и больших рек выполняет сетевое гидрологическое подразделение. Она состоит из вычисления средних арифметических значений из измерений в трех скважинах. Вычисленные значения толщины льда ежемесячно наносят на комплексный график, на который дополнительно наносят также толщину снежного покрова на льду.

В процессе анализа по комплексному графику выявляют надежность полученных значений толщины льда и хода их изменения во времени путем сопоставления с данными о высоте слоя снега на льду, ледовыми фазами состояния реки и ходом изменения температуры воздуха за зиму.

12.9.2 В основу анализа принимают следующие исходные положения. При устойчивых морозах без оттепелей нарастание льда в обычных условиях (без наледей) происходит довольно плавно, имея наибольшую интенсивность в начальный период ледостава и постепенно замедляясь к концу зимы, что соответствует общему виду связи толщины льда с нарастанием суммы отрицательных температур воздуха. В случае наступления ледостава от смерзания скоплений плывущего льда (шуги) начальная толщина ледяного покрова определяется толщиной этих ледообразований. Затем происходит постепенное сглаживание нижней поверхности льда и рассасывание подледной шуги, если она имелаась.

12.9.3 Скачкообразное увеличение толщины льда характерно для снежных зим с неустойчивой температурой воздуха и совпадает обычно с наступлением сильных морозов после оттепелей или обильных снегопадов, во время которых вода выступала на поверхность ледяного покрова со снегом. При этом на поверхности кристаллического льда образуется слой снежного льда за счет смерзания смоченного снега, который и включают в общую толщину льда. Резкое скачкообразное увеличение толщины льда может быть также вызвано наледями.

В периоды интенсивных или длительных оттепелей наблюдают уменьшение толщины ледяного покрова вследствие его таяния.

Наличие снежного покрова на льду замедляет интенсивность нарастания льда, а отсутствие снега на льду весной способствует его быстрому разрушению.

Проверенные и прошедшие анализ результаты наблюдений за толщиной льда заносят в таблицу «Толщина льда» ЕД.

12.10 Наблюдения за заторными и зажорными явлениями

12.10.1 Условия образования

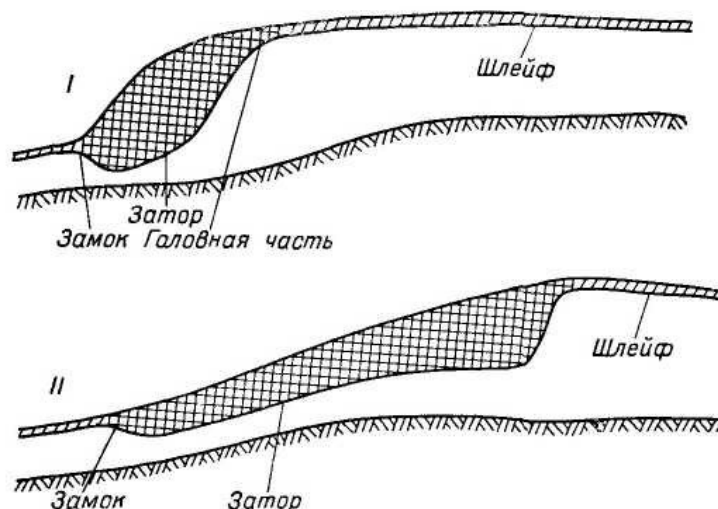
12.10.1.1 Затопы формируются на участках реки, где задерживается вскрытие или происходит заклинивание русла ледяными полями вследствие резкого изменения уклона, наличия поворотов, островов. Задержка вскрытия происходит также на участках с повышенной толщиной ледяного покрова.

Затор, представляющий собой многослойное скопление льдин, вследствие упора в берега приобретает значительную устойчивость. Стеснение живого сечения потока

приводит к повышению уровня воды – на многих реках максимальный годовой уровень воды формируется под влиянием заторных явлений.

По длине заторы имеют неоднородное строение. На рисунке 12.10 представлены три основные части заторного скопления:

– «замок» или «очаг» затора, представляющий собой покрытый трещинами ледяной покров или перемышку из ледяных полей, заклинивших русло;



I – затор с выраженной головной частью; II – затор с равномерным продольным профилем.

Рисунок 12.10 – Схематические продольные профили заторов льда

– собственно затор или «головная» часть – участок, представляющий собой многослойное скопление из хаотически расположенных льдин, подвергшихся интенсивному торошению. На этом участке продольный уклон превышает уклон при открытой водной поверхности. Здесь скопления льда имеют максимальную толщину;

– «шлейф» затора или «хвостовая» часть представляет собой примыкающее к затору однослойное скопление льдин в зоне подпора. На участке шлейфа продольный уклон водной поверхности меньше, чем при свободном русле. Устойчивость поля из однослойных льдин зависит от их размеров. На крупных реках шлейф затора может достигать десятки километров.

12.10.1.2 Заторы льда на реках отличают друг от друга по строению заторного скопления и режиму формирования.

По морфологическим признакам участка реки заторы подразделяют на русловые, в зоне выклинивания подпора водохранилищ, устьевые и заторы в нижних бьефах ГЭС. Заторы руслового типа, за исключением заторов на отдельных участках перелома продольного профиля реки или с особо значительными русловыми препятствиями, не формируются строго в одних и тех же местах. Заторы же в устьях рек и в водохранилищах формируются в пределах ограниченных участков.

12.10.1.3 Зажоры льда формируются при образовании ледяного покрова и при ледоставе ниже крупных полыней. Зажорные скопления шуги и льдин, стесняя живое сечение потока, вызывают повышение уровня воды непосредственно на участке зазора и выше по течению. Ниже зазора в период его образования уровни понижаются.

Частое и интенсивное зажорообразование характерно для рек с быстрым течением и неустойчивой погодой в холодные периоды.

Выше ледяных перемычек и у кромки ледяного покрова происходит формирование зажоров из смерзшихся шуговых скоплений и льдин. После многократных подвижек, сопровождающихся торошением, мощность зазора

возрастает настолько, что в результате подпора скорости течения выше зажора понижаются и подплывающие к кромке льдины и шуговые скопления останавливаются без торошения и смерзаются. Нередко зажоры на реках формируются цепочкой. В период ледостава смерзшиеся зажоры представляют собой торосистые участки ледяного покрова. В этих местах толщина ледяного покрова значительно превышает среднее значение.

Зажоры ниже длительно существующих крупных полыней, располагающихся на участках порогов и быстротоков, формируются в результате заноса шуги под ледяной покров. Скопления масс шуги под ледяным покровом в зонах с малыми скоростями течения иногда распространяются на большие расстояния.

12.10.2 Производство и анализ наблюдений

12.10.2.1 При заторах наблюдения за ледовой обстановкой в пределах заторного участка производят с целью определения максимальных уровней воды, динамики развития и разрушения затора.

Наблюдения за заторными явлениями начинают с момента появления признаков начала вскрытия (закраины, вода на льду) или начала весеннего подъема воды, когда уровень над устойчивым зимним горизонтом достигнет 0,5 м. Наблюдения ведутся через 4 ч, включая и стандартные сроки. При угрозе подъема уровня воды до опасных отметок производят ежечасные наблюдения по указанию сетевого гидрологического подразделения.

Наблюдения за ледовой обстановкой и стоком льда проводятся в соответствии с разделом 12.6.3.

12.10.2.2 При образовании крупных заторов за пределами участка гидрологического поста по данным маршрутных обследований определяют высоту подъема и перепад уровней, обусловленные заторным скоплением льда.

При обследовании картируют ледовую обстановку, а при возможности привязки к геодезической сети, нивелируют уровни воды в различных пунктах затора, определяют характер торошения льда и его границы. Нивелировку урезов воды в отдельных пунктах затора производят для уточнения границ участка стеснения русла заторными скоплениями.

Наземные обследования после начала заторообразования производят ежедневно, а при угрозе опасных последствий от затопления территории 2–3 раза в день. После разрушения затора и образования нового затора ниже по течению обследования переносят на этот участок.

12.10.2.3 Наблюдения за уровнем воды при изучении зажорных явлений производят с частотой, зависящей от интенсивности изменения уровня и ледовых условий. В период осеннего охлаждения производят двухсрочные наблюдения за уровнем; с момента появления шуги начинают четырехсрочные наблюдения в 2, 8, 14 и 20 ч. После образования на участке устойчивого ледяного покрова частоту сроков сокращают до двух.

Методика наблюдений за шугоходом и ледоходом изложена в разделе 12.6.

12.10.2.4 После образования устойчивого ледяного покрова производят систематические ледемерные съемки для учета изменения во времени распределения шуги и льда в зажоре. Первую съемку производят сразу же, как только передвижение по льду станет безопасным, вторую – в середине и третью – в конце зимы.

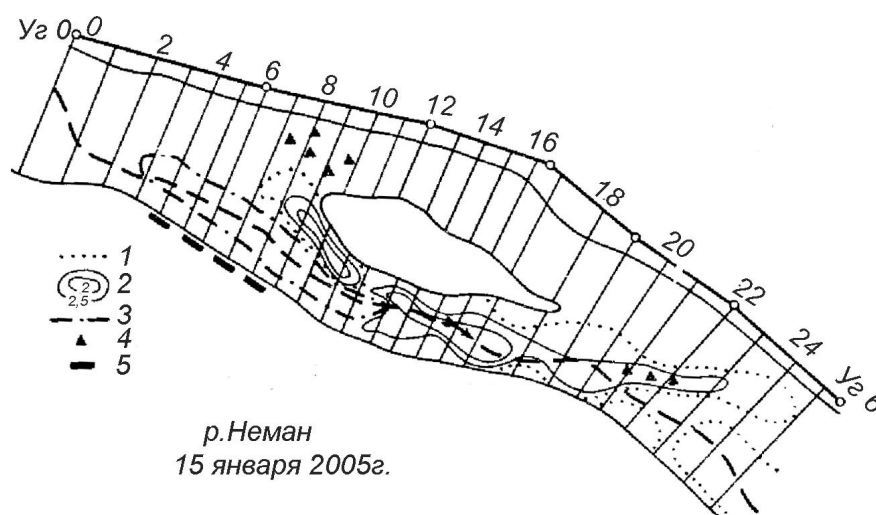
Толщину льда при ледемерных съемках измеряют по поперечникам. Число поперечников может быть от 10 до 20. Расстояние между ними в зависимости от длины участка принимают равным 0,3–1 км. Число промерных точек на поперечнике в зависимости от ширины реки и зашугованности русла колеблется в пределах 5–15. При ледемерной съемке производят промеры глубин для оценки пропускной

способности русла. Толщина шуги в зажоре измеряется звуковой шугомерной рейкой ГР-85.

12.10.2.5 При выполнении наземных маршрутных обследований определяют степень промерзания движущейся шуги, а также характер поведения льдин и шуги при подходе к кромке льда (происходит ли занос льдин и шуги под кромку или остановка их перед ней). Ведут наблюдение за подвижками ледяных скоплений перед кромкой и на участке зажорного скопления, производят нивелирование урезов воды в различных местах зажорного скопления.

После очищения реки ото льда в этих же местах повторяют нивелировку урезов воды при открытом русле.

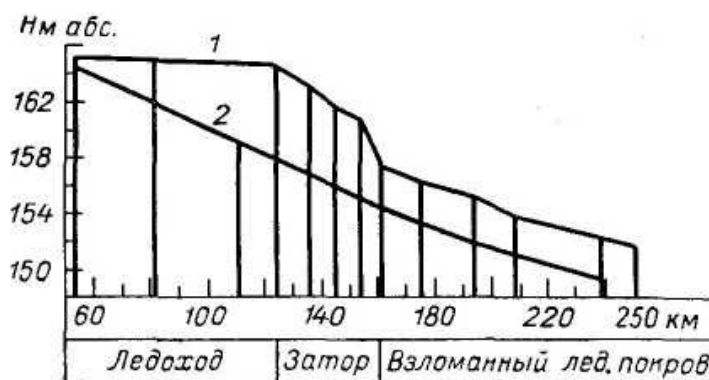
12.10.2.6 Материалы наблюдений за заторами и зажорами льда систематизируют в виде таблиц, графиков и картограмм. Схематический план зажорного участка приведен на рисунке 12.11.



1 – граница шуги; 2 – изолинии толщины шуги (через 0,5 м); 3 – граница полыньи; 4 – торосы; 5 – навалы льда.

Рис. 12.11 – Схематический план зажорного участка

Данные уровенных наблюдений на гидрологических постах участка в период вскрытия (заторы) и в период замерзания (зажоры) приводят в виде таблиц срочных наблюдений ТГ-11. Во всех таблицах с уровнями воды отмечают и фазы развития заторов и зажоров.



1 – при заторе 27/III.2004; 2 – при открытом русле

Рисунок 12.12 – Продольный профиль водной поверхности на заторном участке реки

Для удобства анализа некоторые материалы наблюдений оформляют также в

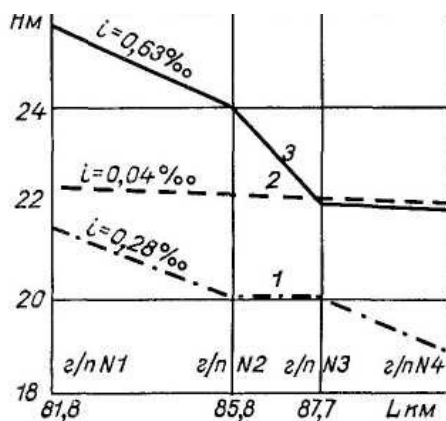
виде графиков:

- совмещенные хронологические графики среднесуточных уровней воды строят по данным наблюдений на гидрологических постах за весь период с ледовыми явлениями. На том же графике вычерчивают ход среднесуточной температуры воздуха по одной из метеостанций, расположенных в пределах изучаемого участка реки;

- по данным измерений толщин льда в единичных точках составляют совмещенные хронологические графики толщины льда и высоты снега на льду;

- результаты картирования ледовой обстановки при выполнении наземных обследований обобщают в виде картограмм, отражающих характерные фазы изменения ледовой обстановки на изучаемом участке реки. Кроме этого составляют обобщенную картограмму, на которой отмечают границы заторных (зажорных) скоплений, сформировавшихся в пределах участка, и места навалов льда;

- по данным нивелировок при обследованиях или срочных наблюдений за уровнем воды на сети постоянных постов составляются продольные профили водной поверхности на участке затора (зажора), характеризующие фазы их развития и профили этих же участков при отсутствии ледовых явлений. Продольный и характерный профили водной поверхности на заторном участке реки приведены на рисунках 12.12 и 12.13



1 – открытое русло; 2 – начало формирования зажора – 24.01.2006г.;
3 – конец формирования зажора – 27.01.2006г.

Рисунок 12.13 – Характерные продольные профили водной поверхности на зажорном участке р. Неман

По этим данным характеризуют условия формирования и разрушения заторов и зажоров льда, масштабы явления, включая максимальные заторные и зажорные уровни.

13 Наблюдения за водной растительностью и явлениями, влияющими на условия течения реки

13.1 Наблюдения за растительностью начинают со дня ее первого появления в районе гидрологического поста или гидроствора и продолжают до окончательного очищения водной поверхности реки от растительности.

Границы и размеры участка реки, в пределах которого наблюдатель должен производить наблюдения за растительностью, назначает специалист сетевого гидрологического подразделения. Длина участка должна быть не меньше 3-кратной ширины реки. Для наблюдений выбирают постоянное возвышенное место на берегу реки, желательно в середине участка, с которого хорошо просматривается река выше и ниже поста.

Наблюдения за растительностью производят в сроки наблюдений за уровнем

воды

Характеристику растительности указывают в графе 18 КГ–1М(н), например: «растительность по всему сечению потока», «растительность легла на дно» и т. д. В графу 4 и 5 на стр.4 – 14 КГ–1М(н) эту информацию записывают в виде кода. Запись ведется с момента появления на реке растительности до полного исчезновения. Отсутствие растительности в каждый срок наблюдений отмечают записью «чисто».

13.2 На постах, расположенных на участках рек с зарастающим руслом, с появлением водной растительности в течение всего сезона ее вегетации каждое 10, 20–е число и в последний день месяца производят обследование участка реки в районе расположения поста и записывают в книжку КГ–1М(н) вид водной растительности, ее распространение по длине и ширине реки, густоту произрастания и состояние.

Вид (название) водной растительности наблюдатель записывает лишь в тех случаях, когда он точно известен наблюдателю. Если название водной растительности неизвестно, наблюдатель записывает в книжке КГ–1М(н) слово «трава».

Распространение растительности по длине реки указывают относительно створа поста: на сколько метров выше и ниже створа, по всей ли длине обследуемого участка или встречаются участки, лишенные растительности. Отмечают характер зарастания: сплошь, пятнами, по берегам. Ширина заросших береговых полос указывается в метрах.

Густоту произрастания оценивают визуально и записывают в графе 18 редкая, густая и очень густая. Если густота различная, указывают, где растительность гуще, а где реже. Отмечают, возвышаются ли растения над водой или они не доходят до поверхности воды. Особо отмечают случаи, когда водная растительность стелется по дну. Иногда водная растительность, не отмирая полностью, сохраняется и при ледоставе. Если это имеет место, следует указать в книжке КГ–1М(н) и учесть при измерении расхода. В графе 4–5 КГ–1М(н) записывают степень покрытия площади водной поверхности растительностью в баллах от 0 (чисто) до 10 (русло заросло растительностью).

После паводков производят обследование водной растительности на участке поста и отмечают, насколько изменилось ее состояние: растения лежат на дне, частично вырваны, засыпаны наносами, остались без изменения и т. п.

Дополнительные записи результатов наблюдений за водной растительностью, не помещающиеся в графе 18 КГ–1М(н), производят на странице 16 в дополнительных сведениях о состоянии водного объекта.

13.3 В сетевом гидрологическом подразделении после получения материалов за истекший месяц проводят контроль правильности кодирования, выполненного наблюдателем поста и при необходимости корректировку и дополнение текстовых и кодовых сведений о состоянии водного объекта (СВО) в КГ–1М(н)).

Для контроля, корректировки и дополнения сведений о СВО, приведенных в КГ–1М(н), используют следующие материалы:

- текстовые и кодовые записи, сделанные в КГ–1М(н): строка 20 таблицы «Справочные сведения» на с. 3, графы 18, 4 и 5 на с. 4–14, графы 3–5 раздела «Дополнительные сведения о состоянии водного объекта» на с. 16, пункта 2 раздела «Записи наблюдателя» на с. 23;
- материалы, прилагаемые к КГ–1М(н): дневник ледовых явлений, картограммы ледовых явлений, сведения о других явлениях (данные обследований и опросов), записанные на отдельном листке, вклеиваемом к разделу «Записи наблюдателя»;
- записи о СВО в книжках КГ–3М(н) за данный месяц;
- материалы специализированных наблюдений (ледово–термических, русловых и т. д.);

- данные наблюдений по соседним постам на той же реке;
- материалы специализированных гидрографических обследований;
- сведения, собранные работниками сетевого гидрологического подразделения при посещении поста;
- сведения о хозяйственной деятельности (строительство плотин, запруд, водозаборов, попуски из водохранилищ, начало и конец навигации и т. д.), а также о стихийных бедствиях, полученные в различных организациях, учреждениях и предприятиях.

Для анализа правильности записей о СВО используют также комплексный график поста и совмещенные графики хода уровня воды по постам на данной реке. В частности, запись о наличии затора (зажора) выше или ниже поста должна соответствовать ходу уровня воды на данном и смежных постах.

Исправление записей и кодов СВО (как и других данных) в книжке делают путем перечеркивания и новой записи сверху над зачеркнутым.

Дополнение сведений о СВО за отдельные сроки наблюдений производят путем записывания сведений в графу 18 и соответствующих им кодов в графы 4 и 5 на страницах 4–14 или в графы 3–5 на странице 16 (в зависимости от общего числа кодов СВО за данный срок) КГ–1М(н). На странице 23 в разделе «Замечания проверяющих лиц» в этом случае отмечают, какими явлениями и на каком основании дополнены сведения о СВО.

Если новые сведения о СВО получены после проверки КГ–1М(н), либо необходимость корректировки возникла при подготовке или редактировании ЕД, то необходимо дополнения и изменения внести в КГ–1М(н).

14 Общие понятия о расходе воды

14.1 Расход воды, общие понятия

14.1.1 Расходом воды называется объем воды, протекающий через данное живое сечение потока в единицу времени. Живым сечением называют часть водного сечения, в котором наблюдают течение (ГОСТ 19179 и [2], [6]). Величина расхода воды в реке не постоянна. Весной, когда тает накопившийся за зиму снег, и летом после дождей расходы воды значительно возрастают; летом в сухую погоду и зимой они уменьшаются. Сильно меняется величина расходов и от года к году, причем встречаются как отдельные маловодные и многоводные годы, так и периоды в несколько лет.

Длительный подъем уровня и увеличение расходов воды в период снеготаяния называют весенним половодьем. На равнинных реках оно, обычно сопровождается выходом воды из русла на пойму.

Быстрый и сравнительно кратковременный подъем уровня воды в каком – либо створе реки, завершающийся почти столь же быстрым спадом, называется паводком. Паводки, в отличие от половодий, возникают нерегулярно, главным образом от дождей, но в условиях неустойчивой зимы могут быть вызваны сильным снеготаянием.

На малых реках во время половодья и дождевых паводков расход воды заметно изменяется даже в течение суток.

Состояние реки, когда длительное время наблюдают низкое стояние уровня и малые расходы воды, называют меженью. Различают летнюю и зимнюю межень.

14.1.2 Расходы воды естественных водотоков измеряют в настоящее время следующими способами:

– способом «скорость–площадь», при котором тем или, иным путем определяют среднюю скорость в живом сечении потока и посредством промеров глубин устанавливают площадь водного сечения. Для измерения скорости течения обычно

применяют гидрометрические вертушки или поверхностные (также глубинные) поплавки;

Этот метод измерения расходов воды на средних и больших реках является основным.

- способом «уклон–площадь», при котором измерению подлежат продольные уклоны водной поверхности потоков и площади водного сечения, а расходы получают расчетным путем по формуле Шези или уравнению неравномерного движения. Этот способ находит применение при экстраполяции кривых расходов до наивысших уровней, а также при определении прошедшего максимального расхода по его следам (меткам) на берегах;

- путем сооружения на реках гидрологических расходомеров–контрольных русел, гидрометрических лотков и водосливов. Эти расходомеры позволяют получать расход непосредственно по значению измеренного уровня воды на основании соответствующей гидравлической зависимости, полученной по результатам тарировки. Применяются для учета стока малых водотоков;

- способом смешения (разбавления) потока, при котором в поток вводят определенное количество того или иного индикатора (обычно используют поваренную соль), который после достаточно полного перемешивания с потоком затем обнаруживают в пробах воды, взятых в некотором створе ниже по течению от места пуска индикатора. По уравнению баланса вещества – индикатора находят значение расхода водотока. Этот метод применим в основном на малых быстрых реках с расходами, не превышающими 15–20 м³/с;

- использованием гидротехнических сооружений ГЭС, гидроузлов, насосных установок.

14.1.3 Измерение расходов воды производит, как правило, наблюдатель поста. В отдельных случаях при наличии сложных гидрологических условий (во время половодья на больших реках, при ледоходе т. п.) расходы измеряют специалисты сетевого гидрологического подразделения, а наблюдатель поста на этот период является их помощником в соответствии с [10].

В обязанности сетевого гидрологического подразделения входит:

- организация работ, разбивка, оборудование, периодическая проверка гидрометрического створа и перенос его в случае необходимости;

- обучение и инструктаж наблюдателей; проверка выполненных ими работ; текущий контроль и анализ материалов.

Измерения и вычисления расходов воды сетевое гидрологическое подразделение проводит:

- в тех гидростворах, в которых вследствие сложных условий работы измерения расходов воды в течение всего года наблюдатель поста самостоятельно производить не может [10].

- в тех гидростворах, в которых в периоды половодья и паводков наблюдатель, самостоятельно производящий измерения, на указанные периоды нуждается в помощи и руководстве со стороны подразделения;

- на малых реках только в первый год действия гидростворов, когда измеряют не менее 10 расходов воды многоточечным способом. Измерения расходов 2 – точечным способом, как правило, наблюдатель поста производит самостоятельно как в первый год, так и в последующие;

- измерения контрольных расходов в течение года в порядке руководства и проверки работы наблюдателя в зависимости от степени его подготовки и квалификации.

14.1.4 Для определения расхода воды на реках производят промеры глубин и измерения скоростей течения в водном сечении реки. Величину расхода воды вычисляют в этом случае как произведение площади живого сечения реки на

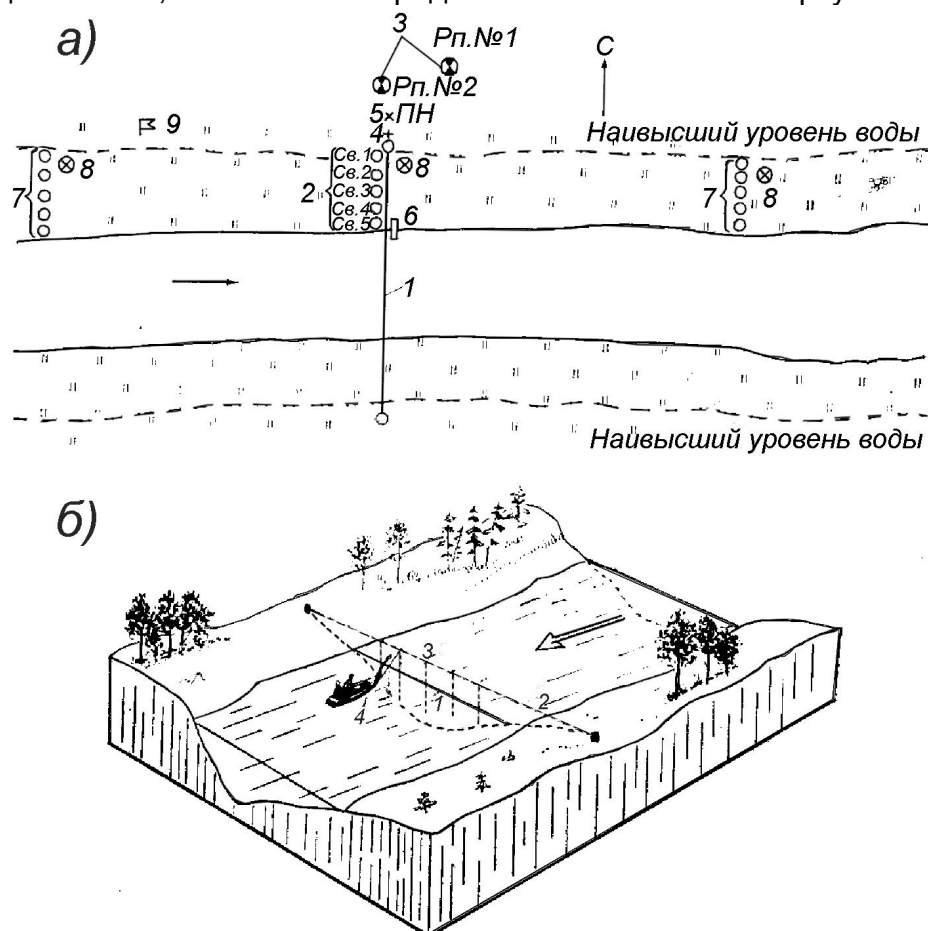
среднюю скорость течения воды. Понятно, что чем больше площадь сечения и скорость течения, тем больше будет расход воды. Расход воды обычно выражают в кубических метрах в секунду ($\text{м}^3/\text{с}$); для малых рек и ручьев его часто выражают в литрах в секунду (л/с) (ГОСТ 8.417). На рисунке 14.1 изображена примерная схема оборудования гидрологического поста I разряда и гидроствора, входящего в его состав.

Поперечник через реку, в котором промеряют глубины и измеряют скорости течения воды, называют гидрометрическим створом, сокращенно – гидроствором. В большинстве случаев его совмещают со створом гидрологического (уровенного) поста, но могут размещать и на некотором расстоянии выше или ниже по течению.

На гидростворе размечают места, в которых измеряют глубины и скорости течения. Их называют соответственно промерными и скоростными вертикалями. Последние, как правило, совмещают с промерными, но промерных вертикалей назначают больше, чем скоростных.

Гидрометрический створ выбирает инженер сетевого гидрологического подразделения на таком участке реки, где можно наиболее удобно и точно производить измерения. В зависимости от ширины реки створ оборудуют различного вида гидрометрическими мостиками, люльками, лодочными или паромными переправами, с которых измеряют глубины и скорости течения. Применяют также специальные гидрометрические дистанционные установки ГР-70, позволяющие измерять расход воды с берега. При небольшой глубине реки (до 0,5–0,7 м) измерение расхода воды производят вброд.

Расходы воды на малых реках измеряют при помощи водослива или лотка, а совсем малые расходы – объемным способом, т. е. измеряют весь объем воды, протекающий за определенный промежуток времени. Могут иметь место случаи, когда на одной и той же реке расходы измеряют несколькими способами, например, малые – водосливами, а начиная с определенной величины – вертушками.



а) – схема оборудования гидрологического поста: 1 – гидроствор; 2 – водомерное устройство свайного типа; 3 – основной и контрольный постовые репера; 4 – место измерения температуры воздуха; 5 – постоянное начало; 6 – место измерения температуры воды; 7 – уклонные посты; 8 – максимальные рейки; 9 – место для наблюдений за ледовыми явлениями.

б) – схема гидроствора: 1 – гидроствор; 2 – ездовой трос; 3 – вертикали; 4 – лодка, оборудованная лебедкой и вертушкой на тросе

Рисунок 14.1

14.1.5 Результаты измерений расхода воды, произведенных в отдельные дни, используют для вычисления расходов и в те дни, когда их измерения не производились, при условии, что между уровнем воды и величиной расхода в реке имеется связь, а наблюдения за уровнем ведут ежедневно.

Обычно увеличение или уменьшение расхода воды вызывает соответствующее повышение или понижение уровня. В ряде случаев из – за неустойчивости русла реки или вследствие подпора, возникающего от естественных или искусственных причин (ледовые явления, зарастание русла реки водной растительностью, намыв или размыв нижележащего переката, переменный подпор от нижерасположенных притоков или гидротехнических сооружений и т. п.), изменение уровня происходит вне зависимости от расхода. Для выявления связи расхода воды с уровнем в том или ином гидростворе на миллиметровой бумаге строят под прямым углом две оси: вертикальную, по которой откладывают значения уровня воды в сантиметрах, горизонтальную, по которой откладывают значения расхода воды в $\text{м}^3/\text{с}$. Затем на миллиметровку наносят точки всех измеренных расходов воды. Местоположение каждой точки определяют по вертикали в зависимости от уровня, при котором был измерен расход воды, и по горизонтали – в зависимости от величины расхода. Пример кривой расходов воды приведен на рисунке 14.2.

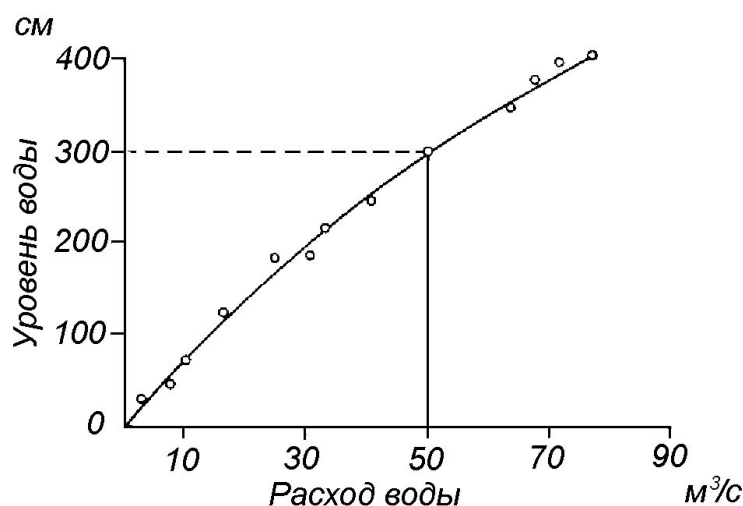


Рисунок 14.2 – Кривая расходов воды

Пример – Расход равен $50 \text{ м}^3/\text{с}$; он был измерен 16/1У при уровне воды 300 см.

В этом случае по оси уровня через деление 300 см проводят мысленно (на рисунке 14.2 показано пунктиром) горизонтальную линию; по оси расхода воды через деление, соответствующее $50 \text{ м}^3/\text{с}$, проводят мысленно вертикальную линию. На пересечении этих двух линий ставят точку, а против нее справа указывают дату измерения расхода. Так наносят на чертеж результаты всех произведенных измерений расходов воды.

Если точки измеренных расходов воды располагаются узкой полосой так, что посередине этой полосы можно провести плавную, без перегибов, линию так называемую кривую расходов воды, это означает, что между расходом и уровнем наблюдают определенную связь.

Обычно достаточно хорошая связь между расходом и уровнем существует на реках с устойчивым руслом в период отсутствия ледовых явлений. Расходы, измеренные при ледоходе и ледоставе, будут значительно отклоняться на графике влево от кривой расходов, проведенной в результате измерений при открытом русле, располагаясь или беспорядочно, или узкой полосой, указывающей направление новой кривой. Влево отклоняются на графике и расходы, измеренные в период зарастания русла.

Если точки измеренных расходов воды для всех периодов года располагаются на чертеже широкой полосой или беспорядочно разбросаны, это означает, что связь между расходом и уровнем выражена слабо или вовсе отсутствует по причинам, указанным выше (имеется в виду, что расходы были измерены правильно, исправными вертушками).

14.1.6 Количество измерений расходов воды зависит от водного режима изучаемой реки, т. е. от характера изменения уровня и расхода воды в течение года.

На реках с устойчивым или слабо изменяющимся руслом в периоды отсутствия водной растительности и ледяных образований расходы воды измеряют сравнительно равномерно по всей амплитуде колебания уровня в зависимости от величины превышения наибольших подъемов уровня половодий и дождевых паводков над уровнем в межень, согласно таблице 14.1;

Для этих рек следует соблюдать следующий порядок измерения расходов воды в течение года:

- в межень, когда уровень воды в реке изменяется очень незначительно, измерения расходов следует производить каждые 7–10 дней. Особенно важны измерения расходов воды в самое засушливое время года, при наименьшей водности реки. Величина наименьшего расхода имеет большое практическое значение для водохозяйственных расчетов. В тех случаях, когда река пересыхает, наблюдатель должен обязательно отметить даты пересыхания и возобновления стока. Если створ расположен на плёсе, а пересыхание происходит на более мелких, перекатных участках, наблюдения за пересыханием и возобновлением стока производят на этих пересыхающих участках;

- в периоды зарастания русла или при наличии ледяных образований, когда водная растительность или лед затрудняют течение воды и вызывают повышение уровня, не связанное с увеличением водности, измерения расходов производят в зависимости от колебания уровня воды с учетом хода зарастания и развития ледовых явлений:

- с момента появления в русле реки водной растительности примерно в течение месяца в первый период наиболее быстрого ее роста измерения расходов следует производить каждые 5–7 дней, а затем до полного ее отмирания – через 10–12 дней. Если в период зарастания русла реки водной растительностью проходят дождевые паводки, частоту измерения расходов определяют в зависимости от наибольшей для данной реки высоты этих дождевых паводков, указанной наблюдателю сетевым гидрологическим подразделением;

- осенью с появлением на реке значительных (более $\frac{1}{5}$ ширины реки) заберегов, а при их отсутствии или при малой их ширине – с первого дня ледохода измерения должны производить в зависимости от условий погоды. При устойчивой морозной, без оттепелей, погоде измерения расходов воды производят через 3–5 дней вплоть до густого ледохода, не позволяющего производить измерение расхода. При неустойчивой, с оттепелями и дождями, погоде измерения учащают;

- зимой, при ледоставе, с момента, когда толщина льда допускает безопасную работу с него, расходы воды измеряют первые две–три декады каждые 5 дней, а затем при условии устойчивой морозной, без оттепелей, погоды, реже – через 15–20 дней. В случае наступления оттепелей, во время которых возможно выпадение

дождевых осадков и таяние снега, т. е. возможны повышения уровня не только вследствие влияния ледяных образований, но и в результате увеличения водности, измерения расходов следует производить возможно чаще, как только появляется возможность безопасного ведения работ;

– при промерзании реки до дна отмечают даты промерзания и возобновления стока. Если створ расположен на плёсе и промерзание происходит на мелком перекальном участке, наблюдения за промерзанием и возобновлением стока переносят на этот промерзающий участок.

– при вскрытии реки измерения расходов начинают с первого дня ледохода такой густоты, при которой возможно измерение. Частота измерений расходов воды в этом случае обуславливается наибольшей для данной реки высотой подъема уровня весеннего паводка;

Таблица 14.1

Повышение уровня воды в половодье (паводок) над уровнем в межень, м	Допустимая величина изменения уровня воды в промежуток времени между отдельными измерениями расходов воды, см
до 1,0	10–15
от 1 до 2	15–25
от 2 до 3	25–40
свыше 3	40–60

Примечания

1. Наибольшую возможную высоту пиков весенних и дождевых паводков подразделение указывает в задании на основании результатов предыдущих наблюдений.

2. По мере повышения уровня воды в реке в пределах $\frac{2}{3}$ заданной амплитуды (превышение уровня воды в половодье над уровнем в межень) при назначении сроков измерения расходов следует ориентироваться на наибольшее значение интервалов (из двух указанных в таблице), а в пределах оставшейся $\frac{1}{3}$ амплитуды измерения учащают, т. е. принимают наименьшее значение интервала. Например, если в задании указано максимальное ожидаемое превышение уровня воды в паводок над уровнем воды в межень, равное 3 м, то при повышении уровня до 2 м над меженью измерения расходов воды производят через каждые 40 см; когда же уровень будет повышаться сверх 2 м, измерения расходов следует производить более часто, через каждые 25 см повышения уровня.

3. На гидростворах, имеющих в своем составе пойму, после выхода воды на нее расходы воды следует измерять через меньшие интервалы приращения уровня (не свыше 10 – 15 см), вне зависимости от величины заданной амплитуды уровней.

На реках с неустойчивым (деформирующимся) руслом измерения расходов воды производят в половодье и при прохождении дождевых паводков в зависимости от наибольшей их продолжительности, согласно таблице 14.2.

Таблица 14.2

Продолжительность паводков, сутки	Частота измерения расходов воды	
	на подъёме	на спаде
Меньше 2	1–3 в сутки	1–2 в сутки
2–5	1–2 в сутки	ежедневно
5–15	ежедневно	через день
Больше 15	через день	через 2 дня

Наибольшую продолжительность паводков на данной реке сетевое гидрологическое подразделение указывает в задании наблюдателю на основании

результатов предыдущих наблюдений или по опросу жителей. При этом выделяют продолжительность весеннего половодья и дождевых паводков.

В промежутки времени между паводками при плавном, без подъемов, понижении уровня расходы воды измеряют равномерно по мере падения уровня на 10–20 см, но не чаще, чем производились измерения на спаде паводка. В период устойчивой межени расходы измеряют каждые 7–10 дней;

В случае расположения гидрометрического створа на участке реки, испытывающем переменный подпор, при отсутствии систематических ежедневных наблюдений за уклоном водной поверхности измерения расходов воды производят учащенно – через 3–4 дня, всего до 100–120 расходов. При наличии ежедневных наблюдений за уклоном водной поверхности измерения расходов, воды в паводочные периоды можно производить в зависимости от продолжительности паводков, примерно по таблице 14.2, а в меженный период – через 5–10 дней. При вычислении стока, пользуясь наблюденными значениями уклона водной поверхности, можно учесть влияние переменного подпора на зависимость расходов воды от уровня.

14.1.7 Если измерения расходов начинают на вновь организованном створе (например, при открытии гидрологического поста I разряда на неизученной реке), в течение первого года наблюдатель производит их совместно со специалистом подразделения в паводочный период. В период межени совместное измерение расходов следует проводить ежемесячно. Цель этих измерений, помимо получения данных о стоке, выяснить с какой частотой и какими способами следует измерять расходы в последующем.

Письменное задание наблюдателю относительно количества и сроков отдельных измерений расходов воды не может точно предусматривать календарные сроки и даты учащенных или, наоборот, более редких измерений. Наблюдатель должен самостоятельно разбираться в обстановке, обуславливающей водный режим и условия реки, и производить измерения с таким расчетом, чтобы в результате имелась возможность вычислить сток воды за весь год без пропусков и с достаточной точностью.

14.2 Разбивка и оборудование гидрометрического створа

14.2.1 Гидрометрический створ представляет собой закрепленный на местности перпендикулярно среднему течению реки поперечник, в водном сечении которого ведут измерения расхода воды и наносов.

Гидрометрический створ, как правило должен совпадать со створом гидрологического поста или находится в непосредственной близости от него.

Условия измерений расхода воды считают нормальными, если на участке гидроствора соблюдены:

- прямолинейность русла;
- отсутствие резких переломов и устойчивость профиля водного сечения, эпюры распределения скоростей по ширине потока;
- правильный (одномодальный, выпуклый) профиль распределения скоростей течения по глубине потока;
- отсутствие выраженной пульсации скорости течения по величине и направлению, а также значительной систематической косоструйности потока;
- отсутствие помех для измерения скоростей течения, глубин, уровня воды и координирования скоростных и промерных вертикалей.

Требования к участку гидроствора, обеспечивающие нормальные условия измерений:

- расположение гидроствора на однорукавных плесовых участках реки;
- отсутствие поймы с протоками и рукавами;

- отсутствие на участке гидроствора естественных или искусственных преград;
- отсутствие водной растительности в гидростворе и до 30 м выше и ниже его;
- коэффициент вариации скорости (число Кармана), характеризующий пульсации скорости, в среднем по сечению должен быть не более 15% (определяют по методике, изложенной в приложении Д);
- косоструйность течения на гидростворе (отклонение в плане направлений течения в отдельных точках от его среднего значения для сечения в целом) – не более 20 °;
- мертвые пространства должны иметь четкие границы и составлять не более 10 % 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 м/с;
- при измерении расходов воды вблизи моста участок гидроствора должен быть расположен выше, или, в случаях частых скоплений льда – ниже моста (на удалении не менее 3–5 ширин русла в обоих случаях).

При необходимости гидроствор можно назначить в условиях, отличных от нормальных, но при этом следует оценивать погрешность измерения расходов воды.

Для постов, на участке которых не представляется возможным назначить только один створ, удовлетворяющий в равной степени техническим условиям производства работ при любых возможных состояниях режима реки, необходимо устраивать несколько створов для работы при низком и высоком уровне воды, наличии ледяных образований или водной растительности в русле и при отсутствии их и пр., но так, чтобы между отдельными створами не было заметного увеличения или потерь стока.

Если река имеет протоки, то гидрометрические створы должны быть устроены как в главном русле, так и в протоках.

При значительной отдаленности створа от гидрологического поста и в том случае, если участки основного поста и гидроствора заметно различны по ширине и глубине, в гидрометрическом створе оборудуют дополнительный пост, на котором производят наблюдения за уровнем лишь при измерении расхода воды.

При наличии нескольких обособленных проток, если уровень воды в них отличается от уровня в главном русле, то, кроме поста в главном русле, во всех протоках, пропускающих более 20 % общего расхода воды в половодье или паводок, также оборудуют дополнительные посты, по которым ведут наблюдения за уровнем во время измерения расхода воды.

14.2.2 Местоположение гидрометрического створа при неизменных условиях течения потока должно быть постоянным. В случае заметных изменений условий течения, например, увеличения косины струй потока, образования у берегов водоворотных зон или мертвых пространств, надвигания осередков и побочней и т. п., ухудшающих технические условия работы и снижающих точность измерения расхода воды, направление створа изменяют или переносят на новое место. В ТД поста делают соответствующую запись.

Наблюдатель, обслуживающий гидрометрический створ, должен следить за всеми изменениями условий течения потока и немедленно извещать сетевое гидрологическое подразделение о необходимости изменения направления или переноса гидроствора, указывая и новое место, куда целесообразнее его перенести.

Если гидроствор окажется в зоне переменного подпора от расположенного ниже гидротехнического сооружения или в зоне неустановившегося режима при суточном

регулировании вышерасположенной ГЭС, то должно быть произведено обследование участка реки и названных сооружений. По согласованию с методическим отделом РГМЦ целесообразно перенести на новое место, где эти нарушения режима сказываются в меньшей степени, либо учет стока перенести на сооружение.

14.2.3 На вновь организуемых гидрологических постах постоянному гидроствору, находящемуся в створе основного поста, или самому ближайшему к нему присваивают номер 1.

При переносе гидроствора новому створу, а также другим створам, разбиваемым для работ при каком – то определенном состоянии режима реки, присваивают следующие порядковые номера. Для рек с неустойчивым руслом, когда гидроствор приходится переносить очень часто, нумерацию створов ведут в пределах календарного года, ежегодно начиная ее с номера 1. Дополнительным гидростворам в протоках придают тот же номер, что и створу в основном русле.

14.2.4 Гидрометрический створ назначают перпендикулярно среднему направлению течения, которое определяют следующим образом.

Первоначально створ назначают на глаз перпендикулярно общему направлению течения реки, ориентируясь на очертания берегов. Затем в 8–10 точках, равномерно распределенных по ширине реки, определяют направление течения при помощи измерителя течений ГР–42, бифилярного подвеса (ГР–6), глубинными поплавками или по траекториям движения поверхностных поплавков. Наилучшим способом будет являться тот, который обеспечивает получение осредненного по вертикали направления течения (приборами ГР–42 или ГР–6). Одновременно измеряют скорость течения вертушкой.

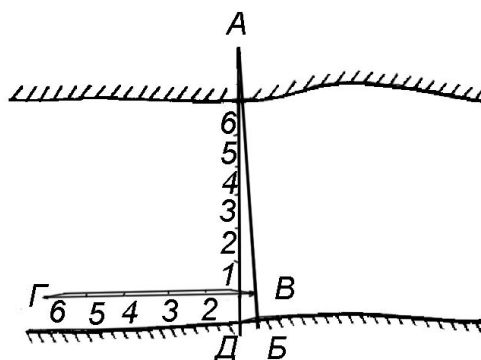


Рисунок 14.3

Значения полученных скоростей наносят на план в определенном масштабе, выбранном для скорости течения, в виде векторов, т. е. под соответствующим углом к линии гидроствора АБ, полученным при измерениях направления течения указанными выше способами (рис.14.3). Затем к первому от берега вектору пристраивают последовательно с сохранением измеренного направления и линейных размеров все остальные векторы. Прямая ВГ соединяющая начало первого и конец последнего векторов, будет являться равнодействующей и показывать среднее направление течения.

Перпендикуляр АД к равнодействующей ВГ будет означать правильное положение гидроствора, которое при оборудовании гидроствора и закрепляют на местности.

Если после назначения створа по линии, перпендикулярной среднему направлению течения, на некоторых скоростных вертикалях останется косина, то в зависимости от ее величины принимают следующие решения:

– направления скоростей на отдельных вертикалях отклоняются от среднего направления не более чем на 10° . При эта косину струй можно не учитывать, так как

возможная погрешность в определении расхода не превысит 1,5 %. Все же в данном случае предпочтительно производить измерения скорости вертушкой, закрепленной на штанге перпендикулярно гидроствору;

- направления скоростей на отдельных вертикалях отклоняются от среднего направления более чем на 10° , но не свыше 30° . В этом случае обязательно измеряют угол между направлением течения и перпендикуляром к гидроствору (одним из способов, указанным выше);

- направления скоростей на отдельных вертикалях отклоняются от среднего направления более чем на 30° . В этом случае местоположение гидроствора признается неудовлетворительным и створ выбирают на новом месте.

На участках рек, расположенных в долинах с широкой поймой, могут встретиться случаи, когда при затопленной пойме общее направление течения в ней и в коренном русле не будет совпадать, а составит угол более 10° , или же когда в пойме будут намечаться несколько обособленных токов воды, отличающихся по направлению течения более чем на 10° .

В этих случаях принимаются следующие решения:

- если средние направления течения в пойме и главном русле различаются менее чем на 30° , то гидрометрический створ разбивают перпендикулярно течению в главном русле, не считаясь с направлением течения в пойме;

- если средние направления течения в пойме и главном русле различаются более чем на 30° , то гидрометрический створ разбивают в виде ломаной линии, участки которой в пойме и в главном русле перпендикулярны к соответствующим направлениям течения.

В обоих случаях скорости течения в пойме следует измерять вертушкой, закрепленной на штанге перпендикулярно гидроствору или подвешенной на тросе.

14.2.5 Для проверки правильности положения на всех существующих гидростровах периодически, в зависимости от степени устойчивости русла в паводок и в межень, определяют направление течения на всех скоростных вертикалях.

Если после проверки окажется, что косина струи в среднем не превышает 10° , а на отдельных вертикалях 30° , и изменение направления гидроствора связано с большими работами по его переоборудованию, то положение створа в виде исключения может не менять. При больших отклонениях направление створа обязательно изменяют так, чтобы он был перпендикулярен среднему направлению течения.

В тех случаях, когда намеченное направление гидроствора удовлетворяет поставленным выше условиям только для одного какого-то состояния реки, положение створа для другого состояния реки должно быть соответственно изменено. Например, створ для паводочных работ может иметь одно направление, а створ для межени – другое.

14.2.6 Местоположение гидрометрического створа закрепляют на местности прочными столбами–реперами. При небольшой ширине реки, позволяющей измерять расход воды с применением перетянутого через реку стального троса, на каждом берегу устанавливают по одному столбу. При большей ширине на обоих или на одном берегу в зависимости от рельефа берегов и видимости при различных уровнях устанавливают по два столба со створными вехами.

Крепление ездового троса за столбы, закрепляющие створ, и особенно за репер, обозначающий постоянное начало, не допустимо. Для крепления ездового троса применяют особые столбы – опоры или специальные анкерные устройства.

14.2.7 Полосу берега на 5–10 м выше и ниже линии гидроствора (в пределах возможного его затопления) расчищают от кустарниковой растительности. Вновь появляющуюся высокую луговую растительность и кустарниковую поросль следует периодически выкашивать, чтобы в любое время можно было измерить скорость

течения по всей ширине реки.

14.2.8 При ледоставе следует учитывать закономерности движения подледного потока при размещении гидроствора для измерения расходов воды.

Временные гидростворы для измерения расходов воды подледного потока целесообразно размещать на плесовых участках с большими глубинами, где вероятность выхода воды на лед и образование наледи будет минимальной. Измерения расходов воды при ледоставе следует продолжать до тех пор, пока под ледяным покровом отмечается движение воды, а глубина подледного потока позволяет применять вертушку.

На реках с малыми скоростями безнапорного течения гидростворы целесообразно размещать на перекатах, где скорости течения повышены по сравнению с плесовыми участками реки.

14.2.9 После закрепления на местности гидрометрического створа производят промер глубин в нем и нивелирование до незатопляемых отметок. Для установления точности определения площади водного сечения в зависимости от числа промерных вертикалей во всех гидрометрических створах при их открытии промеры производят по удвоенному числу вертикалей по сравнению с обычным их числом, назначаемым при измерении расходов воды. По построенному поперечному профилю гидроствора вычисляют площади водного сечения по удвоенному числу промерных вертикалей для нескольких уровней воды. При этом расхождение в значениях площадей не должно превышать 3 %. При несоблюдении этого условия промеры глубин при измерении расхода воды всегда следует делать по удвоенному числу промерных вертикалей.

14.2.10 Промерные вертикали располагают через равные промежутки по ширине реки. Расстояния между промерными вертикалями определяют в зависимости от ширины реки (таблица 14.3).

На широкой пойме промеры при ее затоплении не производят. Рельеф же по всей ширине поймы устанавливают путем нивелирования, когда пойма не затоплена.

При неровном, загроможденном камнями и валунами русле, число промерных вертикалей увеличивают примерно в 1,5 раза. При наличии в русле крупных отдельных валунов или обособленных возвышений или понижений дна, в этих местах глубину дополнительно измеряют в нескольких точках, позволяющих выявить достаточно точно очертание и размеры таких валунов и возвышений или понижений дна.

При имеющейся возможности отдельные камни, валуны или карчи удаляют. Следует иметь в виду, что на точность измерения расхода воды оказывают влияние камни и валуны, находящиеся непосредственно в гидростворе, а также выше и ниже его. Следовательно, расчистку русла следует производить по возможности на большем протяжении участка, а не только в узкой полосе гидроствора (примерно на расстоянии 20–30 м выше и ниже гидроствора).

Таблица 14.3 – Расстояния между промерными вертикалями по гидроствору при измерении расходов воды

Ширина реки, м	Расстояния между промерными вертикалями, м	Ширина реки, м	Расстояния между промерными вертикалями, м
<20	0,5–1,0	101–200	5,0–10
21–30	1,0–1,5	201–300	10–15
31–40	1,5–2,0	301–500	15–25
41–60	2,0–3,0	501–800	25–40
61–80	3,0–4,0	Более 800	>40
81 — 100	4,0–5,0		

14.2.11 В гидрометрическом створе назначают скоростные вертикали, в отдельных точках которых или интеграционно измеряют скорости течения.

Число скоростных вертикалей и распределение их по ширине реки назначают в зависимости от способа измерения расхода воды.

Обязательным требованием является такое их размещение, при котором отсек между двумя смежными вертикалями не должен пропускать более $1/10$ полного расхода воды. Кроме того, одна из вертикалей должна быть назначена на стрежне реки (на динамической оси потока).

Многоточечный способ (таблица 14.4). Скоростные вертикали назначают через равные промежутки по ширине реки – через одну промерную вертикаль.

Таблица 14.4 – Расстояние между скоростными вертикалями при равномерном их распределении по ширине реки (при многоточечном способе измерения)

Ширина реки, м	Расстояние между скоростными вертикалями не более, м
20—30	2
31—40	3
41—60	4
61—80	6
81—100	8
101—200	10
201—300	20
301—500	30
501—800	40
Больше 800	50

В пойме, в руслообразных ее понижениях, где имеются обособленные токи воды, скоростные вертикали назначают через две промерные вертикали. В остальной части поймы вертикали назначают более редко в соответствии с ее рельефом.

При наличии резких переломов профиля русла необходимо отступать от соблюдения принципа распределения вертикалей через равные промежутки по ширине реки, приурочивая вертикали к указанным переломам.

Такое число и порядок распределения скоростных вертикалей обеспечивает наиболее точное измерение расхода воды.

Основной способ. Число скоростных вертикалей должно быть оптимальным, при котором значения расхода воды будут отклоняться в преобладающем большинстве от значений расхода, измеренного многоточечным способом, не более чем на $\pm 3\%$.

Оптимальное число скоростных вертикалей и их размещение по ширине реки устанавливают в результате анализа эпюр распределения средней скорости течения по ширине реки по данным не менее 10 расходов воды, измеренных многоточечным способом при различных уровнях. Обычно такой анализ дает возможность уменьшить число скоростных вертикалей примерно вдвое по сравнению с их числом, выбранным при измерениях многоточечным способом.

Способ интеграции скоростей по вертикали. Число промерных и скоростных вертикалей, как правило, должно совпадать и быть не менее 10–12.

Сокращенные способы. Скорости измеряют на одной–двух вертикалях, выбор которых определяется анализом. Измерение в этом случае производят в двух точках (на 0,2 и 0,8 h) или в одной–на 0,2h.

14.2.12 Местоположение скоростных и промерных вертикалей в гидрометрическом створе определяют расстоянием от постоянного начала. На гидростворах, оборудованных лодочной (паромной) переправой их положение определяют по туго натянутому через реку разметочному тросу. Разметку троса производят на берегу при помощи стальной ленты. На тросе размечают деления, соответствующие промерным вертикалям, которые закрепляют метками (кольцами из тонкой проволоки). Деления, соответствующие скоростным вертикалям, закрепляют более широкими и дополнительно цветными (например, из красной ткани) метками.

Размеченный трос следует хранить на специальной вьюшке и два раза в год проверять стальной мерной лентой на правильность разметки.

При наличии в створе гидрометрического или дорожного моста разметка расстояний делают непосредственно на настиле или перилах моста.

При наличии люлочной переправы допускается разметка расстояний непосредственно на ездовом тресе.

Положение промерных вертикалей в створе при наличии ледяного покрова во всех случаях определяют мерной лентой.

14.2.13 Положение промерных вертикалей по створу на реках шириной более 300 м, когда натянуть разметочный трос не представляется возможным, определяют засечками угломерным инструментом с берега или с судна.

При выборе мест теодолитных стоянок или береговых предметов для засечек секстаном необходимо следить, чтобы угол, образуемый направлением гидрометрического створа и лучом визирования на любую вертикаль, был не менее 30° .

14.2.14 Все постоянные скоростные вертикали нумеруют по порядку начиная с номера 1, который присваивают вертикали, ближайшей к постоянному началу.

После сокращения числа вертикалей для определения расхода воды основным способом остающимся скоростным вертикалям присваивают новую нумерацию также начиная с номера 1 от постоянного начала.

При наличии нескольких разобщенных гидростворов на протоках нумерацию скоростных вертикалей в каждом створе производят самостоятельно.

После каждого изменения расположения скоростных вертикалей соответственно меняют их нумерацию.

14.2.15 По гидрометрическому створу, а при наличии нескольких гидростворов по всем створам, по результатам нивелирования берегов до незатопляемых отметок и промеров глубин в русле вычерчивают полный профиль, на котором показывают расположение скоростных вертикалей и характер грунта и угодий на пойме. Профиль гидрометрического створа приведен на рисунке 14.4. Для суждения о степени обеспеченности возможности измерения расходов воды при высших и низших уровнях на чертеже должны быть показаны схематически основные узлы гидрометрической переправы (береговые опоры, лебедки, стрела провеса ездовых стальных тросов, высотное положение настила моста или пола люльки и т. п.). Для плавсредств указывают (словами) вид судна и его осадка при полной нагрузке.

Горизонтальный масштаб профиля выбирают одним из следующих: 1:50, 100, 200, 500 (малые и средние реки), 1000, 2000, 5000, 10000 (большие реки), вертикальный масштаб назначают в 5–20 раз крупнее горизонтального.

После повторного нивелирования берегов до уровня высоких вод на том же чертеже проводят линию нового профиля и выписывают отметки его точек. Если русло реки значительно деформируется, то при каждом изменении места постоянных скоростных вертикалей составляют новый профиль.

В случае широкой поймы, когда в принятом масштабе чертежа показать все промерные точки в основном русле не представляется возможным, следует наносить не все точки, а выборочно характерные на переломах профиля основного русла.

Для рек с загроможденным валунами руслом профиль вычерчивают по наиболее детальному промеру, который в этих случаях обязательно производят для уточнения конфигурации дна.

Кроме того, ежегодно составляют чертеж совмещенных профилей главного русла (как показано на рисунке 14.5) в гидростворе по данным промеров глубин при измерении расходов воды в отдельные фазы режима. Для преемственности на него наносят профиль по последнему промеру предыдущего года.

ГИДРОСТВОР №2
Промеры 18 VIII 2006г.
Нивелировка 21 IX 2006г.

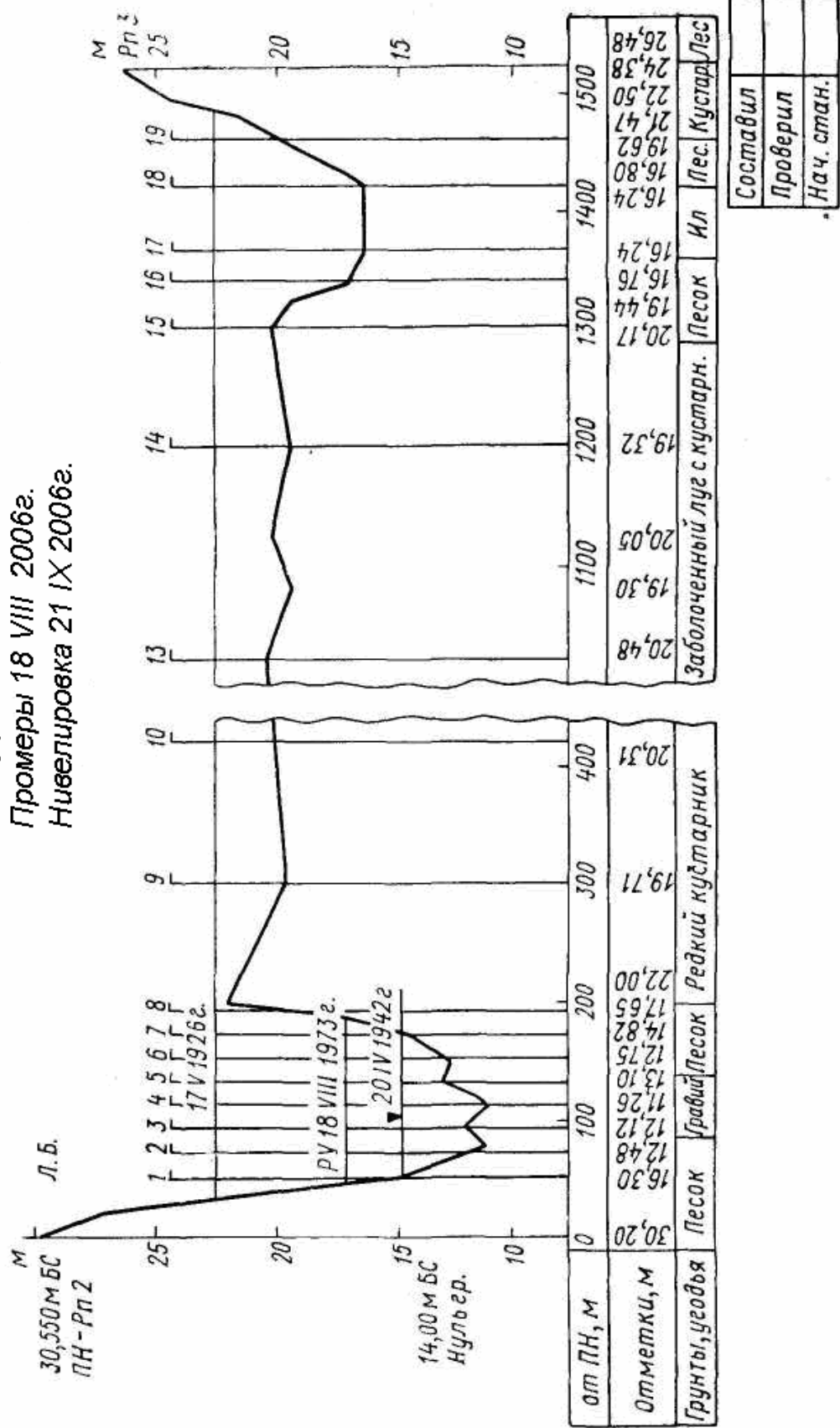
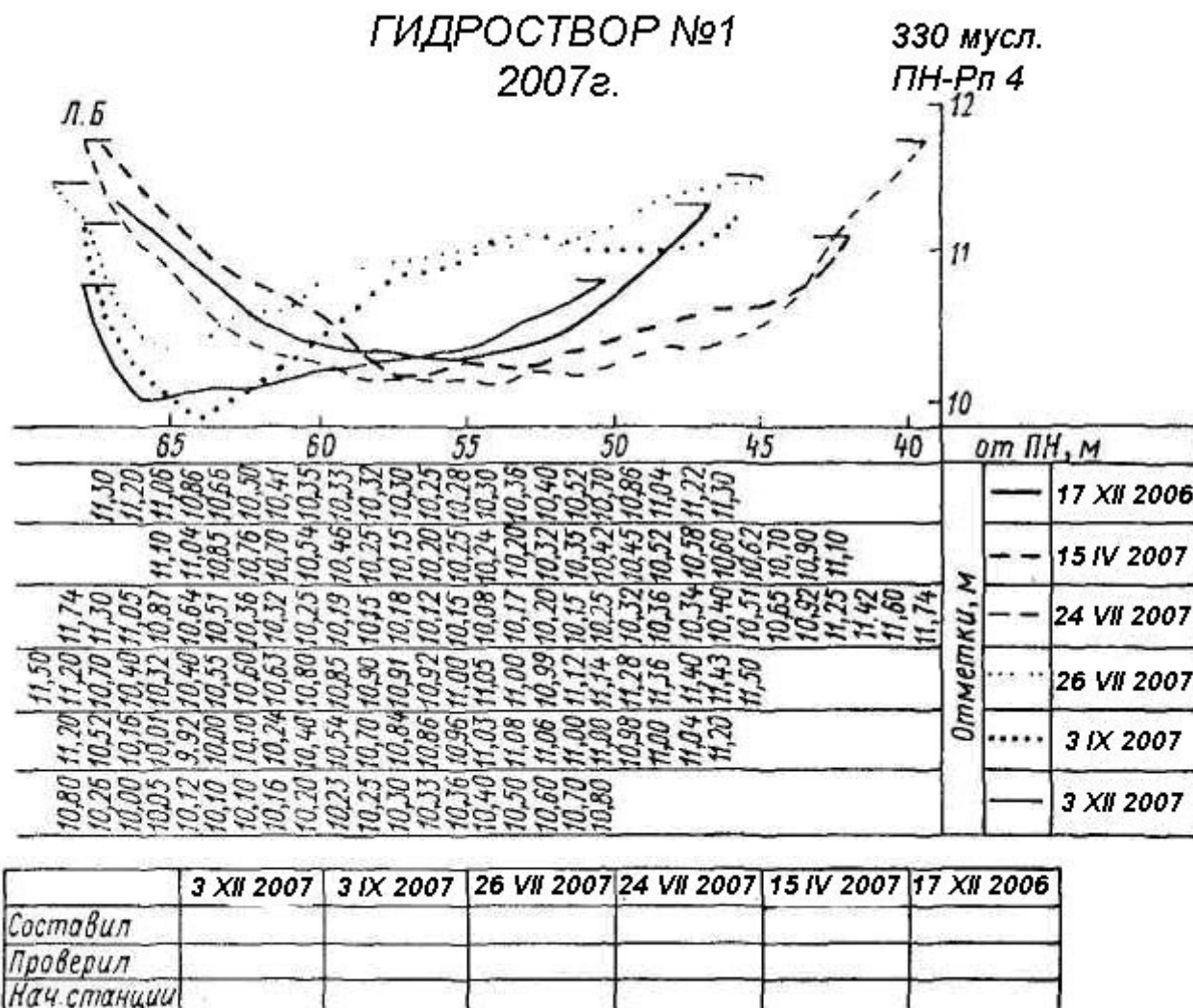


Рисунок 14.4 – Профиль гидрометрического створа

На чертеже совмещают три–пять характерных профилей по промерам, произведенным при разных фазах режима реки (до весеннего половодья, при его прохождении или сразу после него, в межень, после значительного дождевого паводка).



Примечания: 1. Для рек с устойчивым руслом чертеж совмещенных профилей главного русла в гидростворе является многолетним. На него наносится ежегодно один профиль по результатам промеров при контрольных измерениях расхода воды (в условиях свободного русла) или при зимних измерениях.

2. Для рек с резко деформирующимся руслом, на которых отсутствуют постоянные гидростворы и измерение расходов воды производят во временных створах, профили гидростворов не составляют.

Рисунок 14.5 – Совмещенные профили главного русла в гидростворе

14.3 Промеры глубин в гидрометрическом створе

14.3.1 В течение первого года существования гидрометрического створа, когда расходы воды попеременно измеряют многоточечным (пять или более точек) и основными способами, промеры глубин производят при каждом измерении расхода.

На реках с устойчивым руслом промеры производят одним ходом. На реках с неустойчивым и валунным руслом, когда возможна деформация за время измерения расхода, промеры производят при каждом измерении расхода дважды – до и после измерения скоростей течения (каждый раз одним ходом).

Если при совмещении поперечных профилей гидроствора нет заметных

изменений в очертании формы русла и точки (F , H) отклоняются от кривой зависимости площади водного сечения от уровня не более чем на 3 %, промеры глубин в последующем можно производить не при каждом расходе, а через три – пять измерений. Значения глубин на промерных вертикалях в этом случае принимают по предыдущему последнему промеру с учетом срезки уровня при промере и при измерении расхода воды. В книжке расхода указывают номер и дата промера, к которому отнесен расход. При прохождении половодья и паводков, когда возможны деформации русла, промеры следует производить через два или при каждом измерении расхода.

14.3.2 Промеры производят (при глубинах менее 3–5 м) гидрометрической штангой или наметкой, а при больших глубинах или в случае высоко расположенной гидрометрической переправы (люлька, мостик) – лотом (грузом на тросе). Промеры также могут производить с помощью эхолота, особенно на больших реках.

Наметка (изготавливают в подразделении из легкого и прочного дерева) представляет собой тщательно выструганный деревянный шест длиной 4–6 м, диаметром 4–6 см. С помощью стальной рулетки наметку размечают на 10–сантиметровые деления. Деления наметки окрашивают попеременно белой и черной краской и оцифровывают. Деления и цифры, обозначающие целые метры, подписывают красным.

На нижний конец наметки надевают легкий железный башмак, подошва которого совпадает с нулем наметки.

При измерении глубин на гидростворах с илистым дном железный башмак заменяют круглым поддоном диаметром 12–15 см с крупными отверстиями в нем.

14.3.3 Для промеров глубин применяют гидрометрические грузы типа ГГР и ПИ–I, II, III, подвешиваемые на тонком стальном тросе.

Чтобы избежать введения поправок на относ троса, следует подбирать массу гидрометрического груза согласно таблице 14.5.

Таблица 14.5 – Рекомендуемые (ориентировочно) массы гидрометрических грузов при производстве промерных работ в зависимости от скорости потока

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

Примечания. 1. Предусматривается использование стального троса диаметром 3 мм.

2. Приняты массы грузов, серийно выпускаемые заводами: ГГР и ПИ–I, II, III.

3. При относ троса на угол более 12 ° применяется груз большей массы, при которой угол отнота троса будет не более 10–12 °. Подбор массы груза осуществляют с учетом наибольшей скорости течения на стреловой вертикали. Поэтому на посту необходимо иметь несколько грузов разной массы (для работы в разные периоды).

Промеры грузом на тросе ведут при помощи ручной лебедки, снабженной счетчиком глубин. Поскольку выпускаемые заводами серийно лебедки снабжены счетчиками, позволяющими сбрасывать цифры на нуль, то это производят при касании нижней плоскостью груза поверхности воды. Тогда отсчет по счетчику при касании грузом поверхности дна дает непосредственно значение измеряемой глубины.

14.3.4 Если при большой скорости течения применение гидрометрического груза надлежащей массы (или оттяжки) не представляется возможным, необходимо измерять углы отклонения троса от вертикали и вводить соответствующие поправки в измеренную глубину согласно приложению Е.

Угол отклонения троса измеряют простейшим угломером, который приведен на рисунке 14.6. Один из краев его завернут и образует желобок. В верхней части

угломера имеется отверстие для нити отвеса. В нижней части на сектор насаживают на металле шкала для отсчета угла с точностью 1° . Грузик отвеса висит на двух нитях, скользящих по обеим сторонам поверхности сектора. При пользовании угломер надевают желобком на трос, держа его рукой (при этом нулевая линия угломера совпадает с направлением троса), и отсчитывают на шкале угол отклонения троса от вертикали по нити отвеса.

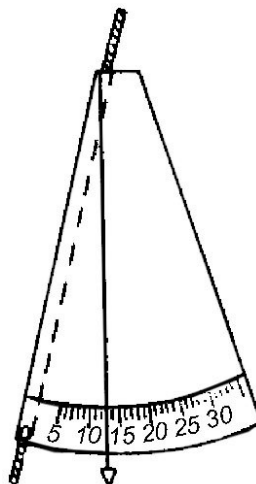


Рисунок 14.6 – Угломер для измерения угла отклонения каната от вертикального положения

В значение глубины, измеренной при отnose троса, вводят отрицательную поправку по приложению Е.

При работе с высоко расположенных люлечных переправ или мостов, когда высота точки подвеса троса над водой более 1 м, введение таких поправок иногда может оказаться недостаточным и повлечь за собой существенные ошибки. В этом случае измерение глубины производят следующим образом, согласно рисунку 14.7:

- опускают груз до поверхности воды и измеряют вертикальное расстояние от точки подвеса троса до поверхности воды $AD = AB' = H$;
- сбрасывают счетчик глубин на нуль при этом положении груза и опускают его до дна;
- отсчитывают по счетчику глубин (расстояние $B'C = l_1$) измеренную эффективную глубину;
- измеряют угол α отклонения троса от вертикали;

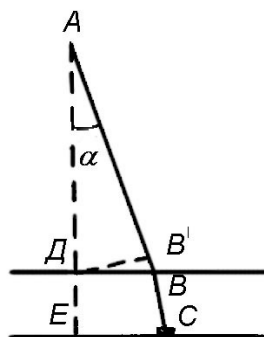


Рисунок 14.7 – Схема измерения глубин при высоко подвешенном стальном канате

Для вычисления рабочей глубины выполняют следующие операции:

- определяют поправку Δ_1 к длине надводной части троса по приложению Е;
- вычитают из фиктивной глубины l_1 поправку Δ_1 и получают длину подводной части троса

$$l_2 = B'C - BB' = BC = l_1 - \Delta_1 \quad (14.10)$$

- для найденной длины l_2 отыскивают по приложению Е поправку Δ_2 ;
- вычитают из длины подводной части троса поправку Δ_2 и получают рабочую глубину, равную

$$h = l_2 - \Delta_2 \quad (14.11)$$

Рабочую глубину вычисляют как разность между измеренной глубиной и суммой поправок $\Delta_1 + \Delta_2$ и записывают в графу 3 книжки для записи измерения расхода воды вертушкой (КГ–Зм(н)) на странице 18–10.

14.3.5 При промерах на гидростворе грузом с судна (понтон, катера, лодки и т. п.) следует иметь в виду, что измерение глубины с хода поперек течения может вызвать значительную систематическую погрешность в сторону преувеличения глубины за счет слабины и неперпендикулярного положения троса. Для обеспечения достаточной точности промеров судно на каждой промерной вертикали следует останавливать. Для остановки судна на промерных точках по створу удобна следующая система установки его на якорях. Немного выше по течению параллельно промеряемому створу забрасывают с правого и левого бортов два якоря: один – в сторону берега, а другой – к середине реки. Выбирая трос одного якоря и стравливая трос другого, судно перемещают поперек реки. Таким образом, судно может быть достаточно точно установлено в створе в нескольких промерных точках с наименьшей затратой усилий и времени на остановку в каждой точке. Если установка судна на якорях описанным выше способом представляет трудности, можно рекомендовать при промерах следующий прием. Судно поднимают несколько выше гидроствора и затем свободно сплавляют вниз по течению; в момент пересечения судном створа производят измерение глубины. После этого судно вновь поднимают выше створа, перемещаясь несколько поперек реки с тем, чтобы опять, сплавляясь по течению, пересечь гидроствор в следующей промерной точке.

На каждом гидростворе должно быть определено оптимальное число промерных вертикалей для измерения площади водного сечения как в меженьный период, так и в период половодья (паводка).

15 Измерение расхода воды

15.1 Подготовка к измерению расхода воды

15.1.1 Наиболее распространенный способ измерения расхода воды заключается в определении площади водного сечения путем промеров глубин по гидроствору и в измерении в отдельных точках водного сечения скорости течения гидрометрической вертушкой.

При измерении расходов воды производят следующие работы:

- запись обстановки работы;
- промеры глубин (с наблюдением за уровнем воды до и после промеров);
- измерение скоростей течения воды (с наблюдением за уровнем воды до, во время и после окончания измерения скоростей).

В некоторых случаях, по особому заданию сетевого гидрологического подразделения, до и после окончания измерения расхода воды определяют уклон водной поверхности.

15.1.2 Перед началом работ необходимо проверить исправность гидрометрической вертушки и принадлежностей к ней, а также наличие и исправность спасательных средств для обеспечения безопасности работ, состояние всего оборудования гидрометрического створа в соответствии с ГОСТ 15126 и [10].

15.1.3 Точность хода секундомера один раз в месяц выверяют по точным карманным (или ручным) часам, имеющим секундную стрелку. Секундомер включают и выключают через 10 мин по часам в момент прохождения секундной стрелкой часов через цифру 60 (или 12). Ход секундомера считают удовлетворительным, если за 10 мин ошибка не превышает 6 с. В противном случае секундомер следует сдать в поверку.

Дату последней поверки, номер секундомера записывают в КГ–ЗМ(н) на второй странице.

15.1.4 Все записи данных наблюдений и измерений расхода воды производят в КГ–ЗМ(н).

15.2 Наблюдения за уровнем воды при измерении расхода

15.2.1 Уровень воды измеряют на гидрологическом посту перед началом и после производства промеров глубин, а также перед началом, во время и после окончания измерений скоростей течения с записью времени наблюдения с точностью до 1 минуты.

Во время измерения скоростей течения на вертикалях уровень воды на основном посту (гидростворе) измеряют 2–3 раза (только для расхода воды, измеряемого при прохождении пика половодья или паводка).

При измерении расхода на подъеме или спаде половодья (паводка) дополнительные данные об уровне воды во время измерения скоростей можно получить путем линейной интерполяции между высотами уровня до и после измерения скоростей.

В межень при постоянном уровне воды или незначительном (2–3 см) его изменении дополнительные наблюдения за уровнем во время измерения скоростей не производят.

15.2.2 В тех случаях, когда гидроствор расположен на некотором расстоянии от основного поста и при гидростворе оборудован свой пост, наблюдения за уровнем воды производят на обоих постах.

15.2.3 Запись данных наблюдений за высотой уровня воды при измерении расхода производят в КГ–ЗМ(н) в таблице «Высота уровня воды за время измерения расхода» согласно таблице 15.1.

Таблица 15.1 – Пример записи наблюдений за высотой уровня воды в книжке расхода

Высота уровня воды за время измерения расхода									
	время наблюдения	гидроствор нуль графика _____ м				основной водпост – нуль графика 91,75 м			
		№ сваи (рейки)	отсчета, см	приводка	над нулем графика	№ сваи (рейки)	отсчета, см	приводка	над нулем графика
Перед измерением скорости	9 ¹⁴					5	42	301	343
Во время измерения скорости	9 ⁵¹					5	48	301	349
То же	10 ⁰²					5	62	301	363
По окончании измерения скорости	10 ²⁰					5	52	301	353
Величина изменения уровня за время измерения скорости									20

Расчетный уровень									

15.2.4 Сведения о состоянии реки, погоде, приборах и оборудовании записывают в КГ–ЗМ(н) в раздел «Обстановка работ».

Сведения о состоянии реки, если гидрологический пост не совпадает с гидрометрическим створом, указывают отдельно для гидроствора и основного поста.

Отмечают все явления, совершившиеся за период между измерениями расходов, которые могут вызвать подпор и повлиять на направление и величину скорости течения или отразиться на точности определения расхода воды:

– водная растительность. Указывают ширину выкошенной полосы гидроствора и отмечают, в каком состоянии она находится, например, «выкошена чисто», «на дне остатки водной растительности высотой _____ см», «местами появилась новая растительность» и т. п. При наличии на гидростворе остатков или при появлении новой растительности отмечают, на каких вертикалях она могла мешать измерению скорости течения.

Кроме того, указывают степень зарастания водной растительностью русла реки ниже гидроствора (у берегов, сплошь, редкая, густая);

– ледовые явления: забереги, закраины (их ширина и местоположение), сало, ледоход (редкий, средний, густой), затор, зажор в _____ м выше (ниже), ледостав, полыньи в гидростворе или выше (ниже), вода течет поверх льда и т. п.;

– вновь образовавшиеся отмели, косы, осередки, острова;

– временные или новые, ранее не отмеченные, сооружения, вызывающие подпор: запруды, перемычки, плотины, запани, мосты; следует указать, на каком расстоянии от гидроствора они расположены;

– дноуглубительные и выправительные работы в русле и у берегов и т. п. в _____ м выше (ниже), когда проводились;

– расчистка русла на участке гидроствора, произведенная наблюдателем для более точного измерения расхода воды: удаление валунов, крупной гальки, карчей, спрямление берега и тому подобные работы. В этих случаях необходимо измерить уровень воды до расчистки и после, чтобы имелась возможность судить, насколько выполненные работы в русле реки отразились на уровне воды на основном посту.

Сведения о всех перечисленных явлениях дают не для узкой полосы гидроствора, а для участка реки, длину которого выше и ниже по течению указывает сетевое гидрологическое подразделение. Когда те или иные явления распространены на большом протяжении по длине реки или различны по ее ширине, краткие сведения дополняют более подробными описаниями и сопровождают зарисовками–схемами.

При отсутствии каких-либо явлений, изменяющих условия течения реки, пишут «свободно».

Сведения о направлении и силе ветра, о состоянии водной поверхности, о вертушке и секундомере указывают в соответствующих строках раздела «Обстановка работ».

При работе с плавсредств (лодки, катера) указывают способ установки и отмечают, на каких вертикалях судно стояло неустойчиво (рыскало).

В случае необходимости привести более подробные сведения, не уместящиеся в разделе «Обстановка работ», запись производят в разделе «Особые замечания».

15.3 Измерение глубин

15.3.1 Промеры глубин производят для вычисления площади водного сечения реки по гидрометрическому створу.

Гидрометрический створ закрепляют на обоих берегах знаками–столбами. Столб

на одном из берегов принимают за постоянное начало, от которого всегда измеряют расстояние до каждой промерной вертикали.

15.3.2 Для производства промеров в гидрометрическом створе поперек реки при ширине ее не более 300 м натягивают разметочный трос. Установка натяжной лебедки (вороты) и закрепление троса производят с участием работников сетевого гидрологического подразделения.

Нулевая метка на тросе при его натяжении должна совпасть с постоянным началом. Трос натягивают по возможности туго, с наименьшим провесом. Для перемещения лодки вдоль створа и установки ее на вертикали параллельно с разметочным тросом (под ним) натягивают ездовой трос.

В тех случаях, когда ширина реки значительно изменяется при высоких и низких уровнях или когда при большой амплитуде колебания уровня трос в межень оказывается очень высоко подвешенным и пользоваться им становится неудобно, для крепления разметочного троса следует устанавливать на гидростворе несколько дополнительных столбов – кольев, расстояние которых предварительно точно определяют относительно постоянного начала. При наличии гидрометрического мостика разметку расстояний делают непосредственно на его настиле, а при люлочной (лодочной) переправе – на разметочном тросе инженером подразделения. Наблюдатель обязан закрепить метки, следить за их сохранностью и правильностью расположения и при необходимости подновлять, чтобы они всегда были хорошо заметны.

15.3.3 Промеры глубин по натянутому разметочному тросу производят через равные расстояния с таким расчетом, чтобы по ширине реки было не меньше 20 промерных вертикалей. Расстояния между промерными вертикалями, которые следует принимать в зависимости от ширины реки, указывает наблюдателю работник подразделения. Находящиеся на дне крупные камни, валуны, топляки и другие неровности удаляют из полосы гидроствора, в 10 м выше и 10 м ниже гидроствора.

15.3.4 Измерение глубин производят штангой или гидрометрическим грузом на тросе с точностью отсчета до 1 см.

Если наибольшие глубины по створу не превышают 3,0 м, для промеров обычно применяют металлическую штангу, на которую после промеров крепится гидрометрическая вертушка. Производить промер глубин штангой или грузом с укрепленной на них вертушкой запрещается.

Во время промеров глубин необходимо следить, чтобы штанга или наметка стояли вертикально. Когда поверхность воды неровная и точный отсчет глубины по штанге затруднен, промеры глубин можно производить от перетянутого через реку троса, от настила (перил) моста или пола (перил) люльки. В этом случае делают два отсчета на уровне троса (настила или перил): первый отсчет, когда штанга опущена до дна, и второй отсчет, когда штанга нижним концом касается поверхности воды. Разность между этими двумя отсчетами даст значение глубины.

15.3.5 Если наибольшие глубины по створу превышают 3 м, промеры производят гидрометрическим грузом на тросе при помощи лебедки. Большинство лебедок снабжено счетчиком, по которому отсчитывают длину вытравленного троса. Первый отсчет по счетчику отмечают в момент, когда груз коснется нижней своей частью поверхности воды, второй – когда груз коснется дна. Глубину в этом случае находят как разность второго и первого отсчетов.

При счетчике, позволяющем сбрасывать цифры на нуль, такое сбрасывание производят при касании воды нижней поверхностью груза. Тогда отсчет по счетчику при касании грузом дна дает непосредственное значение измеряемой глубины. Момент касания грузом дна хорошо чувствуется рукой по ослаблению натяжения троса. Для большей уверенности в правильности отсчета при касании грузом дна

следует один – два раза немного приподнять и опустить груз до дна; отсчеты при этом должны быть одинаковыми или несущественно (на несколько сантиметров) отличаться один от другого.

15.3.6 Используя лебедку без счетчика (или в случае повреждения счетчика), промерный трос ее размечают через 1 м. Для удобства трос следует разметить так, чтобы нулевое деление совпадало с нижней поверхностью груза. У лебедки параллельно тросу, идущему с барабана на ролик, укрепляют рейку длиной 1 м, размеченную на сантиметры и своим нулем обращенную к барабану лебедки. В этом случае при касании грузом поверхности воды отсчитывают метровую метку на тросе и деление рейки против этой метки. При касании грузом дна вторично отсчитывают метку на тросе и деление рейки, против которого она оказалась. Разность между этими двумя отсчетами дает глубину.

Пример – В первом положении метка «2» (второй метр) на тросе стоял против 30 см, что соответствует отсчету 2,30 м; во втором положении метка «8» стояла против 70 см на рейке, что соответствует отсчету 8,70 м. Глубина равна $8,70 - 2,30 = 6,40$ м.

15.3.7 При больших скоростях течения (особенно на стрежневых вертикалях) груз на тросе, опускаясь на дно, отклоняется от вертикального положения, что ведет к завышению измеренной глубины. Для измерения угла отклонения троса от вертикального положения применяется угломер с отвесом.

Отклонение троса от вертикали до 10° во внимание не принимается. При отклонении троса от вертикали на 10° и более гидрометрический створ оборудуют приспособлением для оттяжки троса, благодаря которому трос принимает почти вертикальное положение.

Чтобы избежать введения поправок на относ троса (14.8.4), следует подобрать такую массу стандартного гидрометрического груза, при которой угол отбоя будет незначителен. При этом необходимо учитывать глубину потока, наибольшую скорость течения на стрежневой вертикали и диаметр применяемого троса. (14.8.3)

15.3.8 Промеры глубин производят один раз перед измерением скоростей течения. На реках с неустойчивым руслом промеры производят дважды: до и после измерения скоростей.

На реках с устойчивым руслом, по особым указаниям сетевого гидрологического подразделения, допускается производить промеры глубин не при каждом, а через два – три измерения расхода воды.

Запись промеров глубин производят в КГ–ЗМ(н) в разделе «Промеры» .

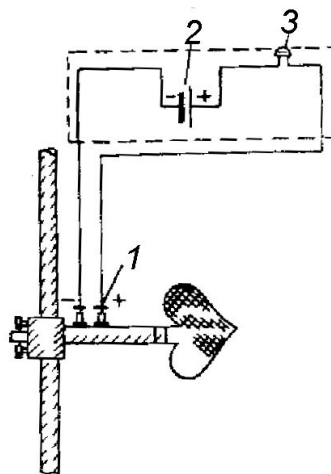
15.4 Измерение скорости течения гидрометрической вертушкой

15.4.1 Для измерения скорости течения воды на гидрологической сети РБ применяют стандартные гидрометрические вертушки ГР–21М (приложение Ж), ГР–55, ГР–99 [ГОСТ 15126] и измеритель скорости потока ИСП-1. Перед каждым измерением расхода воды вертушку обязательно следует проверить на выбег. Правила проверки изложены в приложении К.

15.4.2 Чтобы по числу оборотов определить скорость течения, вертушку тарируют, т. е. выявляют зависимость числа оборотов, совершенных лопастным винтом в единицу времени, от заранее известной скорости. Вертушки тарируют в Службе средств измерений Республиканского гидрометеоцентра. Число оборотов лопастного винта учитывают по сигналам, которые получают в результате электрического контакта после определенного для каждого типа вертушки числа оборотов лопастного винта. У вертушки ГР–21М сигнал дается через 20 оборотов.

15.4.3 Сигнал получают по следующей простой электрической схеме, которая приведена на рисунке 15.1. Электрический ток от положительной клеммы батареи 2

(состоящей из двух сухих элементов) идет к электрическому звонку 3, а от него к клемме вертушки 1, соединенной непосредственно с ее корпусом, затем через контактное устройство вертушки к другой ее клемме (изолированной от коркой), а от нее – к отрицательной клемме батареи 2. Вместо звонка иногда применяется зуммер или лампочка от карманного фонаря.



1 – клемма вертушки; 2 – электробатарея; 3 – звонок

Рисунок 15.1 – Схема присоединения электробатареи и звонка к вертушке:

Сухие элементы соединяют в батарею последовательно, т. е. провод одного элемента, обозначенный знаком плюс (+), соединяют с проводом, обозначенным знаком минус (–) другого элемента.

Для удобства в работе провод от элемента со знаком плюс можно присоединять не к клемме корпуса вертушки, а прямо к верхнему концу штанги или корпусу лебедки, но при условии, что будет обеспечен надежный контакт.

15.4.4 При работе с вертушкой должны соблюдать «Правила обращения и ухода за гидрометрическими вертушками», изложенные в приложении Ж и К.

В случае повреждения лопастного винта или удара им о какой-либо предмет хотя бы без видимых повреждений винта следует немедленно отметить это в книжке расхода.

15.4.5 Измерение скорости течения вертушкой на штанге можно производить в двух вариантах:

– штангу упирают нижним концом в дно, а вертушку устанавливают на ней так, чтобы ось ее находилась на требуемой глубине. Вертушка при этом должна быть неподвижно закреплена на штанге зажимными винтами. Вертушку следует всегда устанавливать перпендикулярно направлению гидроствора. При опускании на глубину наблюдатель обычно не видит, как расположена вертушка в потоке. Для контроля правильности положения вертушки на верхнюю часть штанги надевают указатель и закрепляют так, чтобы направление его совпадало с направлением корпуса вертушки (совмещают с направлением оси лопастного винта). Такая схема крепления вертушки является наиболее рациональной. В этом случае вертушка ГР–21М, установленная перпендикулярно к гидроствору, фиксирует скорость потока с достаточной точностью. При косоструйности потока порядка 40 ° ошибка в измерении скорости составит не более 5% (в сторону завышения).

При работе вертушкой, закрепленной на штанге, прикрепление хвоста не обязательно. Хвост надевают только в случае работы при больших скоростях (более 2,0 м/с), когда вертушку трудно удерживать против течения. Необходимо следить, чтобы штанга не была наклонена вниз по течению, а стояла на скоростной вертикали строго отвесно. Для этого при опускании в воду нижний конец штанги

заносят несколько вверх по течению.

При свободном русле работать вертушкой, не закрепленной на штанге, нельзя. В зимний период при работе со льда можно измерять вертушкой, свободно перемещаемой по штанге;

– штангу не упирают в дно, а подвешивают так, чтобы ее нижний конец находился на требуемой глубине; вертушку закрепляют на нижнем конце штанги и поднимают или опускают вместе с ней. Такой способ устраняет необходимость перестановки вертушки по штанге при переходе с одной точки на другую. Для облегчения работы со штанги следует применять штангодержатель, а на люльках – приспособление в виде небольшой вьюшки (лебедки).

При быстром течении обязательно применение оттяжек для крепления штанги. Один конец оттяжки закрепляют у нижнего конца штанги с помощью зажимного кольца, другой конец пропускают через блок, передвигающийся по оттяжному тросу, и направляют в люльку или на мостик.

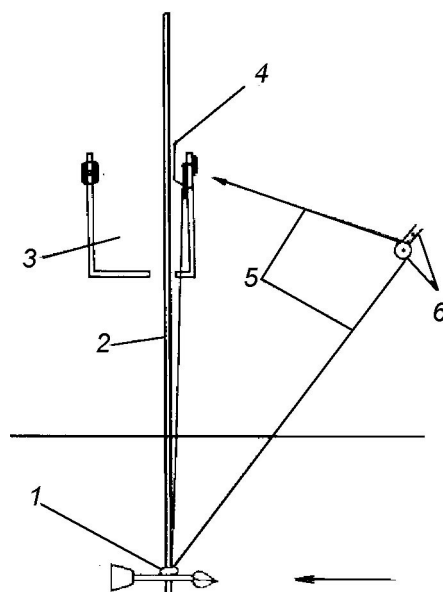
При большой высоте подвеса мостика (люльки) над водой применяют нарощенную штангу длиной 4,5–6,0 м; при наличии оттяжки применение нарощенной штанги возможно при скорости течения до 4 м/с. Схема оборудования гидрометрической люльки для работы подъемной штангой приведена на рисунке 15.2.

15.4.6 При работе вертушкой с троса следует применять специальный трос с токопроводной жилой диаметром 2,8 мм.

Для уменьшения угла отбоя троса течением воды к нему подвешивают гидрометрический груз легкообтекаемой формы (типа ПИ–1), обеспечивающий, по сравнению с другими конструкциями, значительно меньший угол отбоя при больших скоростях течения и характеризующийся большей устойчивостью в потоке. Вертушку устанавливают на носовом штыре гидрометрического груза или на кронштейне.

15.4.7 Вертушка, подвешенная на тросе, принимает направление течения. В этом случае показания вертушки при наличии косоуструйности будут несколько завышены, так как вертушка будет измерять скорость, а не ее проекцию на нормаль к створу. Из опыта работы установлено, что незначительная (до 10 °) косина струй вызывает небольшую ошибку (порядка 1,5%), поэтому ее не учитывают. При косине струй более 10 ° кроме величины скорости необходимо измерять и направление течения.

15.4.8 Перед каждым измерением расхода воды трос необходимо внимательно осмотреть, чтобы на нем не было узлов, «перекруток», порванных проволок и т. д., которые могут вызвать обрыв. В случае обнаружения каких – либо нарушений поверхности троса или ржавчины трос следует заменить. После работы трос обтирают сухой тряпкой, просушивают и затем протирают масляной тряпкой.



1 – зажимное кольцо; 2 – штанга; 3 – люлька; 4 – выюшка; 5 – оттяжка; 6 – оттяжной трос

Рисунок 15.2 – Схема оборудования гидрометрической люльки для работы подъемной штангой

15.4.9 При больших скоростях течения для устранения отбоя троса от вертикали рекомендуют применять оттяжки, а при невозможности использовать оттяжки из-за большой ширины реки – измерять угол отбоя троса.

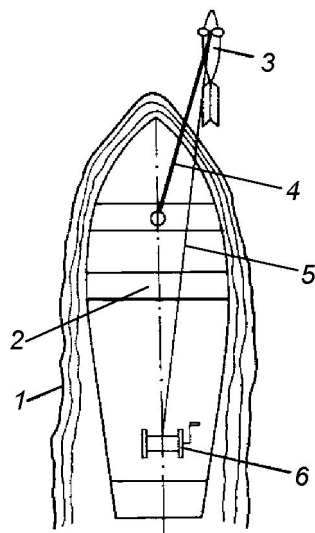
15.4.10 При работе вертушкой на тросе с судна нужно следить за тем, чтобы вертушка и груз находились вне зоны возмущений, вызываемых обтеканием судна потоком [ГОСТ 21292, ГОСТ 28556]. Граница указанной зоны легко определяют на глаз. При возможности следует опускать вертушку с носовой части судна, где эта зона имеет наименьшую ширину. Примерный вариант расположения гидрометрического оборудования в гребной лодке приведен на рисунке 15.3.

15.4.11 Вертикали, на которых измеряют скорости течения, их количество и местоположение по ширине реки назначает инженер или техник сетевого гидрологического подразделения. Все скоростные вертикали совмещают с промерными и закрепляют (на разметочном тросе, настиле моста, на льду) особыми метками, отличными от меток на промерных вертикалях. Метки делают для более точной установки вертушки на вертикали.

Во всех других более сложных условиях, когда на вертикалях следует устанавливаться по береговым створным вехам или по инструментальным засечкам с берега, измерение расхода воды производят инженер или техник сетевого гидрологического подразделения при участии наблюдателя.

15.4.12 Если ближайшая к берегу постоянная скоростная вертикаль окажется от уреза воды дальше половины расстояния между ближайшими соседними скоростными вертикалями, назначают дополнительную прибрежную скоростную вертикаль.

При плавном уменьшении глубин к берегу прибрежную вертикаль назначают посередине между урезом воды и ближайшей постоянной скоростной вертикалью.



1 – волны, вызываемые обтеканием корпуса лодки; 2 – банка; 3 – гидрометрический груз с вертушкой; 4 – стрела лебедки; 5 – трос лебедки; 6 – барабан лебедки

Рисунок 15.3 – Примерный вариант расположения гидрометрического оборудования в гребной лодке

При обрывистом берегу, а также у набережных с отвесной стенкой и мостовых опор дополнительные вертикали у берегов и в мостовых пролетах назначают вблизи уреза, но не ближе чем в 0,3 м от него и обязательно вне зоны береговых водоворотов.

15.4.13 Если обнаружится, что на намеченной прибрежной вертикали течение отсутствует или скорость его меньше предельных скоростей (0,08 м/с), ниже которых измерения вертушкой не производят, так как возможны недопустимые погрешности, производят дополнительное обследование береговых участков при помощи глубинных поплавков.

Несколькими последовательными пусками глубинных поплавков определяют границу прибрежной зоны, где течение отсутствует; эту зону называют мертвым пространством. Прибрежную скоростную вертикаль назначают там, где глубинный поплавок покажет скорость не меньшую допустимой для измерения вертушкой (0,08 м/с).

Если промежуток между границей мертвого пространства и ближайшей постоянной вертикалью окажется меньше половины расстояния между соседними вертикалями, прибрежную дополнительную вертикаль не назначают и скорость течения измеряют только на ближайшей постоянной вертикали. В тех случаях, когда пространство с малыми скоростями течения, недоступными для измерения вертушкой, захватывает несколько постоянных вертикалей, скорости на них измеряют не вертушкой, а глубинным поплавком.

Если в прибрежной зоне наблюдают обратные течения и водовороты, она относится к мертвому пространству. О наличии обратных течений указывают в примечании в КГ–ЗМ(н).

15.4.14 В межень при значительном сужении русла, когда в поперечном сечении потока по его ширине остаются только две–три скоростные вертикали из числа действующих в половодье, между ними назначают дополнительные вертикали, чтобы общее количество вертикалей было не менее пяти–семи. Расположение дополнительных скоростных вертикалей для меженного русла устанавливает инженерно–технический персонал сетевого гидрологического подразделения.

15.4.15 При неустойчивом русле, если между постоянными скоростными вертикалями появляются резко выраженные понижения или повышения дна, наблюдатель самостоятельно назначает в этих местах дополнительные вертикали.

15.4.16 Если после перемещения русла общее направление реки на глаз заметно изменилось по отношению к гидровтору, наблюдатель должен сообщить об этом в подразделение для изменения направления гидровтора или его переноса в такое место, где основное направление течения реки было бы перпендикулярно вновь намечаемому гидровтору. В ТД поста делают подробную запись об изменении положения или о переносе гидровтора.

15.4.17 Всем постоянным скоростным вертикалям присваивают порядковые номера. Порядок нумерации дополнительных прибрежных вертикалей приведен на рисунке 15.4.

Дополнительным вертикалям придают номер ближайшей постоянной скоростной вертикали с указанием расстояния от нее со знаком минус, если дополнительная или прибрежная вертикаль расположена ближе к постоянному началу, и со знаком плюс, если дальше. Например: номер 2–2,5 м, номер 8 + 2,0 м.

15.4.18 Перед измерением скорости течения на каждой скоростной вертикали вначале измеряют рабочую глубину, чтобы убедиться, что она совпадает с глубиной, полученной по промеру, или по крайней мере близка к ней.

Рабочей глубиной скоростной вертикали, так же как и на промерных вертикалях, считают расстояние по вертикали от дна до поверхности воды, а при наличии льда (шуги) – до нижней поверхности льда (шуги).

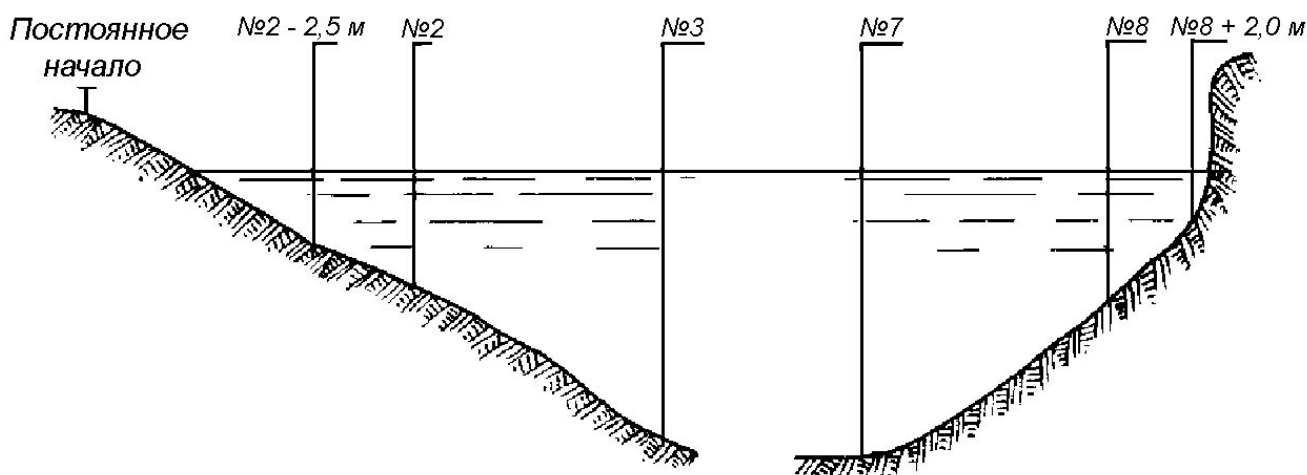


Рисунок 15.4 – Порядок нумерации дополнительных прибрежных вертикалей

При неизменном уровне воды разница в глубинах на вертикали по промеру и в момент измерения скорости в условиях устойчивого русла не должна превышать 2–3 см при глубинах до 1 м, 5 см при глубинах от 1 до 3 м. При большей разнице промер следует повторить.

В случаях быстрых изменений уровня за время измерения расхода воды, а также при измерении расхода на реках с неустойчивым руслом, когда глубины могут изменяться очень быстро, расхождения между значениями глубины по промеру и во время измерения скорости течения неизбежны и поэтому во внимание не принимаются.

15.4.19 Сведения о местоположении и глубине скоростной вертикали при свободном ото льда русле записывают в КГ–ЗМ(н) в разделе «Измерения на скоростных вертикалях»

При измерении скорости течения вертушкой, подвешенной на тросе, вначале измеряют расстояние от оси вертушки до нижней поверхности груза (согласно рисунку 15.5). Это расстояние для всех вертикалей остается постоянным. Затем вертушку погружают в воду до оси лопастного винта и при этом положении

записывают показание счетчика на лебедке.

Если счетчик имеет приспособление, сбрасывающее показания на нуль, это сбрасывание производят при положении оси вертушки на поверхности и записывают цифру 0.

Если счетчик не имеет приспособления для сброса на нуль, то записывают показание счетчика, которое было при положении оси вертушки на поверхности воды.

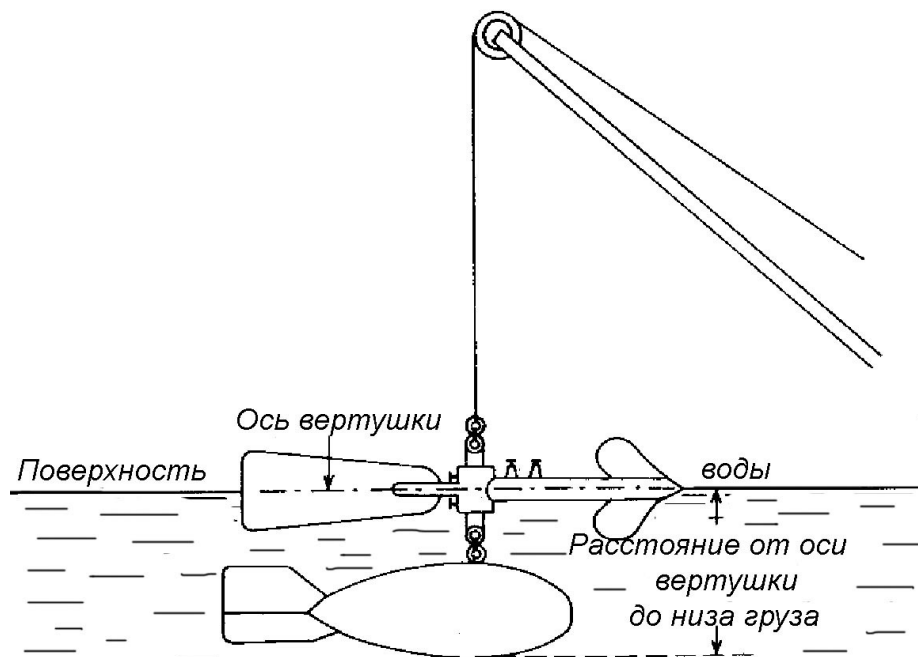


Рисунок 15.5 – Положение вертушки «ось на поверхности воды»

После этого опускают вертушку до соприкосновения груза с дном и делают новый отсчет. Разность между первым и вторым отсчетом записывают.

В случае повреждения счетчика лебедки записывают целые метры по меткам на тросе и доли метра по рейке.

15.4.20 Измерение скорости течения на вертикали детальным способом производят при свободном (ото льда и водной растительности) русле в следующих пяти точках по глубине вертикали: у поверхности, на $0,2h$, на $0,6h$, на $0,8h$ и у дна (согласно рисунка 15.6). Этот способ дает наиболее точное значение средней скорости на вертикали и применяется по указанию сетевого гидрологического подразделения на вновь открытых гидростворах в первые два года их действия. На малых реках измерение расходов воды детальным способом может быть поручено наблюдателю поста. Данные измерений записывают в КГ–ЗМ(н).

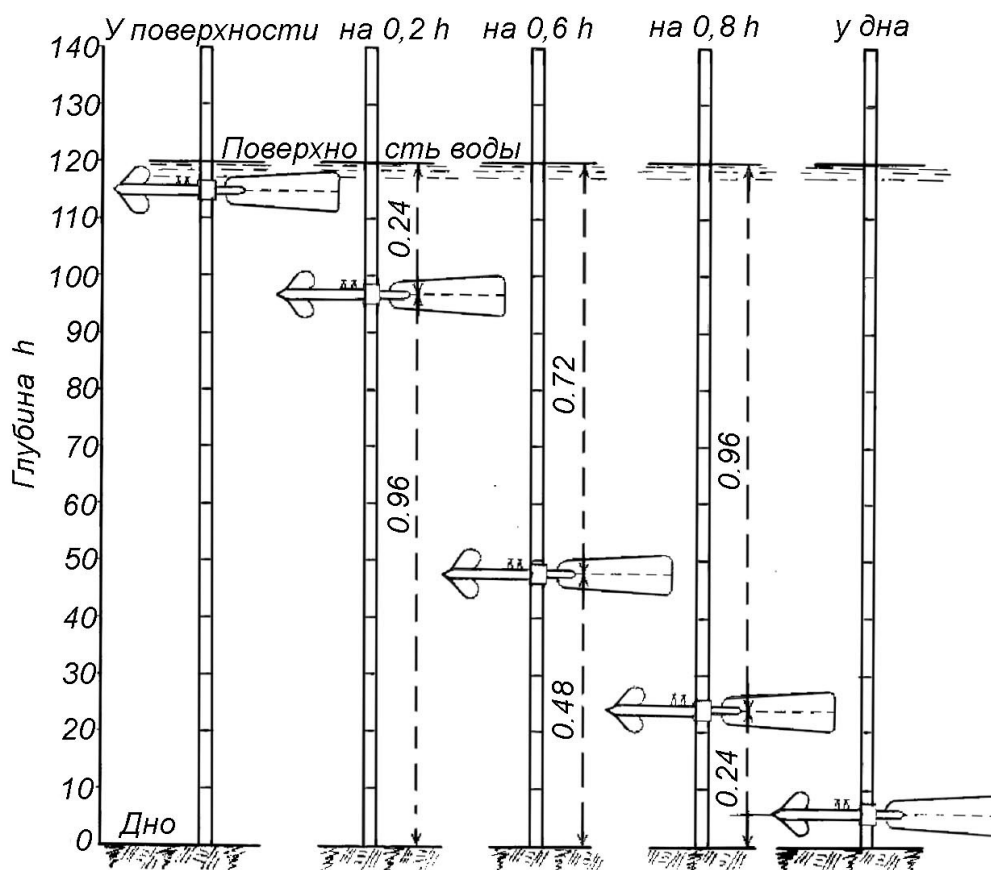


Рисунок 15.6 – Расположение вертушки

Первая точка – у поверхности. Ось вертушки устанавливают возможно ближе к поверхности воды, но так, чтобы лопастный винт не выходил из воды.

Ось вертушки ГР–21М устанавливают в 6см от поверхности воды. При волнении вертушку укрепляют глубже, чтобы лопастный винт не обнажался.

Вторую, третью и четвертую точки рассчитывают в долях 0,2, 0,6, 0,8 рабочей глубины h по таблице глубин, напечатанной на обложке КГ–3М(н).

При глубинах менее 1 точки измерения скорости располагают так, чтобы лопастный винт охватывал по слоям всю глубину вертикали.

Пятая точка – у дна. Ось вертушки ГР–21М устанавливают возможно ближе ко дну, но так, чтобы при вращении лопастный винт не задевал дна, т.е. на 7–8 см от дна.

При работе с троса ось вертушки располагают на 10 см и более от дна в зависимости от массы груза и способа крепления вертушки. В положении касания грузом дна нельзя опускать вертушку ниже, давая слабину тросу. При волнении, в случае качки лодки, вертушку следует приподнимать, чтобы груз не ударялся о дно. Измерения вертушками ГР–21М при глубине потока менее 10 см недопустимы.

При наличии в русле водной растительности или ледяного покрова к пяти вышеуказанным точкам прибавляют шестую – на 0,4 рабочей глубины. В этом случае при работе со штанги глубину установки оси вертушки определяют по графе 0,6 таблицы глубин.

При ледяном покрове точку у поверхности воды заменяют точкой у нижней поверхности льда при этом лопастный винт вертушки, находясь вблизи нижней поверхности льда, не должен касаться его, т. е. ось вертушки должна устанавливаться на таком же расстоянии от нижней поверхности льда, как и от дна. При наличии ледяного покрова измерения вертушками ГР–21М на рабочей глубине менее 15 см не производят.

15.4.21 Измерение скорости на вертикали основным способом производят:

- при свободном русле в двух точках (0,2 и 0,8 рабочей глубины);
- при ледоставе и наличии в русле водной растительности в трех точках (0,15; 0,5 и 0,85 рабочей глубины).

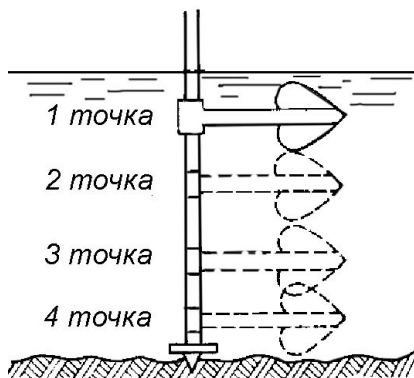


Рисунок 15.7 – Схема расположения точек измерения скорости детальным способом на вертикалях с глубинами менее 1 м

При глубинах потока менее 40 см скорость на вертикали измеряют в одной данной точке:

- при открытом русле на 0,6;
- подо льдом на 0,5 рабочей глубины.

Измерение скорости детальным способом на вертикалях с глубинами менее 1 м производят согласно рисунку 15.7.

В настоящее время на большинстве постов расходы воды измеряют основным способом.

15.4.22 Расчет глубины погружения вертушки при измерении скоростей в точках, соответствующих долям рабочей глубины, производят по таблице глубин, напечатанной на обложке КГ–3М(н) и таблице 15.2. Глубины в таблице даны от поверхности воды (для работы вертушкой с троса). При этом в измеренные рабочие глубины скоростных вертикалей поправки на относ троса не вводят.

При работе вертушкой, закрепленной на штанге, положение точки берут по той же таблице глубин, но в обратном порядке (так как деления на штанге возрастают от дна к поверхности): значения глубин установки оси вертушки в точках 0,2; 0,6 и 0,8 берут соответственно из граф 0,8; 0,4 и 0,2 таблицы. Подобным же образом определяют установку оси вертушки на 0,15 и 0,85 рабочей глубины. Ниже приводится усовершенствованная таблица глубин опускания вертушки.

Расстояние между точками при измерении скорости на вертикали должно быть не менее диаметра лопастного винта вертушки,

При глубинах до 1 м цифры в таблице глубин читают в миллиметрах, которые надо переводить в см, а при больших глубинах – в сантиметрах (такой порядок составления таблицы позволил значительно сократить ее объем).

Для глубин до 1 м установка вертушки в заданной точке может быть выполнена с точностью до 1 см. Глубины больше 1 м (читаемые в таблице в сантиметрах) даны до 2 м через 5 см, а свыше 2 м – через 10 см. Поэтому, чтобы не прибегать к интерполяции, вычисление глубины погружения производят для измеренного значения глубины с округлением до ближайшего в таблице числа, оканчивающегося на 0 или 5.

Пример – 1) Измеренные глубины вертикали 1,61 и 1,62 м округляются до 1,60 м, а глубины 1,63 и 1,64 м до 1,65 м. 2) Измеренные глубины 3,61–3,65 м округляются до 3,60 м, а глубины 3,66–3,69 м – до 3,70 м.

Таблица 15.2

Вертушка на тросе											
h	открытое русло без растительности		при растительности и ледяном покрове			h	открытое русло без растительности		при растительности и ледяном покрове		
	0,2	0,8	0,15	0,5	0,85		0,2	0,8	0,15	0,50	0,85
100	20	80	15	50	85	500	100	400	75	250	425
105	21	84	16	52	89	510	102	408	76	255	434
110	22	88	16	55	94	520	104	416	78	260	442
115	23	92	17	58	98	530	106	424	80	265	450
120	24	96	18	60	102	540	108	432	81	270	459
125	25	100	19	62	106	550	110	440	82	275	468
130	26	104	20	65	110	560	112	448	84	280	476
135	27	108	20	68	115	570	114	456	86	285	484
140	28	112	21	70	119	580	116	464	87	290	493
145	29	116	22	72	123	590	118	472	88	295	502
150	30	120	22	75	128	600	120	480	90	300	510
155	31	124	23	78	132	610	122	488	92	305	518
160	32	128	24	80	136	620	124	496	93	310	527
165	33	132	25	82	140	630	126	504	94	315	536
170	34	136	26	85	144	640	128	512	96	320	544
175	35	140	26	88	149	650	130	520	98	325	552
180	36	144	27	90	153	660	132	528	99	330	561
185	37	148	28	92	157	670	134	536	100	335	570
190	38	152	28	95	162	680	136	544	102	340	578
195	39	156	29	98	166	690	138	552	104	345	586
200	40	160	30	100	170	700	140	560	105	350	595
210	42	168	32	105	178	710	142	568	106	355	604
220	44	176	33	110	187	720	144	576	108	360	612
230	46	184	34	115	196	730	146	584	110	365	620
240	48	192	36	120	204	740	148	592	111	370	629
250	50	200	38	125	212	750	150	600	112	375	638
260	52	208	39	130	221	760	152	608	114	380	646
270	54	216	40	135	230	770	154	616	116	385	654
280	56	224	42	140	238	780	156	624	117	390	663
290	58	232	44	145	246	790	158	632	118	395	672
300	60	240	45	150	255	800	160	640	120	400	680
310	62	248	46	155	264	810	162	648	122	405	688
320	64	256	48	160	272	820	164	656	123	410	697
330	66	264	50	165	280	830	166	664	124	415	706
340	68	272	51	170	289	840	168	672	126	420	714
350	70	280	52	175	298	850	170	680	128	425	722
360	72	288	54	180	306	860	172	688	129	430	731
370	74	296	56	185	314	870	174	696	130	435	740
380	76	304	57	190	323	880	176	704	132	440	748
390	78	312	58	195	332	890	178	712	134	445	756
400	80	320	60	200	340	900	180	720	135	450	768
410	82	328	62	205	348	910	182	728	136	455	774
420	84	336	63	210	357	920	184	736	138	460	782
430	86	344	64	215	366	930	186	744	140	465	790
440	88	352	66	220	374	940	188	752	141	470	799
450	90	360	68	225	382	950	190	760	142	475	808
460	92	368	69	230	391	960	192	768	144	480	816
470	94	376	70	235	400	970	194	776	146	485	824
480	96	384	72	240	408	980	196	784	147	490	833
490	98	392	74	245	416	990	198	792	148	495	841
						1000	200	800	150	500	850

Примечание: Цифры в таблице при глубине скоростной вертикали до одного метра читаются в мм, а при большей глубине в см

15.4.23 Для удобства работы вертушкой со штанги следует применять простейшего типа штангодержатели. Применение последних значительно облегчает работу, освобождает руки и позволяет наблюдателю более спокойно и внимательно вести измерение. С применением штангодержателя измерение расхода воды на створах, оборудованных гидрометрическими мостиками или люлочными переправами, может выполнить один наблюдатель.

15.4.24 После опускания вертушки в воду в нужную точку по глубине вертикали через один – два сигнала (по которым убеждаются, что сигнализация в порядке и лопастный винт набрал скорость вращения, соответствующую скорости течения потока) включают секундомер и начинают счет сигналов.

Первый сигнал, по которому включают секундомер, в счет не принимают – его называют нулевым.

Включение секундомера, отсчеты времени и остановку секундомера производят по концу сигнала. Начало сигнала как бы предупреждает наблюдателя, позволяет ему подготовиться и более точно заметить время конца сигнала.

Если в течение 100 с поступят два и более сигналов, по следующему сигналу (первому, поступившему по истечении 100 с) секундомер останавливают и измерение прекращают.

При большой скорости течения, когда сигналы поступают чаще, чем через 2 с, измерение прекращают на 50 сигналах, т. е. в этом случае продолжительность измерения может быть меньше 100 с.

При малой скорости течения, когда промежуток времени между сигналами превышает 80 с, измерение вертушкой не рекомендуют и следует переходить на измерение скорости глубинным поплавком.

15.4.25 При счете сигналов следует обращать внимание на равномерность их поступления. Если будет обнаружено, что сигналы поступают очень неравномерно, измерение в точке прерывают. Вертушку поднимают из воды и проверяют, не тормозится ли чем-либо (например, намотавшейся травой) вращение лопастного винта, исправен ли контакт у вертушки, в порядке ли сигнальное устройство и электрические провода. Измерение в точке в этом случае повторяют.

Счет сигналов, чтобы не сбиться, следует вести вслух. В момент окончания последнего сигнала секундомер останавливают и записывают номер последнего сигнала и продолжительность измерения в секундах по показанию секундомера.

15.4.26 Результаты измерения скорости в каждой точке записывают в соответствующих графах раздела «Измерения на скоростных вертикалях» КГ–ЗМ(н).

15.5 Особенности измерения расходов воды при различных условиях

15.5.1 При зарастании русла

15.5.1.1 На реках с зарастающим руслом на 3–5 м выше и ниже гидрометрического створа по всей ширине реки выкашивают водную растительность, чтобы она не мешала работе вертушки и можно было правильно измерить площадь живого сечения реки и скорость течения. В несколько большей полосе расчищают берега от кустарника и высокой травяной растительности.

Наблюдатель должен своевременно удалять водную растительность на участке гидрометрического створа по мере ее подрастания после первого выкашивания.

Скорость течения по глубине вертикали измеряют в трех точках: на 0,15, 0,5 и 0,85 глубины вертикали (основной способ).

При глубине вертикали меньше 40 см скорость измеряют в одной точке – на 0,5

глубины.

Учитывая возможность наматывания травы на лопастный винт, вертушку во время работы следует чаще осматривать и очищать, а при измерении в точке более внимательно следить за равномерностью поступления сигналов.

15.5.2 При ледоставе

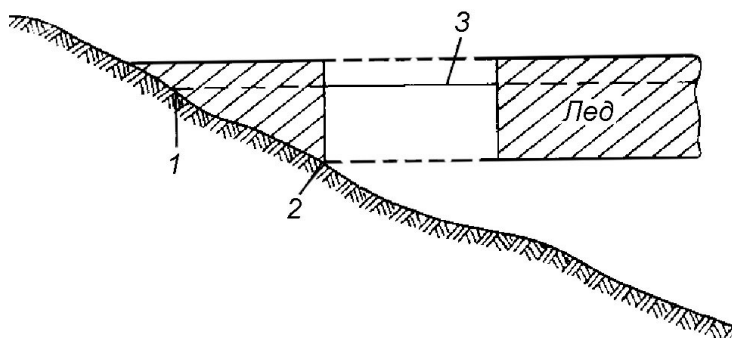
15.5.2.1 Работать со льда можно производить при толщине льда не менее 10 см и при условии, что температура воздуха будет не выше -5°C .

При толщине льда меньше 10 см, независимо от температуры – воздуха, а также при температуре выше -5°C и при большой толщине льда следует принять меры предосторожности согласно правилам охраны труда.

15.5.2.2 Всю полосу гидроствора для удобства передвижения расчищают от нагромождения льдин (при наличии торосов). При крутых берегах на спуске к реке делают ступеньки и поручни. Расчищать гидроствор от снега не следует во избежание более интенсивного нарастания льда. Расчищают гидроствор от снега только по особому указанию сетевого гидрологического подразделения в тех случаях, когда требуется искусственно стеснить живое сечение реки подо льдом для повышения скорости течения.

15.5.2.3 Положение промерных и скоростных вертикалей намечают прямо на льду с измерением расстояний от постоянного начала мерной лентой или рулеткой.

На каждой вертикали пробивают лунки продолговатой формы, небольшого размера, достаточного для опускания вертушки. Для предохранения от быстрого замерзания лунки следует прикрыть утепленными крышками.



1 – урез воды (определяется по профилю); 2 – урез нижней поверхности льда;
3 – уровень воды в лунке

Рисунок 15.8 – Урез воды и нижней поверхности льда:

Вследствие того, что при ледяном покрове русло реки обычно более устойчиво, чем при открытом русле, в некоторых случаях (по разрешению сетевого гидрологического подразделения) промеры глубин производят через два–три измерения расхода воды. При наличии шуги промеры обязательны при каждом измерении расхода воды.

15.5.2.4 При определении расхода воды подо льдом измеряют расстояния от постоянного начала до уреза нижней поверхности льда, для чего у каждого берега пробивают несколько лунок или устраивают во льду траншею, пока не будет обнаружено место сопряжения нижней поверхности льда с откосом берега. Урез поверхности воды определяют по профилю. Схема уреза воды и нижней поверхности льда приведена на рисунке 15.8.

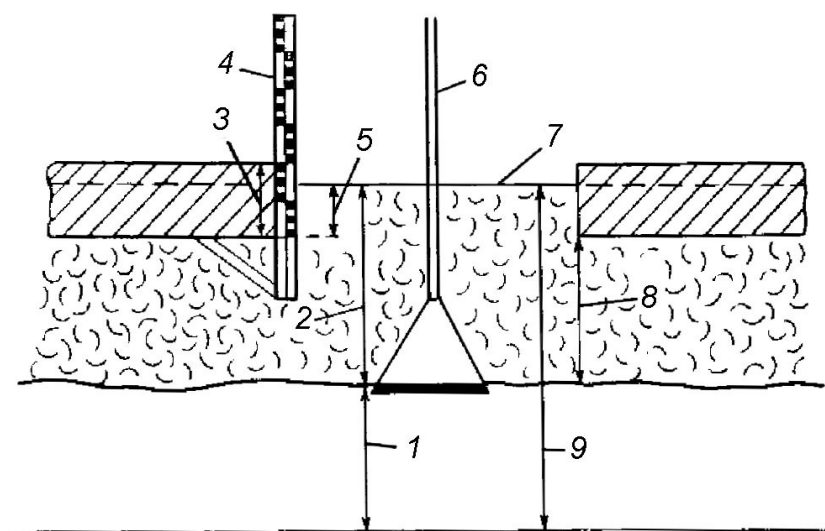
При промерах глубин со льда на всех промерных вертикалях измеряют глубину погружения льда и слоя шуги, согласно рисунку 15.9. Толщину льда измеряют и

записывают с точностью отсчета до 1 см, а толщину шуги с округлением до 10 см. Запись промеров при наличии ледяного покрова производят в КГ–3М(н) в разделе «Промеры».

В случае весьма неравномерного распределения шуги в гидрометрическом створе наблюдатель должен самостоятельно переместить постоянные или назначить дополнительные скоростные вертикали так, чтобы измерениями скоростей были охвачены все обособленные части потока.

При измерении скорости течения штангу или трос, на котором подвешена вертушка, подводят вплотную к верховой по течению стенке лунки так, чтобы лопастный винт вертушки находился подо льдом, как показано на рисунке 15.10.

Скорость течения подо льдом основным способом измеряют в трех точках: на 0,15, 0,5 и 0,85 рабочей глубины. Здесь рабочей глубиной является расстояние по вертикали от дна до нижней поверхности льда, а при наличии подо льдом шуги – до нижней поверхности шуги.



1 – рабочая глубина; 2 – глубина погружения шуги; 3 – толщина льда; 4 – ледемерная рейка; 5 – глубина погружения льда (толщина погруженного льда); 6 – шугомерная рейка; 7 – уровень воды в лунке; 8 – слой шуги; 9 – полная глубина

Рисунок 15.9 – Рабочая глубина вертикали при наличии льда и шуги:

На скоростных вертикалях толщину льда и шуги, так же как и общую глубину, измеряют повторно перед измерением скорости.

При глубине меньше 40 см скорость на вертикали измеряют (основным способом) в одной точке – на 0,5 рабочей глубины. Под ледяным покровом работа вертушками ГР–21М возможна при рабочей глубине не менее 15 см.

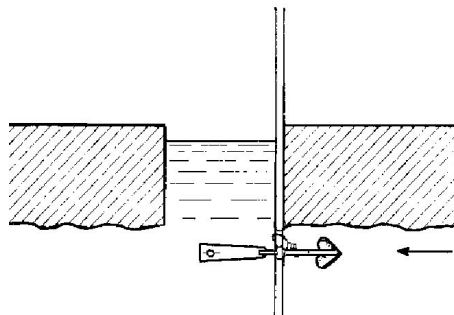


Рисунок 15.10 – Положение вертушки при измерении скорости подо льдом

15.5.2.5 Результаты измерений глубин (полной, погружения льда и шуги, рабочей, погружения вертушки в точках по вертикали) записывают в КГ–ЗМ(н) в разделе «Промеры» и «Измерения на скоростных вертикалях».

Рабочую глубину вычисляют так же, как и при промерах глубин. Расчет глубины погружения вертушки в нужную точку по вертикали производят от значения рабочей глубины.

Глубину погружения вертушки рассчитывают по таблице глубин (обложка КГ–ЗМ(н)), согласно 15.4.22.

15.5.2.6 Зимой при сильных морозах во избежание обмерзания прибора допускается работать со льда вертушкой, не закрепленной на штанге зажимными винтами (когда она может свободно вращаться вокруг штанги). В этом случае к вертушке прикрепляют хвост, устанавливающий ее по направлению течения. При измерении скорости корпус вертушки поддерживают на нужной глубине электрическим проводом. Такой способ устраняет необходимость извлекать прибор из потока и переставлять его на штанге при переходе с одной точки вертикали на другую. При этом наблюдателю нужно следить за тем, чтобы провод был натянут, ось вертушки находилась на требуемой глубине.

Чтобы вертушка при извлечении из воды не обмерзла, необходимо опускать ее в ведро с водой, взятой из лунки сразу же после окончания измерения скорости на данной вертикали, или обернуть теплым материалом. Если эти меры не предохранили вертушку от обмерзания, ее следует погрузить в приготовленную заранее лунку следующей вертикали примерно в точку 0,5 глубины. Через несколько минут образовавшийся лед растает. Ни в коем случае нельзя скалывать лед с вертушки и с силой поворачивать ее лопастный винт. Перед измерением расхода штангу смазывают тонким слоем солидола.

15.5.3 Вода течет поверх льда

15.5.3.1 В тех случаях, когда вода течет поверх льда, расходы воды измеряют отдельно подо льдом и поверх льда. Для измерения расхода воды подо льдом обычно используют лунки, которые были сделаны до появления воды поверх льда. Промеры глубин подо льдом в этих случаях не производят. Для вычисления площади водного сечения используют данные по предыдущему промеру со срезкой на разницу в рабочих глубинах на основании измерения их на скоростных вертикалях. Скорости течения подо льдом при невозможности измерить их в трех точках, учитывая большие трудности в работе, измеряют в одной точке – на 0,5 рабочей глубины вертикали.

При измерении расхода воды поверх льда обязательно измерять глубину от поверхности воды до верхней поверхности затопленного льда. Скоростные вертикали назначают или в местах расположения постоянных вертикалей, или через равные расстояния – всего по ширине реки не менее пяти–шести вертикалей.

Скорости течения воды поверх льда измеряют так же, как и при свободном ото льда русле, в зависимости от возможности в двух (на 0,2 и 0,8 глубины) или в одной точке (на 0,6 глубины вертикали).

В случае образования на гидростворе двух или нескольких ярусов ледяного покрова измерения расходов воды следует перенести в другое место (выше или ниже створа), где ледяной покров однослойный. Измеренные расходы воды относят к уровням воды, измеренным на основном гидрологическом посту.

Если расход воды измерялся поверх ледяного покрова, в разделе «Принятые данные» КГ–ЗМ(н) записывают суммарное значение расхода воды подо льдом и поверх льда.

Если зимой стока в реке не было и русло занесено снегом, следует заранее, до начала половодья, подготовить гидроствор к измерениям. Для этого в наиболее

низком месте русла в снегу прокапывают канавку шириной 0,5–1,0 м и длиной не менее 20 м, по которой мог бы пойти первый весенний поток. Паводочные измерения начинают в таком искусственном снежном русле, которое постепенно разрабатывается текущей водой.

15.5.4 При малых скоростях течения

15.5.4.1 Измерение малых скоростей с достаточной точностью может быть выполнено вертушками (при скоростях не меньше 0,08 м/с) при обязательном условии, что они будут перед каждым измерением расхода проверены по способу выбега.

При скоростях течения меньше предельных (0,08 м/с) следует применять глубинный поплавок. Образец глубинного поплавка приведен на рисунке 15.11.

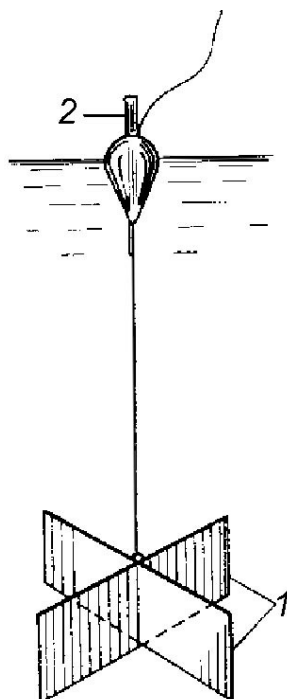
Если по всей ширине реки скорость течения вообще не превышает 0,15 м/с, целесообразно измерять скорости течения на всех скоростных вертикалях глубинным поплавком.

Применение глубинных поплавков допустимо только в тихую безветренную погоду.

При небольшой толщине льда (до 30 см) глубинный поплавок можно применять и для измерения скорости под ледяным покровом.

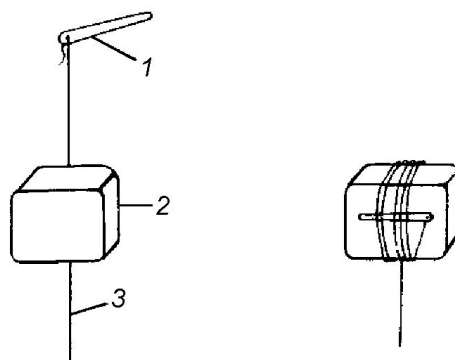
15.5.4.2 Глубинный поплавок состоит из двух соединенных между собой тонкой капроновой нитью поплавков: маленького (поверхностного) и большого (глубинного), погружаемого на определенную глубину. Поверхностный поплавок является указателем, по которому наблюдают скорость передвижения глубинного поплавка.

Поверхностный поплавок должен быть по размерам в 4–5 раз меньше нижнего, глубинного поплавка. Размеры и масса обоих поплавков подбирают с таким расчетом, чтобы нижний поплавок, опущенный в воду, медленно тонул, а поверхностный поплавок имел бы достаточную плавучесть для поддержания глубинного поплавка на постоянной глубине.



1 – пластмассовые пластинки; 2 – деревянная шпилька

Рисунок 15.11 – Глубинный поплавок



1 – пластинка; верхний поплавок; 3 – нить

Рисунок 15.12 – Способ крепления нити на поверхностном поплавке

Нижний поплавок делают из соединенных накрест и склеенных специальным клеем пластмассовых пластинок. Можно также применять для нижнего поплавка деревянный проваренный в олифе шарик, диаметром 4–5 см, или небольшой стеклянный пузырек. Массу нижнего поплавка регулируют путем набивки в шарик мелких гвоздей либо загрузкой пузырька песком или водой. Поверхностный поплавок делают из пенопласта или обычной пробки.

Глубину погружения нижнего поплавка регулируют длиной нити; после установки на нужную глубину остаток нити наматывают на верхний поплавок и закрепляют пластмассовой пластиной, закладываемой под витки нити, как показано на рисунке 15.12. Можно также зажимать нить в поверхностном поплавке с помощью деревянной шпильки.

Створы для определения расстояния, пройденного глубинным поплавком, устраивают из трех горизонтальных реек, расположенных на рабочем судне (лодке) или на поверхности ледяного покрова параллельно через 1 м, как показано на рисунке 15.13. Для удобства работы рейки–створы рекомендуется связать в жесткую раму двумя поперечными планками.

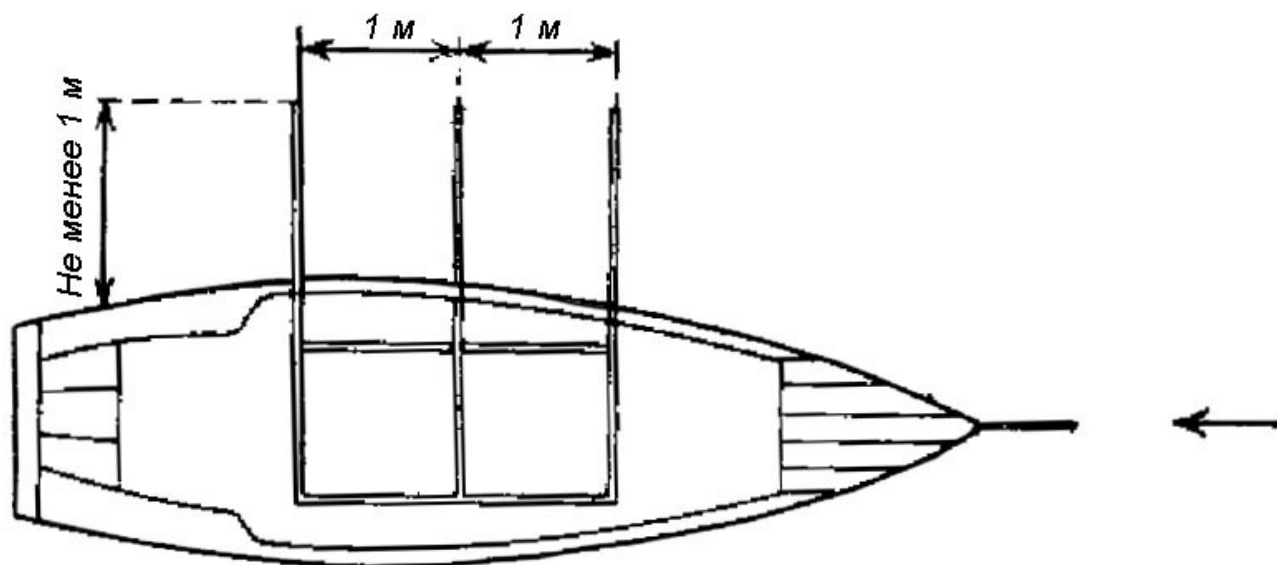
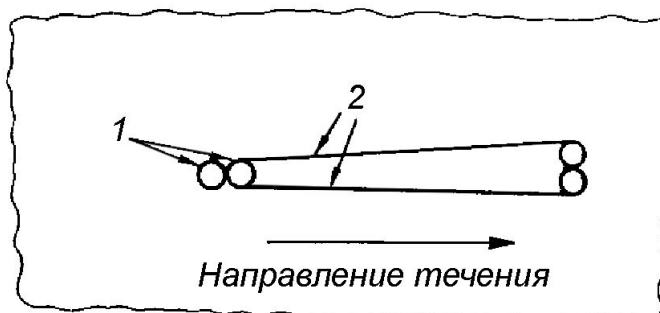


Рисунок 15.13 – Устройство створов из реек для измерения скоростей глубинным поплавком



1 – скважины ледового бура; 2 – прорезь

Рисунок 15.14 – Устройство щели в ледяном покрове для пуска глубинных поплавков



Рисунок 15.15 – Крючок для вылавливания глубинных поплавков

15.5.4.3 Измерение скоростей течения в определенной точке по глубине производят на каждой вертикали в следующем порядке и с соблюдением следующих правил:

а) Рейки–створы устанавливают на вертикали так, чтобы они были перпендикулярны направлению течения.

б) Пуск поплавка производят при помощи шеста на расстоянии около 0,5 м выше верхнего створа. При работе с лодки поплавков следует пускать так, чтобы он проходил мимо лодки не ближе 1 м от ее борта.

Для извлечения поплавка из воды удобно применять крючок из проволоки, который приведен на рисунке 15.15, укрепленной на деревянном шесте; при вылавливании поплавка его нить заклинивают в крючке.

в) При небольшой толщине льда (менее 0,3 м) измерение скорости течения глубинными поплавками возможно и при ледоставе. Для этой цели на каждой скоростной вертикали во льду вырезают щели длиной 1,3–1,6 м, шириной 5–7 см в верхнем конце и не менее 15 см в нижнем, как показано на рисунке 15.14. Их направление в плане должно совпадать с направлением течения. Щели делают с помощью ледового бура и обычной поперечной пилы. Сперва в верхнем конце намеченной щели буром просверливают отверстие таких размеров, чтобы в него вошла пила, затем делают ею продольные прорезы во льду. После этого с помощью бура отталкивают монолит льда и удаляют его из щели.

г) В момент прохождения поверхностного поплавка – указателя через верхний створ включают секундомер. При продолжительности хода поплавка – указателя между верхним и нижним створами более 20 с секундомер останавливают в момент прохождения поплавка через средний створ и наблюдение прекращают. В этом случае записывают продолжительность хода поплавка между верхним и средним створами, т. е. на расстоянии 1 м. Если продолжительность хода поплавка между первыми двумя створами меньше 20 с, наблюдения продолжают до достижения поплавком нижнего створа, и записывают продолжительность его хода между верхним и нижним створами, т. е. на расстоянии 2 м.

д) В каждой точке по глубине вертикали поплавков пускают не менее трех раз. Крайние величины продолжительности хода поплавка при трехкратной повторности не должны отличаться друг от друга более чем на 10 %. При большей разнице поплавков пускают еще два раза.

е) Скорости течения измеряются в следующих точках по глубине:

1) при свободном русле: глубина вертикали менее 0,5 м – в одной точке (на 0,6h), глубина вертикали более 0,5 м – в двух точках (на 0,2h и 0,8h);

2) при заросшем русле (участок створа должен быть выкошен) и при ледяном покрове: глубина вертикали менее 0,5 м – в одной точке (на 0,5h); глубина вертикали более 0,5 м – в трех точках (на 0,15h; 0,5h и 0,85h). При ледяном покрове в расчет берется рабочая глубина (от нижней поверхности льда до дна).

ж) Данные измерений на каждой вертикали записывают в книжке расхода с изменением названия граф по следующей форме, приведенной в таблице 15.3.

Таблица 15.3

Расстояние между створами, м	Продолжительность хода поплавков, сек								Средняя	Скорость, м/с
	1	2	3	4	5	6	7	8		
1	23	25	22	23					23	0,04

Скорость в точке вычисляют путем деления расстояния между створами (т. е. 1 или 2 м) на продолжительность хода поплавка в секундах; записывают с округлением до 0,01 м/с; в нашем примере 1:24–0,04 м/с.

к) При обследовании береговых участков для определения границы мертвого пространства нижний поплавок укрепляют на 20–30 см ниже поверхности воды, а при глубине менее 30 см – на 0,5 глубины.

При определении границ мертвого пространства нулевая скорость течения принимают там, где опущенный в воду поплавок стоит неподвижно, движется в обратную сторону или по кругу.

15.5.5 Малые расходы воды

15.5.5.1 Измерение скоростей течения вертушкой возможно при наличии достаточной для ее погружения глубины.

Для вертушек ГР–21 и ГР–21М предельно малой глубиной является 10 см, причем в этих случаях часть лопастного винта будет находиться над поверхностью воды, что для указанных вертушек может быть допущено. Для вертушек типа ГР–55 и ГР–99 предельно малой глубиной является 6 см.

При измерении расхода в условиях небольших глубин обязательна расчистка дна (со дна должны быть убраны камни, топляки и т. п., чтобы поверхность дна в полосе на 10 м выше и ниже гидроствора была ровной).

15.5.5.2 В тех случаях, когда река в межень превращается в небольшой ручей с глубинами, недоступными для измерения скоростей течения вертушками, русло на протяжении не менее десятикратной его ширины обязательно должно быть упорядочено. Для этой цели русло на всем протяжении участка сужают и спрямляют, берега планируют, дно тщательно расчищают, чтобы оно было ровным, без выступающих камней и карчей и без промоин, т. е. фактически этот участок реки превращают в канал, в котором создают условия, позволяющие измерять скорости течения вертушкой. Измерение расходов воды в таком канализованном русле можно допустить при условии, что ширина его по дну будет не меньше 0,5 м, глубины не менее 0,20 м и скорости течения не менее 0,15 м/с, т. е. при расходах воды порядка 0,020 м³/с.

Промеры глубин канализованного русла производят переносной водомерной рейкой через 10 см по ширине. Прибрежные скоростные вертикали назначают так, чтобы лопастный винт вертушки отстоял от откоса берега не менее чем на 10 см. В средней части канала назначают три вертикали через равные расстояния. Измерение скорости при глубине на вертикалях свыше 35 см производят в двух

точках (на 0,2 и 0,8 рабочей глубины), при меньших глубинах – в одной точке (на 0,6 глубины).

При дальнейшем уменьшении расходов воды, когда искусственные мероприятия по упорядочению русла не достигают цели, т. е. когда расход воды становится настолько малым, что измерить его вертушкой нельзя, применяют переносный водослив или измерения ведут объемным способом.

15.5.6 При косоструйном течении

15.5.6.1 Косина струй менее 10° вызывает небольшую (около 1,5 %) погрешность измерения расхода воды и ее не учитывают.

При косине струй более 10° (что определяют визуально), кроме величины скорости, следует измерять направление течения. Последнее с глубиной может изменяться, поэтому направления течений по возможности измеряют на всех точках по глубине вертикали при первых пяти – десяти измерениях на данном гидростворе. Если первые измерения покажут, что направление течения постоянно (в пределах 5°) по всей глубине вертикали, в дальнейшем можно ограничиться измерением направления течения только на поверхности воды;

15.5.6.2 Для измерения направления течения применяют вертушку на бифилярном подвесе (ГР-6); методика работы с ним дана в инструкции по эксплуатации, прилагаемой к прибору. На равнинных реках при скоростях течения до 1 м/с для измерения направлений течений по глубине вертикали применяют измеритель течений ГР-42. При отсутствии указанных приборов или невозможности их применения (из-за малых глубин или больших скоростей течения) приближенно угол косины можно оценить, применяя привязной поплавков (бутылка, закрытая пробкой на капроновом шнуре, длинный тонкий шест и т. д.); Определение расхода воды с измерением направления течений при работе вертушкой с троса выполняет инженер или техник сетевого гидрологического подразделения при участии наблюдателя.

15.5.6.3 В случае крепления вертушки на штанге (наиболее целесообразный способ крепления) косоструйность течений не определяют, так как вертушки ГР-21М снабжены компонентными лопастными винтами. Последние учитывают косоструйность до 40° (т. е. дают значение проекции скорости на ось А вертушки) с погрешностью не более 5 % (при условии установки оси вертушки в каждой точке по глубине вертикали перпендикулярно направлению гидроствора). Вертушку, снабженную хвостом, закрепляют на штанге неподвижно зажимными винтами. Сверху на штангу надевают указатель и закрепляют параллельно оси вертушки. После этого опускают штангу с вертушкой в нужную точку, упирая штангу в дно. Вертушке при помощи хвоста дают развернуться (вместе со штангой, на которой она закреплена) по направлению течения; последнее измеряют с точностью отсчета до 1° при помощи указателя, расположенного над транспортиром.

15.5.7 При деформации русла

15.5.7.1 В случае возникновения (вследствие плановой деформации русла на участке гидроствора) косины струй более 10° следует поступать согласно 15.5.6 или изменить направление гидроствора так, чтобы оно было опять перпендикулярно общему направлению течения.

15.5.7.2 На больших реках с интенсивной деформацией русла, когда последняя существенна даже за период измерения расхода воды, промеры глубин по гидроствору в половодье производят дважды при каждом измерении расхода воды до и после измерения скоростей течения (каждый раз одним ходом).

При необходимости по данным обоих промеров вычерчивают осредненный

профиль гидроствора путем плавного осреднения всех точек измеренных глубин по первому и второму промерам.

При промерах глубин с гидрометрического мостика или по разметочному канату переправы значения глубин по первому и второму ходам осредняют (при одном и том же расстоянии от постоянного начала).

Учитывая более надежную (по сравнению с промерными ходами) створность при установке рабочего судна на скоростные вертикали, измеренные глубины последних следует принять опорными при построении поперечного профиля гидроствора. При этом для больших рек могут быть рекомендованы горизонтальные масштабы 1:5000; 1:2000 и в некоторых случаях 1:1000.

Если при построении профиля гидроствора будет обнаружено систематическое отклонение глубин, измеренных на скоростных вертикалях, от осредненного профиля, необходимо выяснить причину этого; при этом следует проверить исправность счетчика на гидрометрической лебедке, а также провести контрольное тарирование эхолота.

15.5.7.3 Промеры глубин на больших реках с деформирующимся руслом производят эхолотом. При его отсутствии должно быть определено оптимальное число промерных вертикалей в гидростворе при разных фазах режима реки (половодье, межень, ледостав).

15.5.7.4 При очень резкой деформации русла, когда данный участок реки для точного учета стока становится вообще непригодным, гидроствор переносят на новое место, более удобное для измерений.

15.5.7.5 В случае заметной деформации русла, в результате которой изменилась форма поперечного профиля, выясняют, насколько ранее принятое расположение скоростных вертикалей соответствует изменившейся форме русла. В случае значительного несоответствия местоположение скоростных вертикалей изменяют. Кроме того, основанием для перемещения скоростных вертикалей (или для назначения дополнительных вертикалей) является наличие резких переломов в форме эпюры распределения скоростей течения по ширине реки;

- при интенсивной деформации русла расположение скоростных вертикалей по ширине реки при необходимости изменяют перед каждым измерением расхода воды;

- при интенсивной деформации русла общее число скоростных вертикалей для каждого створа должно быть оптимальным, т. е. таким, чтобы погрешность в определении расхода находилась в допустимых пределах. При этом обязательным условием является наличие на динамической оси потока (на стрежне реки) скоростной вертикали;

- в период половодья (паводка) расходы воды должны быть измерены на всех характерных фазах паводочной волны (устойчивый уровень, подъем, пик, спад). Во избежание пропуска наибольшего расхода на пике половодья (паводка) следует производить учащенные измерения расходов воды при наступлении высших уровней (т. е. после начала устойчивого спада) ежедневно или через 1–2 дня. Следует иметь в виду, что максимальный расход при прохождении паводочной волны наступает, как правило, с некоторым сдвигом во времени по отношению к наступлению максимального уровня;

- измерение скорости течения в точках вертикали ведут от дна к поверхности воды (при основном способе сначала в точке $0,8h$, а затем в точке $0,2h$) сразу же после измерения рабочей глубины вертикали и расчета глубин погружения вертушки. При несоблюдении этого условия при повторном погружении штанги (груза) в одно и то же место вокруг последних может образоваться размыв, который отразится на распределении и точности измерения скоростей.

15.6 Измерение расходов воды с дорожных мостов

15.6.1 Многие мосты представляют собой хорошие измерительные сооружения и их целесообразно использовать для измерения скоростей течения вертушками (как с троса, так и со штанги). Измерение расходов воды с мостов имеет ряд преимуществ перед измерениями с применением плавсредств (лодок, катеров и др.), из которых главными являются: более высокая точность измерений (при учете угла отбоя троса от вертикали и косоуструйности течений), удобство и безопасность производства работ. При наличии поймы полный расход воды более удобно измерять с шоссеиного или железнодорожного моста. При выборе моста предпочтение следует отдавать тем из них, у которых ось моста расположена перпендикулярно направлению течения реки. В тех мостовых сечениях, где поток воды отличается наличием сильных турбулентных зон (как выше, так и ниже моста), производить измерение расхода с мостов не следует.

15.6.2 При измерении расходов воды с моста нельзя дать рекомендацию для выбора верховой или низовой стороны моста. Выбор той или другой стороны моста производят индивидуально для каждого моста.

Преимущества использования верховой стороны моста:

- более благоприятные гидравлические характеристики потока;
- направление скоростей подхода может быть определено визуально;
- дно потока не подвергается размыву (деформации) так сильно, как с низовой стороны моста;
- возможность следить за плывущими по реке предметами;

Преимущества использования низовой стороны моста:

- не требуется измерять косоуструйность течений, так как струи потока упорядочиваются границами мостового отверстия (опоры и береговые устои моста) и их течение становится близким к параллельному;
- измерение угла отбоя каната течением осуществляется легче, чем с верховой стороны.

Кроме того, необходимо учитывать интенсивность движения по мосту транспорта и ширину тротуара для пешеходов.

Если русло реки под мостом загромождено крупными валунами (или оставшимися от строительства сваями или шпунтом), которые не могут быть расчищены и удалены, а также при больших размывах дна, мост непригоден для измерения расходов воды.

15.6.3 Для измерения расходов воды с мостов необходимо иметь специальные лебедки с большим выносом стрелы для подъема и опускания гидрометрических грузов (массой до 100 кг) и исключающей задевание прибора за перила моста. Из имеющегося оборудования для этой цели можно рекомендовать использование гидрометрической лебедки с поворотной стрелой (ГР-36), которая устанавливается и прочно закрепляется на прицепе автомашины (ГАЗ-69). Для доставки этого комплекта оборудования на место работы и обратно на станцию после измерения расхода требуется автомашина.

15.6.4 Для измерения расходов воды с моста необходимо заранее (при съемке поперечного профиля при низкой воде) определить положение мостовых опор (быков) от постоянного начала, расстояние между ними (ширину пролетов в свету), ширину мостовых опор, положение береговых устоев от постоянного начала, положение дорожных насыпей и другие данные.

В случае многопролетного моста каждый пролет следует, рассматривать как отдельное русло (протоку). В каждом мостовом пролете назначают не менее трех скоростных вертикалей. Одна из них должна быть расположена в середине пролета моста, а две – вблизи стенок мостовых опор (или у стенки берегового устоя), но не ближе чем в 0,5–1 м от них и обязательно вне зоны завихрения струй, вызываемых

обтеканием их стенок.

15.6.5 В случае измерения расхода воды с установки ГР-70М, расположенной в непосредственной близости от моста (2–5 м от него), следует дополнительно назначать скоростные вертикали перед устоями моста, а не только в пролетах между ними.

15.6.6 При промерах глубин с моста, измерении скоростей и обработке расхода воды применяют те же методы, что и при работе с люлечной переправы или гидрометрического мостика.

15.6.7 При измерении расхода воды с моста по правилам техники безопасности нельзя крепить оборудование и приспособления за перила моста [10].

15.7 Измерение расходов воды вертушкой с гидрометрических дистанционных установок (ГР–70)

15.7.1 ГР–70 предназначена для измерений расходов воды и отбора проб воды на мутность непосредственно с берега. Она обеспечивает удобство и безопасность работы наблюдателя, что позволяет вести измерения при плохих погодных и гидрологических условиях.

При выполнении работ наблюдатель находится в кабине установки у пульта управления, а вертушка с гидрометрическим грузом перемещается по гидроствору с помощью системы тросов. Последняя позволяет опускать вертушку в назначенные вертикали на заданную глубину. В случае взятия проб на мутность вместо вертушки на тросе подвешивается батометр.

Путем применения более совершенного оборудования и методики измерений эти установки позволяют повысить точность измерений. Измерения расходов в гидростворах, оборудованных ГР–70, производят обычным точечным способом (основным и детальным).

15.7.2 ГР–70 имеет инструментальные ошибки, поэтому в измеренные глубины по гидроствору необходимо вводить инструментальные поправки. Величина поправки указана в заводской инструкции по эксплуатации, однако на месте монтажа установки в зависимости от фактической величины стрелы провеса несущего троса она может значительно изменяться. Проверка величины инструментальной поправки ГР–70 должна быть выполнена в натурных условиях инженером сетевого гидрологического подразделения. Проверенные величины поправок сообщают наблюдателю. Без проверки величин инструментальных поправок вводить последние в измеренные глубины нельзя (во избежание значительных ошибок в расходах воды).

Прежде чем приступить к самостоятельной работе на ГР–70 наблюдатель обязательно должен пройти стажировку по работе на ней под руководством специалиста сетевого гидрологического подразделения [10]. Чтобы правильно работать на ГР–70 и для предупреждения несчастных случаев работающий обязан изучить:

- правила по эксплуатации ГР–70;
- правила по охране труда при производстве наблюдений и работ в системе государственной гидрометеорологической службы Республики Беларусь.

15.7.3 Перед каждым измерением расхода воды тщательно осматривают состояние всего оборудования гидрометрического створа в отношении безопасности производства работ; кроме того, проверяют исправность гидрометрической вертушки, ее электрической сигнализации и контактного устройства. Вертушки ГР–21М перед каждым измерением расхода воды при скоростях течения меньше 0,5 м/с после проверки вращения лопастного винта от дуновения обязательно испытывают по способу выбега.

15.7.4 Назначение числа промерных и скоростных вертикалей в гидростворе,

числа точек на скоростных вертикалях, время выдержки вертушки в точке, обработку измеренного расхода воды производят в полном соответствии с требованиями изложенными в 15.3–15.4.

15.7.5 Измерения расходов воды ГР–70 производят двумя способами:

- точечным (основным и детальным);
- интеграционным по вертикалям с помощью ГР–101.

15.7.6 При монтаже и в процессе эксплуатации ГР–70 необходимо строго следить за тем, чтобы стрела провеса несущего троса точно соответствовала проектной величине пролета (100 м), т. е. должна составлять $\frac{1}{80}$ пролета ($\frac{100}{80}=1,25$ м).

Для контроля правильности натяжения несущего троса необходимо:

- на обеих опорах отмерить от несущего троса вниз и сделать масляной краской отметки расчетных величин стрел провеса несущего троса (1,25м);
- на середину пролета вывести каретку с гидрометрическим грузом (ГР-70 –50 кг);
- провизировать на глаз линию, соединяющую метки на опорах, при этом точка максимального провеса троса должна находиться на линии визирования. Если этого не будет соблюдено и точка наибольшего провеса будет лежать выше (ниже) линии визирования, то действуя талрепом наблюдатель должен ослабить (подтянуть) трос, пока наиболее низкая точка не окажется на визирной линии.

При вводе в эксплуатацию установки этот контроль должен осуществлять наблюдатель под руководством специалиста сетевого гидрологического подразделения, в дальнейшем – самостоятельно, причем не реже одного раза в месяц.

Только при соблюдении указанных правил по контролю за величиной стрелы провеса несущего троса указанные в инструкциях по эксплуатации инструментальные поправки к измеренной с установок глубине будут иметь силу.

15.7.7 В процессе ознакомления с работой ГР–70 необходимо запомнить в первую очередь следующие положения:

- для перемещения гидрометрического груза вперед (от кабины) нужно соединить (сцепить) шестерни второй ручкой, которая выходит из прорези планки; повернуть на небольшой угол рукоятку лебедки по часовой стрелке (от себя); поднять первую ручку (во всех случаях до упора) сначала вверх, затем вперед и опустить вниз. Вращением рукоятки лебедки против часовой стрелки (на себя) груз будет легко перемещаться вперед;
- для перемещения груза назад (к кабине) нужно оставить сцепленными шестерни; повернуть на небольшой угол против часовой стрелки (на себя) рукоятку лебедки; поднять вверх до упора первую ручку и перевести ее назад (на себя) до упора и опустить вниз до упора;
- для перемещения груза вверх и вниз нужно первую ручку поднять вверх до упора, переместить ее в среднее положение так, чтобы прорезь в планке совпала со второй ручкой и опустить вниз до упора. Затем медленно поворачивая по часовой стрелке рукоятку лебедки нажимая слева направо на вторую ручку разъединить шестерни.

После этого вращением рукоятки лебедки можно поднять или опустить груз; при этом обе «собачки» должны находиться на храповиках (должны быть опущены).

Запрещается снимать руку с приводной рукоятки при любой поднятой «собачке».

15.7.8 Перед каждым измерением расхода воды необходимо произвести подготовку и проверку исправности ГР–70. Для этого снять ставни переднего и бокового окон, снять крепление каретки к кабине, поднять гидрометрический груз из металлического ящика и переместить его на некоторое расстояние вперед. На пульте управления включить тумблер «Генератор» (при этом должна загореться

сигнальная лампа «Генератор», а вольтметр – показывать напряжение батареи). Включить тумблер «Поверхность» и опустить груз на землю до сработки донного контакта (при этом должны загореться сигнальные лампы «Дно» и «Поверхность»). Поднять груз с земли (при этом обе лампы должны погаснуть).

На пульте управления включить тумблер «Вертушка» и счетчик числа оборотов (контактов) вертушки. Замыкая вертушечный провод, выходящий из делителя, на корпус груза, проверить световой и звуковой сигналы, а также счетчик числа контактов вертушки. После проверки на пульте управления выключить тумблеры «Вертушка» и «Генератор».

Затем груз подвести и точно совместить с постоянным началом гидрометрического створа, при этом показания счетчика сбросить на нуль (верхний счетчик). В дальнейшей работе следует сохранять его показания. Контроль за показаниями верхнего счетчика производят при каждом измерении расхода воды в начале и конце работы.

Далее груз следует перевести к урезу воды, включить на пульте тумблеры «Генератор» и «Поверхность», опустить груз до соприкосновения с поверхностью воды (при этом должна загореться сигнальная лампа «Поверхность»). Приподнять груз над водой (в момент отрыва груза от поверхности воды должна погаснуть сигнальная лампа «Поверхность»). После этого на пульте включить тумблер «Генератор».

При проверке ГР–70 и при измерении скоростей течения воды следует помнить, что счетчик числа оборотов вертушки включен в работу только при совмещении рисков, нанесенных на указателе включения и его крышке. При этом положении указателя секундомер также должен работать. Во всех других положениях указателя счетчик оборотов и секундомер выключены

15.7.9 Измерения расхода воды производят в следующем порядке:

- проводят наблюдения за уровнем воды на основном посту (гидростворе) и записывают в КГ–ЗМ(н) дату, время и величину уровня;
- делают запись о состоянии реки и обстановке работ (в КГ–ЗМ(н));
- подвешенный на тросе гидрометрический груз подводят точно к постоянному началу и сбрасывают показания счетчика горизонтальных расстояний (верхнего) на нуль (в дальнейшем его показания не сбрасывают);
- гидрометрический груз подвести и установить точно над урезом воды, в КГ–ЗМ(н) записать показания счетчика (верхнего) – расстояние от постоянного начала до уреза воды и время начала промеров глубин;
- груз перевести на первую промерную вертикаль, определяемую по счетчику горизонтальных расстояний (верхнему);
- груз поднять на 0,5–1,0 м над водой и на пульте управления включить тумблеры «Генератор» и «Поверхность»;
- груз опустить на поверхность воды, где срабатывает поверхностный контакт, определяемый по зажиганию сигнальной лампы «Поверхность». Показания счетчика глубин (нижнего) сбросить на нуль;
- на пульте выключить тумблер «Поверхность» и груз опустить на дно. В момент касания грузом дна должна загореться сигнальная лампа «Дно»;
- произвести отсчет по счетчику глубины (нижнему), записать измеренную глубину в КГ–ЗМ(н) и поднять груз из воды. При отрыве груза от дна должна погаснуть сигнальная лампа «Дно»;
- груз перевести на следующую промерную вертикаль и произвести измерения глубин в указанной последовательности.

После окончания промеров глубины по створу в КГ–ЗМ(н) записать время их окончания. На пульте выключить тумблер «Генератор», а груз подвести к кабине, предварительно проверив показания счетчика горизонтальных расстояний

(верхнего) по постоянному началу;

- перед измерением скоростей течения воды на кронштейн (или носовой штырь) груза закрепить гидрометрическую вертушку; на ее изолированную клемму одеть резиновый колпачок и вместо стандартного винта ввернуть винт с пластмассовой головкой (прилагается к комплекту установки). Подключить сигнальный провод от делителя. На пульте управления включить тумблеры «Генератор» и «Вертушка», а также счетчик числа контактов и конденсатор соответственно скорости. Вращением лопастного винта проверить работу контактного устройства вертушки по зажиганию сигнальной лампы «Вертушка». Переместить груз на первую от берега скоростную вертикаль, определяемую по счетчику горизонтальных расстояний (верхнему);

- перед измерением скорости на каждой вертикали измерить рабочую глубину. Груз установить на 0,5 м над водой, на пульте включить тумблер «Поверхность» и опустить на поверхность воды до сработки поверхностного контакта. Показания счетчика глубин (нижнего) сбросить на нуль. На пульте выключить тумблер «Поверхность» и груз опустить на дно. После загорания лампы «Дно» записать в книжку расхода показания счетчика глубин. Груз поднять несколько выше поверхности воды. Произвести расчет глубин погружения вертушки в точки 0,2 и 0,8 рабочей глубины. Для этого из рабочей глубины сначала вычесть инструментальную поправку установки (определена специалистом подразделения) и полученное значение глубины рассчитать по таблице глубин, напечатанной в КГ–ЗМ(н);

Пример – Измеренная глубина 220 см; инструментальная поправка равна –6 см; рабочая глубина $220 - 6 = 214$ см; точке 0,2 Н будет соответствовать 43 см, а точке 0,8 (г– 172 см от поверхности воды.

- опустить груз до совпадения оси вертушки с поверхностью воды. Показания счетчика глубин (нижнего) сбросить на нуль. Опустить груз с вертушкой в расчетную точку скоростной вертикали. По концу сигнала лампы «Вертушка» нажать на рычаг на пульте управления, включающий одновременно секундомер и счетчик оборотов вертушки. Выдержать 100 с и по концу сигнала лампы «Вертушка» нажать на тот же рычаг, останавливая секундомер и счетчик. Показания секундомера и счетчика записать в КГ–ЗМ(н), после чего их показания сбросить на нуль. Для этого еще раз нажать на тот же рычаг и отдельно на кнопку счетчика. Выключить на пульте тумблер «Вертушка».

Переместить груз с вертушкой в следующую расчетную точку вертикали (по счетчику глубин) и произвести измерение скорости в указанной последовательности;

Примечание. В целях экономии расходования электропитания рекомендуется тумблер «Генератор» на пульте управления включать только на время измерения скорости в точке.

- после окончания измерения скорости на всех вертикалях на пульте управления выключить тумблеры «Генератор» и «Вертушка». Груз с вертушкой перевести к кабине, снять вертушку с груза, очистить груз от ила, травы и мусора и положить его в металлический ящик. Закрепить каретку к кабине, ослабить подъемный трос и трос перемещения каретки рукояткой лебедки. Затем следует сделать отсчет уровня воды на основном посту (гидростворе). Записать КГ–ЗМ(н) значение уровня воды после окончания измерения скоростей течения, время наблюдения за уровнем воды и время окончания измерения расхода воды.

15.7.10 В целях сокращения времени измерения расхода воды (при прохождении дождевых паводков, когда подъем и спад уровня воды происходят очень быстро, а также при одновременном измерении расходов воды и взвешенных наносов) можно выполнять гидрометрические работы с ГР–70 в следующей последовательности:

- закрепив вертушку на гидрометрическом грузе и проверив исправность

установки, наблюдатель ходом вперед (от кабины) измеряет глубины и скорости течения на всех скоростных вертикалях, а ходом обратно (к кабине) – измеряет глубины на промерных (промежуточных) вертикалях;

– измерения скорости начинают в точке 0,8 рабочей глубины, т. е. от дна, тем самым сокращая продолжительность измерения;

В этом случае к исправленному значению глубины прибавляют постоянную поправку, определяемую по таблице 15.4.

Таблица 15.4 – Постоянные поправки, применяемые в случаях, когда измерение скоростей течения в точках вертикалей начинается от дна (см)

Тип установки	Масса гидрометрического груза, кг	Способ крепления вертушки		Способ крепления ГР–16	
		на штыре	на кронштейне	на штыре	на кронштейне
ГР–70	25	17	7	–	–
ГР–70	50	17	9	20	12

Пример – Измеренная глубина на вертикали равна 174 см. Инструментальная поправка равна –5 см. Исправленное значение глубины $174 - 5 = 169$ см. По таблице глубин находим, что глубина погружения вертушки в точке 0,8/1 составляет 136 см. Постоянная поправка равна 17 см (работа выполняется на установке ГР–70 с грузом массой 50 кг; вертушка крепится на штыре). Глубина погружения оси вертушки в точке 0,8 Н будет равна $136 + 17 = 153$ см, а в точке 0,2 /г равна $34 + 17 = 51$ см.

Если при работе от дна постоянную поправку с положительным знаком не вводить, то при работе в точке 0,2/г при глубине менее 0,5 м вертушка будет выходить выше поверхности воды.

При глубинах менее 0,5 м и при работе от дна измерения следует производить в точке 0,6 Н, совмещая ось вертушки с поверхностью воды.

Примечание. Для облегчения расчета погружения вертушки и батометра в заданные точки по глубине вертикали сетевому гидрологическому подразделению следует составить специальные таблицы наблюдателю поста для ГР–70 с учетом проверенной ее инструментальной поправки.

15.7.11 ГР–70 позволяют производить измерение расходов воды способом интеграции скорости по отдельным вертикалям при помощи ГР–101. В этом случае возможно применение гидрометрических грузов, входящих в комплект дистанционных установок. Работающему в кабине у пульта необходимо запомнить следующий порядок подключения ГР–101 к ГР–70:

- закрепить вертушку на выносном кронштейне гидрометрического груза;
- провод от штекера, соединенного с изолированной клеммой вертушки, соединить скруткой с проводами, выходящими из делителя груза и предназначенными для соединения с поверхностным контактом и вертушкой. Узел соединения проводов следует надежно обмотать изоляционной лентой;
- токосъемник лебедки ГР–70 и корпус соединить при помощи двух отдельных проводов с клеммами «Вертушка» на измерительном пульте ГР–101. Провода от пульта управления дистанционной установки при этом от токосъемника отключаются.

После подключения ГР–101 ГР–70 следует проверить работоспособность системы.

Для измерения средней скорости течения на вертикали вертушку с грузом следует вывести на скоростную вертикаль и совместить ось вертушки с поверхностью воды. На измерительном пульте ГР–101 включить питание,

установить переключатель режима работ в положение «Скорость», включить метроном, сбросить на нуль показания счетчика оборотов вертушки и секундомера. Переключатель скоростей дистанционной установки установить в положение «10 см/с», сбросить на нуль показания счетчика глубин. Одновременно нажатием на кнопку управления пульта ГР–101 и кнопку «Вниз» пульта ГР–70 включить секундомер, счетчик оборотов и электрический привод лебедки. При достижении грузом дна срабатывает электромагнит измерительного пульта ГР–101. Нажать на кнопку «Стоп» пульта управления ГР–70. Записать показания счетчика оборотов и секундомера в соответствующие графы КГ–3М(н). Для получения значения глубины на вертикали переключатель ГР–101 перевести из положения «Скорость» в положение «Глубина» и приподнять груз ручным приводом до момента прекращения звонка. Снять показание счетчика глубин, прибавить к нему 10 см и записать в книжку расхода. После этого следует поднять груз при помощи электрического (или ручного) привода.

15.8 Сокращенный способ измерения расхода воды по скорости на репрезентативной вертикали и по единичной скорости течения

15.8.1 Одной из целей применения сокращенных способов определения расходов, кроме значительного сокращения затрат рабочего времени, является автоматизация измерения речного стока. Целью дальнейшего усовершенствования метода в этом аспекте является разработка автоматического датчика для записи скорости течения дискретно (например, один раз в день) или непрерывно (на самописец). Следует иметь в виду, что сокращенные методы не смогут найти широкого применения на тех гидрологических постах, где измерения расходов воды ведет наблюдатель. Сокращенные способы неприменимы на зарастающих, зашугованных, некоторых пойменных гидростворах, а также в условиях переменного подпора и косоструйности течений.

15.8.2 Для выяснения возможности перехода на измерение расходов воды по сокращенному способу следует проанализировать не менее 50 измеренных расходов воды (за период до 2 лет), выполненных при устойчивом русле для каждого гидроствора многоточечным (детальным) или основным способами.

Проведение такого анализа определяют тем, что в любом створе может встретиться необходимость весьма быстрых сокращенных измерений (например, в случае работы разъездных гидрометрических отрядов, а в перспективе – для внедрения автоматизации измерения расходов воды).

Анализ заключается в выборе одной постоянной (репрезентативной) скоростной вертикали, расположенной в прибрежной или стрежневой части потока с наибольшей скоростью течения (на динамической оси потока). При этом необходимым условием является устойчивое в течение всего года местоположение репрезентативной вертикали от постоянного начала по всей амплитуде колебаний уровня воды.

При анализе измеренных расходов следует построить вспомогательные графики зависимостей $Q = f(V_p F)$ и $Q = f(V_{0.2} F)$, где V_p и $V_{0.2}$ соответственно средняя скорость на репрезентативной вертикали и единичная скорость в точке 0,2 ее рабочей глубины. Для практического использования выбирают тот вспомогательный график, у которого связь теснее (точки лежат с меньшим разбросом). Эти зависимости выражают прямой линией, за исключением нижней части графика (при малых расходах), где она иногда в виде плавной кривой идет в начало координат (рис.15.16). Это отклонение от линейной зависимости связано с увеличением сопротивления берегов и уменьшением уклонов. Чем ближе наклон линейной зависимости к 45° , тем ближе скорость на репрезентативной вертикали (или единичная скорость в точке 0,2h) к средней скорости в сечении потока. Эти

зависимости, как правило, остаются неизменными для каждого года, а иногда и для ряда лет.

15.8.3 Критерием применимости сокращенных способов является условие, чтобы среднее квадратическое отклонение расходов воды, снятых со вспомогательного графика, в большинстве (3/4) случаев не превышало 5 процентов фактически измеренных расходов при данном уровне воды. Если большие отклонения относятся к группе расходов воды, измеренных при одном и том же состоянии реки, в этот период не следует допускать измерение скорости сокращенным способом на одной вертикали.

Переходные коэффициенты K_p и $K_{0,2}$ получают делением фактически измеренного расхода воды на произведение средней скорости на репрезентативной вертикали (или единичной скорости в точке 0,2 ее рабочей глубины) на площадь водного сечения. При этом значения Q и произведений $v_p F$ (или $v_{0,2} F$) снимают через равные интервалы с координат прямой вспомогательного графика $K_p = \frac{Q}{v_p F}$ или

$$K_{0,2} = \frac{Q}{v_{0,2} F}.$$

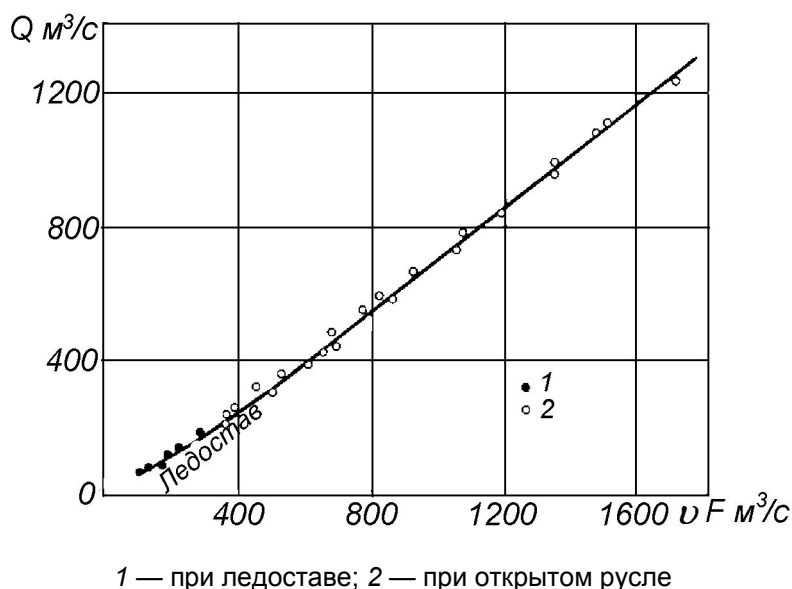


Рисунок 15.16 - График зависимости $Q = f(v_{0,2} F)$

Коэффициент K_p всегда больше коэффициента $K_{0,2}$ (при одном и том же Q). Например, если $K_p = 0,78$, то $K_{0,2} = 0,73$.

При прохождении прямой вспомогательного графика через начало координат коэффициенты K_p и $K_{0,2}$ определяют по этому графику как тангенс угла наклона выявленной прямой связи к оси абсцисс. Переходные коэффициенты K_p и $K_{0,2}$ на существующих гидростворах устанавливают на основании анализа не менее 50 расходов воды, измеренных при свободном русле и при наличии ледяного покрова, освещающих равномерно амплитуду колебаний уровня воды.

15.8.4 Измерение расхода воды по сокращенному способу выполняют в обычном порядке: наблюдения за уровнем воды на основном посту, запись обстановки работы в книжку расхода, промеры глубин по гидроствору (при устойчивом русле не при каждом расходе), измерение скоростей течения в точках 0,2 и 0,8 глубин репрезентативной вертикали (или измерение единичной скорости в точке 0,2h), наблюдение за уровнем воды после окончания измерения расхода воды. При этом в книжку расхода записывают время начала и окончания промеров глубин по створу и

измерения скоростей течения. Измерение скоростей в точках по сокращенному способу выполняют 2 раза. Выдержка вертушки в точке должна быть не менее 100 с. При этом первый сигнал вертушки не учитывают (он называется нулевым). За среднюю скорость на вертикали или в единичной точке $0,2h$ принимают среднее из двух измерений.

На существующих гидростворах для перехода на сокращенный способ выполняются следующие работы:

- анализируют книжки расходов воды с целью определения места расположения репрезентативной вертикали;

- вычисляют произведения $v_p F$ и $v_{0.2} F$ для нескольких вертикалей, близких к стрежню;

- строят графики зависимостей $Q = f(v_p F)$ и $Q = f(v_{0.2} F)$;

- определяют переходные коэффициенты K_p и $K_{0.2}$

Если анализ покажет возможность применения на данном гидростворе сокращенных способов, все последующие расходы воды в данном гидростворе могут быть получены по одной из указанных зависимостей путем нанесения на прямую произведений $v_p F$ (или $v_{0.2} F$) и снятия с нее значений расходов воды Q . Полученные таким образом Q наносятся на кривую расходов воды, за счет чего достигается ее уточнение.

На вновь открытых гидростворах для перехода на сокращенные способы в течение первого года расходы воды измеряют основным и многоточечным способами (пять, шесть или более точек). При этом последним способом должно быть измерено не менее 10 расходов воды с увеличенным числом скоростных вертикалей и с равномерным освещением всей амплитуды колебаний уровня воды в течение года. После накопления не менее 30 расходов воды, измеренных обоими способами, приступают к их анализу для определения местоположения репрезентативной вертикали. Далее работы ведутся так же, как и на существующих гидростворах (см. выше). Срок регулярных измерений расходов воды на данном гидростворе определяет сетевое гидрологическое подразделение.

15.8.5 С целью уменьшения затрат времени на процесс измерения расхода воды на реках с интенсивным судоходством этот расход определяют лишь по измеренным скоростям и глубинам на двух постоянных вертикалях, выбираемых соответственно примерно на 0,2 и 0,8 полной ширины реки (при меженном состоянии русла). На основании таких измерений получают фиктивный расход воды Q_ϕ , который будет равен

$$Q_\phi = B \left(\frac{h_1 v_1 + h_2 v_2}{2} \right), \quad (15.1)$$

где B – ширина реки;

$h_1 v_1$ и $h_2 v_2$ -- произведения глубин и средних скоростей на двух избранных вертикалях.

Чтобы перейти к действительному расходу Q_d , необходимо Q_ϕ умножить на переходный коэффициент K , полученный путем детальных измерений расхода в течение 2-4 лет:

$$K = \frac{Q_d}{Q_\phi}, \quad (15.2)$$

Способ применим для рек с небольшой поймой, не превышающей (при высоких уровнях) 0,2–0,3 общей ширины реки в гидростворе при низких уровнях.

Для предварительного определения значения коэффициента K вычисления рекомендуется вести по таблице 15.5

Таблица 15.5 - Подсчет коэффициента $K = \frac{Q_d}{Q_\phi}$ по детально измеренным расходам воды

№ расхода	Дата	H, см	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	B, м	$h_1, \text{ м}$	$v_1, \text{ м/с}$	$h_1 v_1, \text{ м}^2/\text{с}$	$h_2, \text{ м}$	$v_2, \text{ м/с}$	$h_2 v_2, \text{ м}^2/\text{с}$	$2h_1 v_1 + h_2 v_2$	$2Q_\phi = B \frac{h_1 v_1 + h_2 v_2}{2}$	K
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

15.9 Ускоренный способ измерения расходов воды

15.9.1 Обычный точечный способ (основной и детальный) при выдержке вертушки в точке 100 с требует значительных затрат времени на измерения расходов воды особенно на больших реках. В случаях, когда за время измерения расхода воды быстро изменяются условия течения потока, точечный способ может привести к значительным ошибкам в величине измеренного расхода воды. К этим неблагоприятным условиям относятся следующие:

- быстрые изменения уровня воды за время измерения расхода (более 10 см в час);
- интенсивная деформация русла (заметная за время измерения расхода воды);
- наличие переменного подпора, когда уровень воды не имеет связи с водностью реки. В указанных условиях ускорение процесса измерения расходов воды приводит к значительному повышению точности измерений.

Сущность ускоренного способа измерения расхода воды состоит в сокращении времени выдержки вертушки в каждой точке измерения скорости до 30 с. При установке вертушки в точке на скоростной вертикали пропускают два сигнала (они называют нулевыми). Секундомер включают по концу второго сигнала и выключают по концу сигнала, поступившего по истечении 30 с. Время выдержки вертушки в точке должно быть не менее 30 с. В КГ–ЗМ(н) записывают:

- число сигналов вертушки;
- отсчет по секундомеру с точностью до 0,2 с;
- остальные записи по измерению и вычислению расхода воды те же, что и при обычном точечном способе. При малых скоростях течения, когда сигналы поступают реже, чем через 30 с, выдержку вертушки в точке ограничивают интервалом времени между двумя сигналами вертушки.

Применение ускоренного способа возможно как при детальном (5–точечном), так и при основном (2–точечном) способах измерения, при числе скоростных вертикалей не менее пяти.

Ускоренный способ измерения расхода воды не применяют в случаях, когда возникает необходимость измерять косоструйность течения в гидростворе, так как для этого выдержка вертушки в точке должна быть 100 с и более.

Измерение расходов воды ускоренным способом может быть поручено наблюдателю поста только после подробного инструктажа его инженером или техником сетевого гидрологического подразделения на практической работе.

15.10 Измерение расходов воды вертушкой интеграционным способом

15.10.1 Одним из способов, значительно сокращающим продолжительность измерений расхода воды (при открытом русле), является интеграционный способ измерения. Сущность его состоит в том, что с помощью того или иного прибора производят осреднение скорости течения в какой-то части потока или во всем его живом сечении. Если для этой цели применяют гидрометрическую вертушку, ее перемещают в реке по заранее заданной траектории и, таким образом, автоматически определяют среднюю скорость в пройденном ею слое потока.

Наибольшей эффективностью и простотой отличается способ интеграции скорости по вертикали, который может быть применен практически с любых видов переправ. Этот способ по точности соизмерим с детальным способом. Достоинством его является возможность повышения точности измерений при неправильной эпюре распределения скоростей на вертикали, например, в случае ветрового воздействия или других факторов.

При измерении расхода воды способом интеграции скорости по вертикали гидрометрическую вертушку перемещают с заданной постоянной скоростью от поверхности до дна потока. При этом следует соблюдать следующие условия:

- глубина на вертикали должна быть не менее 1 м;
- средняя скорость потока на вертикали должна быть не ниже 0,20 м/с, т. е. измерения должны вестись в пределах прямолинейной, части тарировочного графика вертушки, где число оборотов лопастного винта вертушки в секунду прямо пропорционально скорости течения потока;
- регистрация числа оборотов лопасти вертушки должна быть достаточно точной. Этому условию будет удовлетворять вертушка, позволяющая регистрировать каждый оборот лопастного винта;
- должна обеспечиваться равномерность перемещения вертушки по вертикали, что достигается либо вращением рукоятки лебедки по сигналам метронома, либо применением лебедок с автоматическим механическим регулятором скорости вращения барабана, либо лебедок с электроприводом.

Скорость перемещения вертушки по вертикали определяют в зависимости от типа реки и от глубины на вертикали, согласно таблице 15.6;

Таблица 15.6 – Допустимые скорости перемещения вертушки по вертикали, см/с

Глубина на вертикали, м	Равнинные реки
1–1,5	2,0
1,5–2,0	5,0
2,0–3,0	7,5
3,0–5,0	10,0
более 5,0	15,0

– следует стремиться к полному охвату измерением всей глубины вертикали. Это требование выполняют путем крепления вертушки на выносном кронштейне груза. При таком креплении вертушки часть глубины вертикали, не охваченная измерением, составляет примерно 10 см. Максимальная ошибка при этом получается при глубинах в 1 м. Учитывая, что такие глубины на крупных и средних реках, как правило, находятся в прибрежных зонах и удельный вес расходов, приходящихся на эти зоны, по отношению ко всему сечению невелик, ошибкой, возникающей за счет недоучета скорости в придонном слое прибрежной зоны, можно пренебречь. В зоне с большими глубинами придонный слой, не охваченный измерением, невелик по отношению к общей глубине на вертикали и ошибкой, возникающей за счет недоучета придонного слоя при измерении средней скорости, также можно пренебречь.

Одним из условий, ограничивающих применение способа интеграции скорости на

вертикали, является наличие косоструйности течений. При косоструйности свыше 10° измерение интеграционным способом не производят.

15.10.2 Среднюю скорость течения на вертикали интеграционным способом измеряют с помощью гидрометрической интеграционной установки (ГР–101).

Установка состоит из измерительного пульта, основное назначение которого – регистрация числа оборотов лопастного винта вертушки и времени ее работы, гидрометрических грузов массой 25 и 50 кг, оборудованных донным контактом, и однооборотной гидрометрической вертушки.

Установка ГР–101 рассчитана на работу совместно с гидрометрической лебедкой («Нева», «Луга», ГР–36, ГР–65 и др.) или гидрометрической дистанционной установкой (ГР–70). Постоянство скорости перемещения вертушки по вертикали достигают вращением рукоятки лебедки в такт сигналам метронома, установленного в измерительном пульте.

Кроме измерения средней скорости на вертикали интеграционным способом установкой можно измерять скорости в отдельных точках потока и глубину на вертикали.

15.10.3 Работы по измерению расхода воды интеграционным способом производят в следующем порядке:

- измеряют уровень воды на основном посту;
- записывают обстановку работы в КГ–3М(н);
- промеряют глубины по гидроствору;
- измеряют скорости течения воды на вертикалях установкой ГР–101;
- измеряют уровень воды по окончании измерения скорости.

Вычисление расхода воды выполняют сразу же после его измерения.

Скоростные вертикали, на которых измеряют скорости течения, их количество и местоположение по ширине реки назначает инженер сетевого гидрологического подразделения.

При обрывистых берегах, а также у набережных с отвесной стенкой и у мостовых опор дополнительные вертикали у берегов и в мостовых пролетах назначают вблизи уреза, но не ближе чем в 0,3 м от него и обязательно вне зоны береговых завихрений воды.

В тех случаях, когда глубина на скоростной вертикали не позволяет измерить скорость интеграционным способом (глубина меньше 1,0 м), измерения проводят точечным способом в одной точке (0,6 h).

Для проведения измерений на вертикали измерительный пульт установки ГР–101 устанавливают вблизи лебедки, с помощью которой предусматривают опускать груз с вертушкой в поток.

К несущему тросу лебедки при помощи карабина подвешивают гидрометрический груз, на кронштейн которого крепят вертушку. Ось вертушки должна быть параллельна оси груза.

После установки вертушки на грузе ее изолированную от корпуса клемму с помощью специального штекера, входящего в комплект вертушки, подключают к клемме донного контакта груза, к которому подключают также токопроводную жилу троса лебедки, а сам трос крепят к стойке на грузе специально предназначенным для этого винтом.

Выводы троса с токопроводной жилой на корпусе лебедки с помощью специального провода, входящего в комплект вертушки, подключают к клеммам «Вертушка» на пульте установки ГР–101.

При применении лебедки с обычным тросом для электрической связи вертушки с пультом управления используют сигнальный провод, входящий в комплект вертушки.

После установки вертушки на грузе и выполнения электрических соединений

производят балансировку груза, которая сводится к следующему. Карабин, с помощью которого груз соединяют с несущим тросом лебедки, устанавливают в одно из отверстий на планке груза так, чтобы при погружении груза в воду он находился в горизонтальном положении.

После выполнения указанных выше операций производят проверку работы установки. Для этого вертушку с грузом опускают в воду, включают питание на пульте управления, переключатель рода работ устанавливают в положение «Скорость», а переключатель метронома в одно из рабочих положений. Нажатием на рычаг управления включают счетчик оборотов и секундомер. Срабатывание счетчика и наличие звонков метронома свидетельствует об исправной работе установки. При погружении груза на дно должен сработать донный контакт, выключиться секундомер и остановиться счетчик оборотов вертушки.

При установке переключателя рода работ в положение «Глубина» (груз на дне) должен возникнуть продолжительный звонок, свидетельствующий о замыкании донного контакта. Отключение донного контакта происходит при отрыве груза от дна.

15.10.4 При производстве промеров глубин с помощью установки ГР–101 гидрометрический груз без укрепленной на нем вертушки выводят на заданную промерную вертикаль и опускают в воду так, чтобы горизонтальная часть кронштейна для крепления вертушки совпадала с поверхностью воды. Счетчик глубины на лебедке сбрасывают на нуль. Включают питание на пульте. Переключатель рода работ устанавливают в положение «Глубина». Вращением рукоятки лебедки груз опускают до дна. О моменте достижения грузом дна сигнализирует продолжительный звонок. Медленно приподнимают груз до прекращения звонка. В момент прекращения звонка снимают показания счетчика глубины. К полученной глубине прибавляют расстояние от оси вертушки до поддона груза, равное 10 см, и полученную величину записывают в КГ–ЗМ(н). Груз поднимают на поверхность и переходят на следующую вертикаль.

15.10.5 Для измерения средней скорости на вертикали гидрометрический груз с установленной на нем вертушкой выводят на заданную скоростную вертикаль и погружают в воду так, чтобы ось груза совпала с поверхностью воды.

Показания секундомера, счетчика оборотов и глубины сбрасывают на нуль. Груз с вертушкой опускают до покрытия лопасти вертушки водой.

В зависимости от глубины потока на вертикали по таблице 15.5 назначают скорость перемещения вертушки с грузом по вертикали.

В зависимости от величины требуемой скорости перемещения вертушки с грузом по вертикали и типа применяемой лебедки переключатель метронома устанавливается в одно из положений, определяющее необходимый темп вращения рукоятки лебедки.

В таблице 15.7 приведены данные о скорости перемещения вертушки с грузом по вертикали при применении различных лебедок и вращении рукоятки лебедки в такт сигналам метронома.

Таблица 15.7– Скорость вертикального перемещения вертушки (см/с)

Время одного оборота рукоятки лебедки, с	тип лебедки (установки)					
	«Луга»	«Нева»	ГР–36	ГР–65	ГР–70	ГР–64
1	–	–	15	12,5	20	2,0
2	15	15	7,5	6,25	10	1,0
3	7,5	7,5	3,75	3,12	5,0	–
4	5,0	5,0	2,5	2,25	3,3	–

Переключатель рода работ устанавливают в положение «Скорость». Вручную, нажатием на рычаг управления на пульте, включают секундомер и счетчик оборотов

и одновременно начинают равномерное погружение вертушки с грузом до дна потока путем вращения рукоятки лебедки в такт с сигналами метронома.

Движение вертушки по вертикали прекращают при достижении грузом дна, о чем свидетельствует автоматическая остановка секундомера и счетчика оборотов.

Показания секундомера (с точностью до 0,2 с), счетчиков оборотов и глубины записывают в соответствующие графы КГ–3М(н). К полученной глубине добавляют расстояние между осью вертушки и поддоном груза.

После окончания измерений на вертикали груз извлекают из потока и переводится на следующую вертикаль.

15.10.6 Вычисление расхода воды, измеренного интеграционным способом, аналогично вычислению расхода, полученного точечным способом (основным и детальным). Разница состоит лишь в том, что средние скорости на вертикалях вычисляют не по формулам, а делением числа оборотов вертушки на данной вертикали на продолжительность измерения в секундах находят число оборотов вертушки в 1 с; далее по этому числу из тарифовочной таблицы данной вертушки находят величину средней скорости на вертикали.

15.11 Измерение расходов воды сокращенным способом и поплавками по наибольшей поверхностной скорости течения

15.11.1 При сокращенном способе измерения производят на одной, двух или трех вертикалях, которые заранее назначает сетевое гидрологическое подразделение после анализа материалов измерений прошлых лет. Измерение скоростей в этом случае производят в двух точках (0,2h и 0,8h) или в одной (0,6h) при выдержке вертушки в точке 100с.

Сокращенный способ измерения расхода воды применяют только в отдельных исключительных случаях, когда измерение расхода воды обычным способом из-за большой затраты времени будет приводить к неверным результатам (переменный подпор, дождевые паводки с быстрым изменением уровня воды и т. д.).

Систематические измерения сокращенным способом производят лишь в случае необходимости учащенных, ежедневных (или даже по нескольку раз в сутки) измерений расхода воды и обязательно по особому указанию сетевого гидрологического подразделения.

В гидрометрическом створе, расположенном на участке реки, испытывающем переменный подпор, при практически устойчивом неразмываемом русле учащенные измерения расходов воды можно производить по сокращенному числу вертикалей, но всегда на одних и тех же (в отдельных случаях на одной). Глубины по створу в этом случае измеряют только в порядке контроля за устойчивостью русла один–два раза в месяц.

15.11.2 Если на основании большого количества расходов, измеренных детальным (основным) способом, выявлено, что величина расхода воды, измеренного сокращенным способом, отличается от величины расхода, измеренного подробно, на некоторый постоянный множитель (коэффициент), наблюдателю сообщают величину этого коэффициента. На него следует умножать вычисленную величину расхода воды, измеренного сокращенным способом. Среднюю скорость течения вычисляют путем деления полученного произведения на площадь водного сечения.

15.11.3 На малых реках в половодье (паводок), при аварийном состоянии переправы или в случае повреждения вертушки можно определять расход поверхностными поплавками.

Поплавки должны быть небольшими. Наиболее удобными являются деревянные кружки толщиной 3–5 см и диаметром 10–15 см. Для лучшей видимости в центр кружка втыкают флажок. Применять в качестве поплавков предметы удлиненной

формы и глубоко погруженные в воду нельзя, так как скорость их движения может не соответствовать поверхностной скорости течения воды.

В ледоход в качестве поплавков используют приметные, но небольших размеров отдельно плывущие льдины.

15.11.4 Для определения расхода воды поплавками выбирают возможно более прямолинейный участок реки такого протяжения, чтобы поплавок проплыл его не менее чем за 10 с. Удобно, чтобы это расстояние выражалось круглым числом метров (10, 20, 50).

При этом желательно, чтобы гидроствор, где обычно производят измерения вертушкой, находился посередине выбранного участка. Концы участка закрепляют створными знаками (вехами, пирамидками из камней и др.) перпендикулярно направлению течения.

Если участок для поплавоочных измерений будет выбран в удалении от гидроствора, необходимо посередине между верхним и нижним створами произвести промеры глубин для последующего вычисления площади водного сечения. Длину участка измеряют мерной лентой или рулеткой дважды.

Поплавки в количестве не менее пяти штук забрасывают на стрежень реки несколько выше верхнего створа и в момент прохождения поплавок через створ включают секундомер. Затем в момент пересечения поплавком нижнего створа секундомер останавливают.

Поплавки, не попавшие на стрежень реки, во внимание не принимают. При использовании в качестве поплавков плывущих льдин наблюдения ведут только за льдинами, проходящими по стрежню реки или вблизи от него.

Поплавками измеряют скорости течения по возможности в тихую, безветренную погоду или при слабом ветре, скорость которого не больше 2–3 м/с. При умеренном ветре (до 5–6 м/с) на больших реках можно проводить измерение скоростей поплавками в тех случаях, когда обстановка требует безотлагательного проведения поплавоочных измерений (например, при кратковременном разрезе ледохода). В этом случае при поплавоочном измерении обязательно записывают направление и силу ветра. Измерение скоростей и направления ветра (визуально) производят на берегу вблизи гидроствора по возможности на открытом месте, вне зоны затопления. В особых случаях производят измерение скорости ветра ручным анемометром.

При сильном ветре, вызывающем большое волнение (появление на волнах белых гребней), измерять скорости течения поплавками не следует.

15.11.5 Данные поплавоочных наблюдений по наибольшей поверхностной скорости течения записывают в книжке для записи измерения расхода воды поверхностными поплавками (КГ–7М(н)) по форме, приведенной в таблице 15.8.

Таблица 15.8 – Пример записи в книжке расхода КГ–7М(н) данных поплавоочных наблюдений

№ поплавка	Расстояние между верхними и нижними створами, м	Продолжительность хода поплавка, с	Скорость движения поплавка, м/с	Примечания
1	20	16,2	–	исключить
2	20	16,0	1,25	исключить
3	20	16,4	–	
4	20	15,0	1,33	
5	20	15,4	1,30	
сумма			3,88	
среднее			1,29	

Из пяти (или более) пущенных на стрежень реки поплавков отбирают три

поплавка, показавшие наименьшую продолжительность хода между створами. Для каждого из трех поплавков, попавших на стрежень реки, вычисляют скорость его движения. Для этого величину расстояния между верхним и нижним створами (в метрах) делят на продолжительность хода (в секундах) поплавка между створами. Из значений скорости течения по трем отобранным поплавкам вычисляют среднее.

Полученная величина скорости будет являться наибольшей скоростью течения реки, которая для перехода к средней скорости потока должна быть умножена на переходный коэффициент.

Площадь водного сечения при устойчивом русле принимают по одному из ближайших по времени промеров русла со срезкой на разницу уровня в день промеров и в день измерения расхода воды.

Расход воды вычисляют путем умножения площади водного сечения на измеренное значение наибольшей скорости течения и на переходный коэффициент.

При заполнении таблички «Принятые данные» в КГ–7М применяют следующие обозначения; ПСП – поплавки поверхностные, пущенные по стрежню реки; ПЛДП – поплавки–льдины.

16 Гидрометрические работы на пойменных участках рек

16.1 Наличие пойм существенно усложняет условия измерений расхода воды. Организация наблюдений на поймах во многом зависит от их особенностей и размеров. При затоплении пойм возникает сложная система течений, когда русловой и пойменный потоки движутся параллельно друг другу, встречаются или пересекаются под разными углами. Все эти особенности должны учитываться при организации наблюдений [10].

16.2 Положение пойменного гидроствора назначает инженер – гидролог. Для этого предварительно необходимо осуществить детальный анализ материалов картографии, фотосъемки и, кроме того, в межень период произвести рекогносцировочное обследование поймы с подробным описанием ситуации на ней. Одновременно выполняют съемку участка, включающую макроформу целиком (пойменный массив и систему протоков). В основе выбора местоположения и направления гидроствора на широких гривистых поймах со старичными образованиями и протоками должна лежать карты масштаба 1:1000 и 1:25000.

Гидроствор намечают нормально (перпендикулярно) пойменному потоку в месте, где он протекает в одном направлении с русловым потоком. Пойма в этом месте должна быть наиболее узкая и предпочтительно односторонняя. Линия гидроствора должна пересекать пойменный массив на высоких отметках, где наблюдается перелив из приверха пойменного массива в его нижние участки. При различно ориентированных потоках гидроствор может представлять собой ломаную линию, удовлетворяющую условию нормальности динамическим осям пойменных потоков. В случае существенных изменений направления течений на пойме (более 30 °) по амплитуде уровня назначают два створа:

- в условиях начала затопления;
- и при уровне максимального затопления поймы. В обоих случаях пойменный гидроствор должен смыкаться с русловым и представлять собой одну линию.

Полосу поймы на 5 м выше и ниже линии гидроствора расчищают от кустарниковой и древесной растительности.

16.3 Местоположение пойменного гидроствора закрепляют на местности прочными столбами, реперами, которые устанавливают в начале гидроствора, на бровках, разделяющих русло и пойму, на незатопляемых притеррасных склонах. Все повороты гидроствора также закрепляют реперами–столбами, которым передают отметки от основного репера гидрологического поста.

16.4 Поперечный профиль гидроствора до незатопляемых отметок долины реки получают в результате производства нивелирования IV класса по колышкам, забитым вровень с землей во всех характерных точках поймы, включая незатопляемые отметки пойменного массива (гривы, валы). Углы поворота гидроствора измеряют теодолитом двумя полуприемами. Направление гидроствора ориентируют относительно магнитного меридиана. Одновременно нивелируют урезы воды, выполняют промеры глубин в пойменных протоках, старицах, болотах, пересекаемых линией гидроствора, а также определяют и нивелируются метки уровня высоких вод. Во время затопления поймы промеры желательно выполнять при помощи эхолотов.

Профиль поперечного сечения пойменного гидроствора строят на миллиметровой бумаге. На нем в характерных местах назначают промерные и скоростные вертикали, причем, если пойма ровная, расстояния между скоростными вертикалями должны в два раза превышать расстояния между скоростными вертикалями в основном русле.

На профиле необходимо показать: высоту «0» поста, $H_{р.б.}$ – уровень воды, соответствующий высоте русловой бровки; уровень выхода воды на пойму. К профилю прилагают подробное описание участка поймы выше и ниже линии

гидроствора, длина которого зависит от ширины: так, при ширине поймы $B \leq 100$ м дают характеристику участка протяженностью не менее (3–5) B , при условии $100 < B \leq 500$ м – описывают полосу поймы, равную (2–3) B , а при наличии поймы более 500 м – характеризуют участок длиной не менее B .

При описании указывают наличие ярко выраженных неровностей поймы, действующих проток, старин, болот, деформаций, намывов и размывов, описывают растительность с установлением ее вида (трава, кустарник, древостой) и густоты (средняя занятость поймы в долях от единицы). Определение производят на характерном участке по квадрату со стороной 5 м. Для травянистой растительности густоту не определяют – указывают ее вид и высоту.

По ширине поймы выделяют отдельные фрагменты, характеризующиеся относительно одинаковыми условиями протекания потока.

В состав работ, выполняемых в межень, для подготовки пойменных гидростворов входит:

- выбор местоположения скоростных вертикалей на пойме и закладка якорей – буйков;
- устройство гидрометрических мостков на мелких поймах;
- при широких разливах на сильно заросших поймах – предварительная пробивка просек с назначением и закреплением скоростных вертикалей.

16.5 Наиболее благоприятными для измерения расходов воды считают условия, когда динамические оси руслового и пойменного потока совпадают, либо образованный ими угол α не превышает 10° .

Определение угла α выполняют двумя способами:

- ориентировочно по крупномасштабным картам или планам участка на основе допущения совпадения динамических осей потоков с геометрическими осями русла и поймы выше и ниже гидроствора. Направление геометрической оси устанавливают отдельно для каждого из пойменных фрагментов в соответствии с преобладающим направлением горизонталей, а направление оси русла – в соответствии с изобатами. Угол между этими осями и принимают равным углу α ;
- натурным измерением угла α .

При узких прирусловых поймах направление динамических осей руслового и пойменного потоков определяют измерителем течений (ГР–42) или бифилярным подвесом (ГР–6), а также привязными поплавками, либо по траекториям движения поверхностных поплавков. Измерения выполняют отдельно в русловых и пойменных потоках. Наиболее эффективным для измерения углов α на широких поймах является применение методов аэрогидрометрии и аэрофотосъемки. На широких поймах (меандрирующие реки, пойменная многорукавность) необходимо при угловых измерениях одновременно производить выделение нетранзитных (застойных) зон и зон сосредоточенного стока (рукава, протоки и др.).

На поймах сложного строения значение угла α может изменяться при изменении уровня воды, в этом случае необходимо построить график связи $\alpha = f(H)$.

16.6 Расходы воды на пойменных створах измеряют способом «скорость – площадь» или рассчитывают методом «уклон – площадь». Измерение скоростей течения воды в зависимости от технических возможностей и условий работ производят вертушками или поплавками.

Измерения расхода воды многоточечными способами применяют в начальный период наблюдений и ставят целью равномерно осветить амплитуду колебаний уровня воды на пойме. Таких измерений требуется не менее 10. Многоточечные измерения сокращают или вообще прекращают после обоснованного перехода на основной или другой сокращенные способы.

Комбинированные способы применяют при быстром изменении уровня воды (изменение уровня за время измерения расхода превышает 2 см). Сущность

комбинированного способа состоит в том, что на наиболее репрезентативных вертикалях (на стрежне реки, в середине каждого выделенного фрагмента, в зонах резких переломов профиля гидроствора) измерения производят многоточечным способом, а на остальных вертикалях – основным или однотоочечным (при относительном заглублении вертушки 0,6 или 0,5). Если при быстром изменении уровней воды во время измерения расхода воды не удастся осветить измерениями скорости на всех репрезентативных вертикалях, то в следующий раз измерениями многоточечным способом освещают репрезентативные вертикали, на которых применялся основной способ измерения (заглубление вертушки 0,2 и 0,8).

На каждой скоростной вертикали в пойменной части гидроствора измерение направления течений выполняют измерителем течений ГР–42. При отсутствии этого прибора применяют поверхностные поплавки, причем угол α между направлением течений и нормалью к линии гидроствора определяют с лодки при помощи секстана. Для этих целей на поймах накануне половодья устанавливают вехи (во время половодья – ярко окрашенные буйки) таким образом, чтобы линии, проходящие через вехи (или буйки) и скоростную вертикаль, составляли нормаль к линии гидроствора. Построение прямого угла производят при помощи теодолита. Вехи на нормали к створу устанавливают на 5–10 м выше и ниже гидроствора. Поверхностную скорость течения определяют по времени прохождения поплавками расстояния между вехами. Эта скорость может быть определена и при помощи сплава лодки от вехи до вехи (при штилевой погоде).

Все исследования по обоснованию методики измерений выполняют при трех характерных уровнях воды:

- выходе воды на бровку (минимальное затопление поймы);
- средних уровнях затопления поймы;
- максимальных уровнях затопления поймы.

17 Вычисление расхода воды, рациональная организация и оптимизация измерений, правила округлений

17.1 Вычисление расхода

17.1.1 Вычисление расходов воды производят аналитическим или графическим методами.

Аналитическим методом вычисляют каждый расход, вне зависимости от степени детальности измерения.

Графическим методом вычисляют расходы воды, измеренные многоточечным способом, и в сложных случаях (например, при сильно зашугованном русле, измерении расхода под мостом в нескольких пролетах и т. п.) отдельные расходы, измеренные основным способом. Графическая обработка ставит целью уточнить значения расхода, изучить скоростное поле в гидростворе и получить наглядное представление о распределении скорости течения по глубине и ширине потока в зависимости от рельефа дна, а также позволяет судить о правильности назначения скоростных вертикалей и о возможности сокращения их числа без снижения точности результатов измерений.

Графическое вычисление расхода воды производит сетевое гидрологическое подразделение по получении книжек расхода с записями результатов измерений.

Расходы воды, определенные основным, интеграционным и сокращенным способами, аналитически вычисленные на посту, в сетевом гидрологическом подразделении проверяют обрабатывая на персональном компьютере(ПК).

17.1.2 Расчетный уровень воды на основном посту над нулем графика при незначительном (2-3 см) изменении за время определения расхода воды вычисляет наблюдатель как среднее арифметическое из высот уровня, измеренных до и после

определения расхода.

Сетевое гидрологическое подразделение производит вычисление расчетного уровня при быстром изменении уровня за время измерения расхода воды. При равномерном распределении скоростных вертикалей по ширине реки по формуле:

$$H_{расч} = \frac{H_1 q_1 + H_2 q_2 + H_3 q_3 + \dots + H_n q_n}{\sum q_i} \quad (17.1)$$

где $H_1, H_2, \dots, H_n$ -- значения уровня воды на каждой вертикали, измеренные или полученные интерполяцией между дополнительными измерениями;
 $q_1, q_2, \dots, q_n$ – элементарные расходы воды на вертикалях (произведение средней скорости на глубину), м²/с.

При неравномерном распределении скоростных вертикалей, когда расстояния между вертикалями (кроме прибрежных) отличаются друг от друга более чем на 25 %, применяют формулу, учитывающую долю ширины реки, приходящуюся на каждую вертикаль:

$$H_{расч} = \frac{H_1 q_1 b_1 + H_2 q_2 b_2 + \dots + H_n q_n b_n}{\sum q_i b_i} \quad (17.2)$$

где $b_1, b_2, \dots, b_n$ – частичные ширины реки, приходящиеся соответственно на 1, 2 и n-ную скоростные вертикали (рис. 17.1);

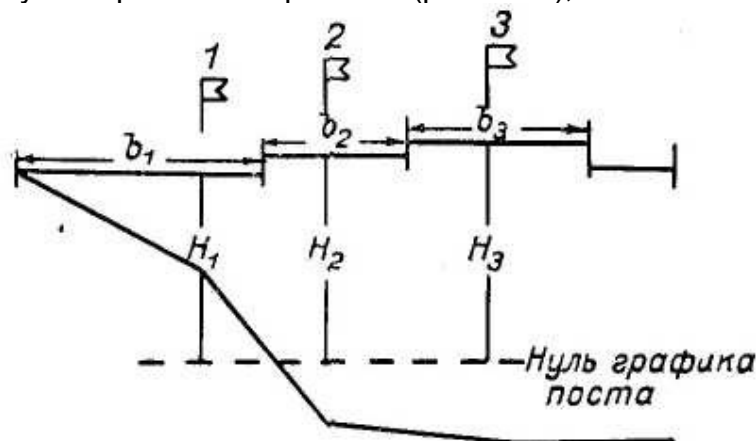


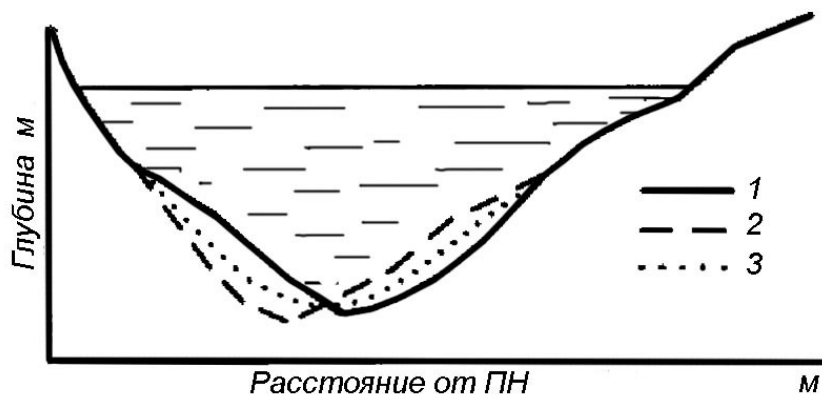
Рисунок 17.1 – Схема к вычислению расчетного уровня воды

17.1.3 В тех случаях, когда промеры (при неустойчивом русле) производились в два хода, среднюю глубину вычисляют из двух ее значений, полученных по двум промерам, со срезкой для второго хода на разницу в уровне воды при промерах по ходу «туда» и «обратно».

Пример – Глубина русла на вертикали по ходу «туда» равна 1,25 м и «обратно» – 1,36 м; уровень воды при промере «туда» 281 см и «обратно» – 284 см. Срезка равна $284 - 281 = 3$ см. Глубина со срезкой по ходу «обратно» составит $1,36 - 3 = 1,33$ м. Следовательно, средняя глубина $(1,25 + 1,33) / 2 = 1,29$ м.

На широких реках, когда местоположение промерных вертикалей определяют по засечкам с берега, вертикали по обоим ходам могут не совпадать. В этом случае по результатам обоих промеров сетевое гидрологическое подразделение составляет осредненный профиль гидроствора (рисунок 17.2), на основании которого и

вычисляют площадь полного сечения.



1 – профиль до измерения скорости течения; 2 – профиль после измерения скорости течения; 3 – профиль, принятый для вычисления площади водного сечения

Рисунок 17.2 – Профиль гидрометрического створа по двум профилям

При наличии угла отнosa троса от вертикального положения (на 10° и более) рабочую глубину вычисляют с поправкой на отнos троса. Последнюю берут из таблицы (приложение Е). Значение этой поправки вычитают из измеренного значения глубины. Результат записывают в графу 6 раздела промеры КГ–ЗМ(н). Если промеры производились в два хода, поправку берут по среднему значению угла отнosa из двух измерений.

При зимних промерах со льда рабочую глубину вычисляют путем вычитания из значения полной глубины, записанной в графе 6, глубины погружения льда или шуги, записанных в графах 7 или 8 КГ–ЗМ(н).

В тех случаях, когда уровень при промерах отличается от расчетного уровня более чем на 1 см или если промеры при измерении расхода воды не производились и используют данные последнего промера, рабочие глубины исправляют (срезают) на величину разницы между расчетным уровнем и уровнем при промерах и полученные значения глубин выписывают в графу 3 КГ–ЗМ(н) (раздел промеры).

При использовании глубин по последнему промеру в случаях измерения расхода воды под ледяным покровом рабочие глубины вычисляют с учетом измеренной толщины льда на скоростных вертикалях и у берегов. Если разница в толщине льда по ширине реки незначительная (не превышает 5 см для глубин до 3 м, а для больших глубин – 10 см), то при вычислении рабочих глубин для всех промерных вертикалей принимают среднюю глубину погружения льда, вычисленную из значений по измерениям на скоростных вертикалях. Если разница получается большая, тогда для вычисления рабочих глубин толщину погруженного льда определяют по интерполяции между измеренными его значениями на скоростных вертикалях и у берегов.

17.1.4 Площадь водного сечения может быть представлена многоугольником, состоящим из двух треугольников, расположенных у берегов, и ряда трапеций, которые ограничивают промерные вертикали, как показано на рисунке 17.3. При обрывистых берегах глубина на урезе может быть не равна нулю. Тогда прибрежные участки водного сечения могут иметь также форму трапеции.

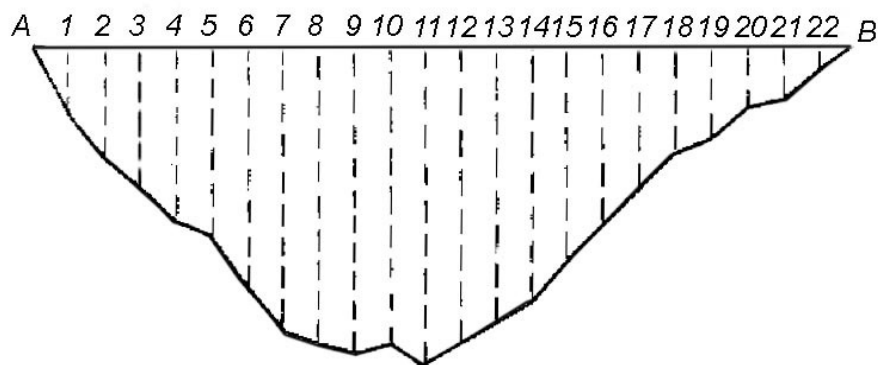


Рисунок 17.3 – Схема к вычислению площади водного сечения

Площади водного сечения между скоростными вертикалями $f_0, f_1, f_2, \dots, f_n$, которые приведены на рисунке 17.4, вычисляют по следующим формулам:

$$f_0 = \left(\frac{h_0 + h_1}{2} \right) b_0 + \left(\frac{h_1 + h_2}{2} \right) b_1; \quad (17.3)$$

$$f_1 = \left(\frac{h_2 + h_3}{2} \right) b_2 + \left(\frac{h_3 + h_4}{2} \right) b_3 + \left(\frac{h_4 + h_5}{2} \right) b_4 + \left(\frac{h_5 + h_6}{2} \right) b_5; \quad (17.4)$$

$$f_n = \left(\frac{h_{n-1} + h_n}{2} \right) b_n \quad (17.5)$$

В этих формулах $h_0, h_1, h_2, \dots, h_n$ – глубины промерных вертикалей (при ледяном покрове – расстояние от дна до нижней поверхности льда и шуги); $b_1, b_2, \dots, b_{n-1}$ – расстояния между промерными вертикалями; b_0 и b_n – расстояния между крайними промерными вертикалями и урезами.

При равных расстояниях между промерными вертикалями ($b_1=b_2, \dots, b_{n-1}=b$) вычисление площади водного сечения можно производить по упрощенной формуле:

$$f_1 = \left(\frac{h_2}{2} + h_3 + h_4 + h_5 + \frac{h_6}{2} \right) b \quad (17.6)$$

Площади же береговых участков в этом случае вычисляют по вышеприведенным формулам для f_0 и f_n .

В результате сложения соответствующего количества отдельных площадей между промерными вертикалями вычисляют площади водного сечения между скоростными вертикалями. При суммировании следует быть внимательным, чтобы правильно ограничить участки площади водного сечения между скоростными вертикалями.

Запись вычислений площади водного сечения между скоростными вертикалями производят в разделе промеры КГ–ЗМ(н), в графе 11–15.

Дополнительно производят вычисление площадей мертвого пространства, при его наличии, а в период ледостава – погруженного льда и шуги.

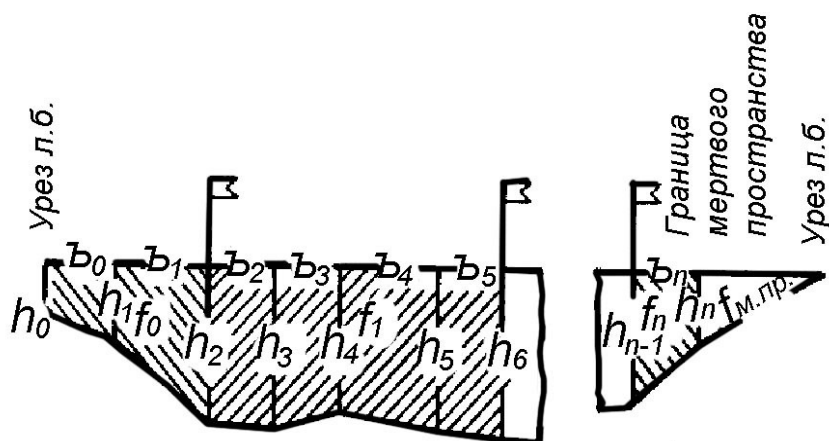


Рисунок 17.4 – Схема к вычислению площади водного сечения

Площадь водного сечения F_B , мертвых пространств F_M , погруженного льда F_n и шуги F_m и полная $F_{ном}$. Площадью водного сечения ($F_M + F_x$) при открытом русле называют площадь, заключенная между поверхностью дна и уровнем воды в поперечном профиле. При наличии ледяного покрова (шуги) площадь водного сечения заключается между поверхностью дна и нижней поверхностью ледяного покрова (шуги).

Площадь мертвого пространства является частью площади водного сечения, в которой скорости течения отсутствуют.

Площадь погруженного льда – это площадь, заключенная между нижней поверхностью ледяного покрова и уровнем воды в лунке. Ее вычисляют по значениям толщины погруженного льда в промерных вертикалях и расстояниям между ними (рисунок 17.5).

Площадью шуги является площадь, заключенная между нижней поверхностью шуги и нижней поверхностью ледяного покрова.

Площади погруженного льда и шуги вычисляют по толщине погруженного льда и шуги в промерных точках и по расстояниям между ними.

Если расстояния между точками измерения толщины погруженного льда и шуги равны, то площади вычисляют по формуле

$$F = \left(\frac{h_1}{2} + h_2 + h_3 + \dots + \frac{h_n}{2} \right) b + f_0 + f_n, \quad (17.7)$$

где h_1, h_2 и т. д. – соответствующие толщины;

b – расстояние между точками;

f_0 и f_n – площади, заключенные между урезами воды и ближайшими к ним промерными вертикалями.



I – площадь погруженного льда; II – площадь шуги; III – водное сечение (включая МП); IV – общая площадь сечения

Рисунок 17.5 – Поперечное сечение реки

Полную площадь вычисляют как сумму площадей водного сечения, погруженного льда и шуги.

Значения площадей дают с округлением до трех значащих цифр, но не точнее $0,01 \text{ м}^2$.

17.1.5 При вычислении скорости течения (раздел измерения на скоростных вертикалях КГ–ЗМ(н)) сначала вычисляют сумму оборотов лопастного винта N умножением общего количества сигналов на число оборотов лопастного винта вертушки между сигналами. Результат записывают в графе 10.

Затем делением полученной суммы оборотов на продолжительность измерения в секундах, записанную в графе 11, вычисляют число оборотов лопастного винта в 1 с (n), которое записывают в графу 12. Для вычисления числа оборотов лопастного винта в 1 с применяют специальные таблицы, по которым в зависимости от суммы оборотов лопасти вертушки N и продолжительности измерения сразу находят число оборотов лопасти в 1 с точностью до $1/100$ доли оборота. Таблицы эти для вертушек с сигналом через 20 оборотов следует иметь в сетевом гидрологическом подразделении и на посту.

Таблицы составлены для продолжительности измерения в точке не менее 100 с. В тех случаях, когда вследствие очень частых сигналов (чаще чем через 2 с) продолжительность измерения была меньше 100 с, вычисление числа оборотов в 1 с наблюдатель производит без таблиц.

Скорость течения в точке определяют на основании тарифовочной таблицы, которой обязательно снабжается каждая вертушка. Форма ее приведена в таблице 17.1 согласно [17].

По тарифовочной таблице по числу оборотов лопастного винта в 1 с (n) находят значение скорости течения в точке.

Значения скоростей течения записывают с двумя знаками после запятой, т. е. с точностью до $0,01 \text{ м/с}$.

Скорость течения в точке можно определять по тарифовочной таблице другой формы (по форме таблицы 17.2). Такие тарифовочные таблицы составляют в сетевом гидрологическом подразделении специально для наблюдателей в соответствии с [17].

Таблица 17.1 – Тарировочная таблица

Вертушка № 24765, тип ГР–21М, лопастный винт № 1
Контакт через 20 оборотов. Тарирована 21 марта. 2007 г.

n	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
0,1	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
0,2	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,08
0,3	0,08	0,08	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10
0,4	0,10	0,10	0,11	0,11	0,12	0,12	0,12	0,12	0,13	0,13
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
3,6	0,93	0,93	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,95	0,95	0,95
3,7	0,96	0,96	0,96	0,96	0,97	0,97	0,97	0,98	0,98	0,98
3,8	0,99	0,9	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,01	1,01
3,9	1,01	1,01	1,02	1,02	1,02	1,02	1,03	1,03	1,03	1,04
4,0	1,04	1,04	1,04	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,06	1,06
4,1	1,06	1,06	1,07	1,07	1,07	1,08	1,08	1,08	1,08	1,09
4,2	1,09	1,09	1,10	1,10	1,10	1,10	1,11	1,11	1,11	1,12
и т.д.										

Пример – Число оборотов лопастного винта вертушки в 1 с $n = 3,95$. На пересечении строки со значением $n = 3,9$ с графой 0,05 находим скорость течения в точке, равную 1,02 м/с.

Таблица 17.2 – Тарировочная таблица

Вертушка № 21150, тип ГР–21М, лопастный винт № 1
Контакт через 20 оборотов Тарирована 21 октября 2007 г.

Суммарное число оборо-тов вертушки	Продолжительность измерения скорости в точке, с												
	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107
20	0,07	0,7	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
40	0,12	0,12	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,10
60	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,15
80	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,20	0,20	0,20
100	0,28	0,28	0,27	0,27	0,27	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,25	0,25	0,25
120	0,34	0,33	0,33	0,32	0,32	0,32	0,31	0,31	0,31	0,30	0,30	0,30	0,29
140	0,39	0,38	0,38	0,38	0,37	0,37	0,37	0,36	0,36	0,35	0,35	0,35	0,35
160	0,44	0,44	0,43	0,43	0,42	0,42	0,42	0,41	0,41	0,40	0,40	0,40	0,39
180	0,50	0,49	0,49	0,48	0,48	0,47	0,47	0,46	0,46	0,45	0,45	0,44	0,44
200	0,55	0,54	0,54	0,53	0,53	0,52	0,51	0,51	0,50	0,50	0,50	0,49	0,49
220	0,60	0,59	0,59	0,58	0,58	0,57	0,57	0,56	0,56	0,55	0,55	0,54	0,54
240	0,65	0,65	0,64	0,64	0,63	0,63	0,62	0,62	0,61	0,61	0,60	0,60	0,59
260	0,71	0,71	0,70	0,69	0,68	0,67	0,67	0,66	0,66	0,65	0,65	0,64	0,64
280	0,76	0,75	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72	0,71	0,71	0,70	0,70	0,69	0,69
300	0,82	0,81	0,80	0,79	0,78	0,78	0,77	0,76	0,76	0,75	0,75	0,74	0,74
320	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83	0,83	0,82	0,81	0,81	0,80	0,80	0,79	0,79
340	0,92	0,91	0,90	0,90	0,89	0,88	0,88	0,87	0,87	0,86	0,85	0,85	0,84

360	0,97	0,96	0,95	0,94	0,94	0,93	0,93	0,92	0,91	0,90	0,90	0,90	0,89
380	1,03	1,02	1,01	1,00	1,00	0,98	0,98	0,97	0,96	0,96	0,95	0,95	0,94
400	1,08	1,07	1,06	1,05	1,04	1,04	1,03	1,03	1,02	1,01	1,00	1,00	0,99
420	1,14	1,13	1,12	1,11	1,10	1,09	1,08	1,07	1,06	1,06	1,05	1,04	1,03
480	1,30	1,29	1,28	1,27	1,26	1,25	1,24	1,23	1,22	1,21	1,20	1,19	1,18

Примечание. Для вычисления расходов воды, измеренных ускоренным способом (с продолжительностью измерения скорости в точке начиная с 30 с и более), тарифовочная таблица составляется аналогично данному образцу. Так как при этом способе время выдержки вертушки в точке записывают с точностью до 0,2 с, то для дробных значений выдержки значения скорости следует находить путем интерполяции.

По данным измерений скорости течения в отдельных точках по глубине скоростных вертикалей вычисляют средние скорости на них. Результаты вычисления записывают сначала в графу 7 раздела «Измерения на скоростных вертикалях» в КГ– 3М(н), а затем переписывают в графу 2 раздела «Вычисление расхода воды».

При наличии косины струй течения значение скорости в каждой точке приводят к нормали (перпендикуляру) к створу по формуле

$$v = v_0 \cos \alpha, \quad (17.8)$$

где v_0 – измеренная скорость в данной точке;

α – угол между направлением течения и перпендикуляром к гидроствору.

Угол принимается равным среднему значению, вычисленному из всех произведенных отсчетов угла при измерении.

Если направление течения измерялось поверхностными поплавками, угол косины принимают одинаковым для всех точек по глубине вертикали.

Вычисляют среднюю скорость на вертикали в зависимости от состояния реки и числа точек измерения по следующим формулам.

При свободном, не заросшем водной растительностью русле, и при отсутствии ледяного покрова:

$$\bar{v}_5 = 0.050v_{нов} + 0.347(v_{0.2} + v_{0.6}) + 0.173v_{0.8} + 0.83v_{дно}; \quad (17.9)$$

$$\bar{v}_{10} = 0.1(v_{нов} + v_{0.2} + v_{0.3} + v_{0.4} + v_{0.5} + v_{0.6} + v_{0.7} + v_{0.8} + v_{0.9} + v_{дно}); \quad (17.10)$$

$$\bar{v}_2 = \frac{v_{0.2} + v_{0.8}}{2}; \quad (17.11)$$

$$\bar{v}_1 = v_{0.6}; \quad \bar{v}_1 = Kv_{0.2} \quad (17.12)$$

Если характер эпюр распределения скоростей по вертикали правильный (монотонное убывание скорости от поверхности ко дну), то для подсчета средней скорости можно использовать обычную формулу для 5-точечного метода:

$$v_5 = 0.1(v_{нов} + 3v_{0.2} + 3v_{0.6} + 2v_{0.8} + v_{дно}) \quad (17.13)$$

Переходный коэффициент от скорости на 0,2 рабочей глубины к средней по вертикали вычисляют по данным предыдущих многоточечных измерений, а при отсутствии таковых приближенно принимают равным 0,9.

Наблюдателю предварительно дают приближенное значение $K=0,9$. Если в дальнейшем значение коэффициента K , вычисленное по многоточечным измерениям, будет отличаться от приближенного значения более чем на 5%, расход,

вычисленный наблюдателем, должен быть определен в сетевом гидрологическом подразделении заново, а уточненное значение коэффициента K – сообщено наблюдателю.

При заросшем водной растительностью русле и при наличии ледяного покрова:

$$\bar{v}_6 = 0.1(v_{\text{ног}} + 2v_{0.2} + 2v_{0.4} + 2v_{0.6} + 2v_{0.8} + v_{\text{дно}}); \quad (17.14)$$

$$\bar{v}_3 = \frac{v_{0.15} + v_{0.5} + v_{0.85}}{3}; \quad (17.15)$$

$$\bar{v}_1 = Kv_{0.5} \quad (17.16)$$

Переходный коэффициент K в этом случае определяют также по данным предыдущих многоточечных измерений, а при отсутствии таковых приближенно принимают равным 0,9.

При основном способе измерения при ледяном покрове для вычисления средней скорости применяют ту же формулу, что и при свободном русле:

$$\bar{v}_2 = \frac{v_{0.2} + v_{0.8}}{2} \quad (17.17)$$

При равномерном распределении точек по глубине вертикали средняя скорость вычисляют как среднее арифметическое всех скоростей, измеренных в отдельных точках.

Значения вычисленных средних скоростей на вертикали записывают с округлением до 0,01 м/с.

По полученным значениям средней скорости на вертикалях вычисляют скорости течения:

- между урезами воды и ближайшими к берегу скоростными вертикалями;
- между скоростными вертикалями.

Среднюю скорость для крайних прибрежных отсеков площади водного сечения принимают равной скорости на ближайшей к берегу скоростной вертикали, умноженной на коэффициент из таблицы 17.3, зависящий от характера берега.

Таблица 17.3 – Таблица коэффициентов для вычисления скорости течения в прибрежных отсеках

Характер берега	коэффициент
при отсутствии мёртвого пространства:	
пологий берег с нулевой глубиной на урезе	0,7
обрывистый берег или неровная стенка (бут, неотёсанный камень и т. п.)	0,8
гладкая бетонная или сплошь обшитая стенка и т. п.	0,9
При наличии мёртвого пространства	0,5

Скорость для остальных отсеков площади водного сечения между скоростными вертикалями вычисляют как полусумму скоростей на смежных вертикалях.

17.1.6 Аналитическим методом расход воды вычисляют применительно к схеме, показанной на рисунке 17.6, по формуле

$$Q = Kv_1 f_0 + \left(\frac{v_1 + v_2}{2} \right) f_1 + \dots + \left(\frac{v_{n-1} + v_n}{2} \right) f_{n-1} + Kv_n f_n \quad (17.18)$$

где Q – полный расход воды;

$v_1, v_2, \dots, v_n$ – средние скорости на скоростных вертикалях № 1, 2, ..., n (последней);

f_0 – площадь водного сечения между берегом (границей мертвого пространства) и первой скоростной вертикалью;

f_1 – площадь водного сечения между вертикалями № 1 и 2 и т. д.;

f_n – площадь между последней вертикалью n и берегом (границей мертвого пространства).

Коэффициенты K для скоростей v_1 и v_n на прибрежных скоростных вертикалях №1 и n берут по таблице 17.3.

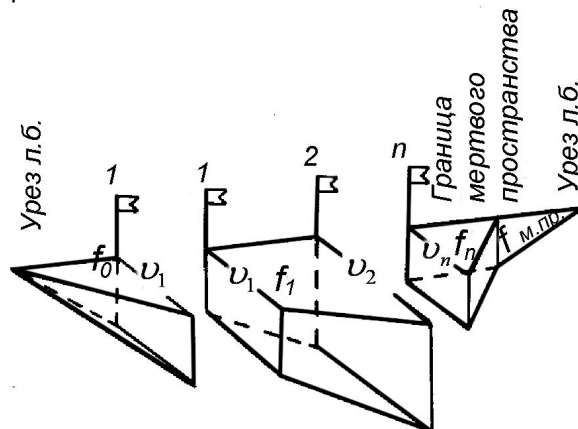


Рисунок 17.6 - Схема к вычислению расхода воды аналитическим методом

Вычисления расхода воды производят в разделе «Вычисление расхода воды» КГ–ЗМ(н) в графе 1–5. После того как расход вычислен заполняют раздел «Принятые данные» КГ–ЗМ(н) данными о величине расхода воды и его элементах:

– расход воды (Q м³/с) записывают с округлением до трех значащих цифр при значении расхода более 1 м³/с и до двух значащих цифр для расходов меньше 1 м³/с, но не точнее 0,001 м³/с;

Пример –	1237	записывают	1240;
	89,43		89,4;
	4,556		4,56;
	0,8935		0,89;
	0,0935		0,094;
	0,0035		0,004;

– площадь водного сечения (F м² – выписывают итоговую величину площади водного сечения по графе 14 в разделе «Промеры») с точность указанной в 15.11.4;

– среднюю скорость потока вычисляют делением расхода воды на площадь водного сечения. Наибольшую скорость выбирают из всех измеренных скоростей в отдельных точках. Значение скоростей приводят в метрах в секунду с округлением до трех значащих цифр, но не точнее 0,01 м/с;

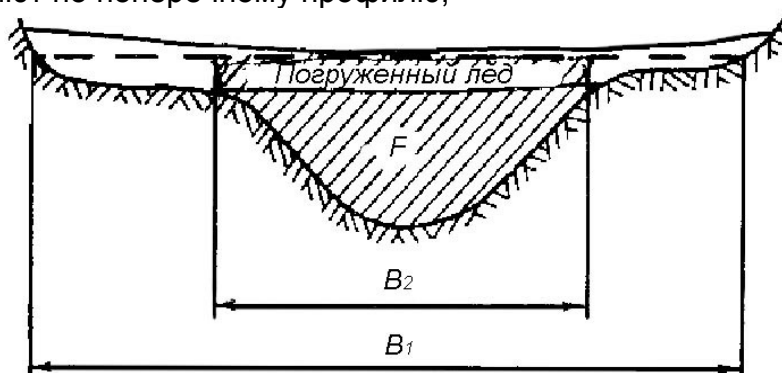
– ширину реки по уровню воды B_y м – выписывают из раздела «Промеры» непосредственно по данным измерения. Если расчетный уровень значительно отличается от уровня при промерах и ширина реки до этого уровня значительно изменяется в зависимости от высоты уровня, то ширина реки определяется на подразделение по поперечному профилю реки (рисунок 17.5).

При наличии ледяного покрова дают дополнительно ширину реки по нижней поверхности льда B_n м на основании непосредственных измерений. Значения ширины записывают с округлением:

- при ширине от 100 м и более – до целого метра,
- при ширине меньше 100 м – до 0,1 м.

При ледоставе, на зашугованных реках, когда полная ширина реки существенно отличается от действительной ширины водного сечения, указывают два значения ширины: первое – ширина реки по уровню воды в лунках и второе – ширина реки в пределах водного сечения.

Два значения ширины реки указывают и в том случае, когда ледяной покров, образовавшийся при высоком уровне воды, оказывается после понижения уровня лежащим в пределах береговой отмели. В этом случае в числителе указывают ширину по уровню воды, установившемуся в лунках B_x (рис. 17.7), а в знаменателе — по нижней поверхности ледяного покрова в пределах водного сечения B_2 . Ширины B_1 и B_2 определяют по поперечному профилю;



B_1 – ширина реки по уровню, установившемуся в лунке; B_2 – ширина реки по нижней поверхности ледяного покрова в пределах водного сечения; F – водное сечение

Рисунок 17.7 – Поперечное сечение реки при ледяном покрове, лежащем на берегах

– среднюю глубину ($h_{\text{ср}}$ м) вычисляют путем деления площади водного сечения на ширину реки. При наличии ледяного покрова среднюю глубину вычисляют путем деления общей площади поперечного сечения на ширину реки.

Наибольшую глубину ($h_{\text{наиб}}$ м) выбирают из всех измеренных глубин со срезкой на принятый расчетный уровень воды. Глубины приводят с точностью до 0,01 м (при измерении глубин до 5,00 м, при большей глубине – с точностью 0,1 м);

– уклон водной поверхности (I) записывают в тех случаях, когда он наблюдался при измерении расхода воды.

Уклон водной поверхности вычисляют на основании результатов наблюдений за уровнем воды на уклонных постах. Пример вычисления приведен в таблице 17.4. Величину уклона дают со следующим округлением полученных значений: при значении уклона 10 ‰ и более – до целых промилле; при значении уклона от 9,9 до 1,0 ‰ – до 0,1 ‰; при значении уклона от 0,99 до 0,10 ‰ – до 0,01 ‰; при значении уклона меньше 0,10 ‰ – до 0,001 ‰.

Таблица 17.4 – Вычисление уклона водной поверхности в книжке расхода
КГ-3М(н)

берег левый L=480 м		начальный				конечный			
		№ сваи (рейки)	отсчёт, см	отметки, см		№ сваи (рейки)	отсчёт, см	отметки, см	
				сваи (рейки)	уровня			сваи (рейки)	уровня
уклонный пост	верхний	3	44	202	246	3	46	202	248
	нижний	2	65	156	221	2	67	156	223
	Падение, Дм				0,25				0,25
	Уклон, ‰				0,52				0,52

Примечание: L – расстояние между уклонными постами в метрах.

$$I = \frac{\Delta}{L} = \frac{0.25}{480} = 0,00052 = 0,52\text{‰}$$

Наблюдатель поста отсылает КГ–3М(н) в сетевое гидрологическое подразделение, к которому прикреплен данный пост в сроки, указанные начальником подразделения.

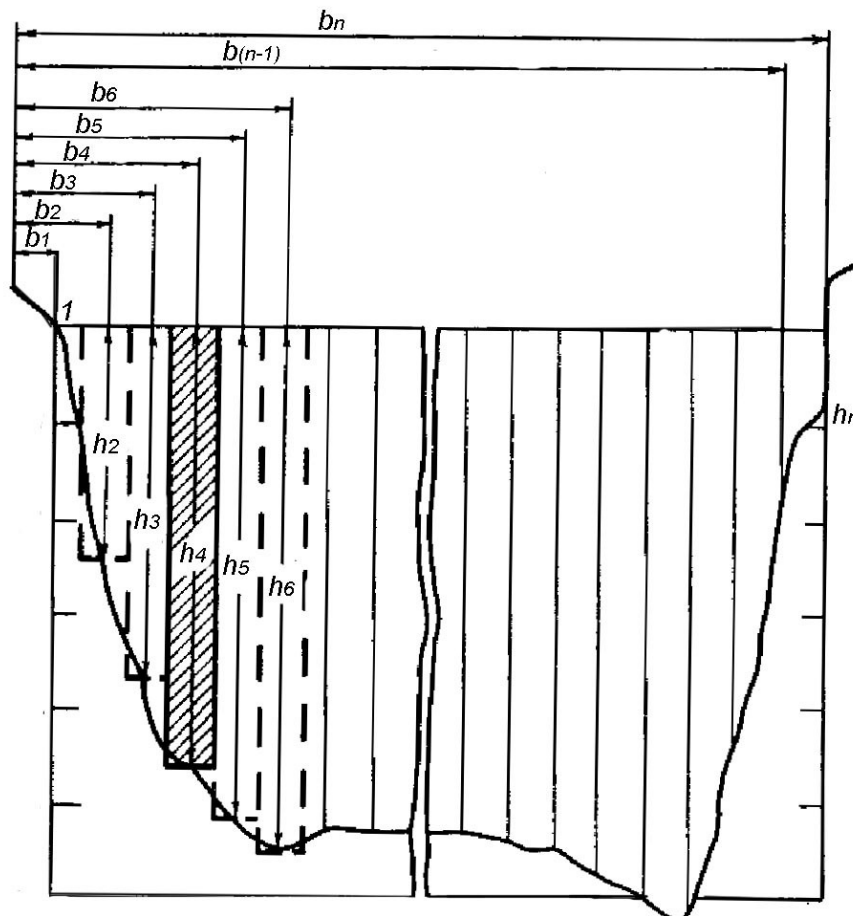
При определении расхода воды в нескольких рукавах (протоках) вычисления и запись для каждого рукава производят в отдельной книжке.

При измерении расхода воды под мостом, имеющем небольшое количество пролетов, каждый из них также может рассматриваться как самостоятельный проток, если эти русла между опорами гидравлически достаточно обособлены.

Для полного (суммарного) расхода воды указывают только расчетный уровень воды. Для расхода воды, измеренного между опорами моста, кроме уровня указывают полную ширину реки, включая и ширину опор.

При наличии поймы, не разобщенной с коренным руслом, когда для экстраполяции при вычислении стока необходимо выделение расходов воды в коренном русле и в пойме, обработку расходов производят и все гидравлические характеристики выписывают отдельно для коренного русла и поймы с выделением право и левобережной ее частей.

В тех случаях, когда число скоростных вертикалей совпадает с числом промерных, что, в частности, имеет место при измерении расхода ГР-101 (интеграция скоростей по вертикали), применяют видоизмененный вариант аналитического способа. Он состоит в следующем: частичный расход для каждой вертикали подсчитывают как произведение глубины этой вертикали h на среднюю скорость на ней v и полуразность расстояний от постоянного начала между последующей от данной вертикали и предыдущей от нее (рис. 17.8).



$b_1, b_2, \dots, b_n$ – расстояния от постоянного начала; $h_1, h_2, \dots, h_n$ – глубины на вертикалях.

Рисунок 17.8 – Схема к вычислению расхода воды при совмещении промерных и скоростных вертикалей

Частичный расход для вертикали 4 (на рис. 17.8 среднее сечение 4 заштрихованный прямоугольник) будет равен:

$$q_4 = v_4 \left(\frac{b_5 - b_3}{2} \right) h_4 \quad (17.19)$$

Для прибрежных сечений (на рис. 17.6 первой вертикалью считается 1, а последней вертикалью n) частичные расходы вычисляют таким же образом, как указано выше, только «предыдущая» вертикаль у начала сечения считается совпадающей с вертикалью 1; «последующая» вертикаль у конца сечения считается совпадающей с вертикалью n .

Таким образом:

$$q_1 = v_1 \left(\frac{b_2 - b_1}{2} \right) h_1; \quad (17.20)$$

$$q_n = v_n \left(\frac{b_n - b_{n-1}}{2} \right) h_n; \quad (17.21)$$

Для данного примера частичный расход равен нулю q_1 , так как глубина в точке 1 равна нулю. Частичный расход q_n в зависимости от наличия или отсутствия скорости на вертикали n может быть равен нулю или отличаться от него. Скорость на конечных вертикалях в случае наличия глубины на урезе определяют с учетом коэффициента K от скорости на ближайшей вертикали.

Полный расход воды Q будет равен сумме частичных расходов $Q = \sum_n^n q_i$.

Этот метод с 1959 г. используют как основной в США, поскольку, как показали исследования, он более удобен для ввода данных в ЭВМ, и к тому же более точен. При наличии между скоростными вертикалями промерных, уточняющих площадь водного сечения, его применение нецелесообразно. Пример вычисления расхода этим способом приведен в таблице 17.5.

Таблица 17.5 – Вычисление расхода воды, измеренного интеграционным способом по 23 вертикалям, р. Березина – г.Борисов скорости течения (средняя $v_{ср}$ и наибольшая $v_{наиб}$).

№ вертикали	Расстояние от постоянного начала, м	Скорость на вертикали $v_{ср}$, м/с	Глубина вертикали h , м	Ширина отсека b , м	Частичный расход q , м³/с
1	2	3	4		6

Урез л. б. 1	10,2	0	0	0	0
2	18	0,10	0,66	7,4	0,49
3	25	0,12	1,02	8,5	1,08
4	35	0,33	1,08 1,13	10	3,58
5	45	0,44	1,09 1,06	7,5	3,70
6	50	0,46	1,14 1,20	6,5	3,28
7	58	0,46	1,30 1,50	8,5	4,15
8	67	0,46	1,86 1,96	8,5	4,45
9	75	0,44	1,92 2,32	6,5	3,43
10	80	0,43	2,45 2,56 3,20	7,5	4,16

Продолжение таблицы 17.5

№ вертикали	Расстояние от постоянного начала, м	Скорость на вертикали $v_{ср}$, м/с	Глубина вертикали h , м	Ширина отсека b , м	Частичный расход q , м ³ /с
11	90	0,43	2,90	10	6,47
12	100	0,43	2,86 2,00	10	8,00
13	110	0,46	1,44 1,24	10	8,98
14	120	0,51		10	9,68
15	130	0,58		10	13,4
16	140	0,62		10	15,3
17	150	0,66		11,5	19,3
18	163	0,66		10	21,0
19	170	0,64		8,5	15,8
20	180	0,61		9	15,7
21	188	0,55		6	6,55
22	192	0,24		3	1,04
Урез. п. б.	194	0,19		1	0,24

$Q = 169,82$ С округлением $Q = 170,0$

17.1.7 Графический метод вычисления расхода воды используют при измерении расхода воды многоточечным способом. Он заключается в выполнении следующих работ:

– проверяют результаты ранее выполненного вычисления расхода аналитическим методом;

– на листе миллиметровой бумаги размером 407х288 или 407х576 мм вычерчивают по образцу рисунка 17.9 профиль поперечного сечения по расчетному уровню воды и приведенным к нему глубинам, на котором показывают скоростные вертикали, а при наличии ледяного покрова – погруженный лед и шугу. Под профилем выписывают расстояния от постоянного начала, принятые глубины h , толщину погруженного льда $h_{л}$, толщину шуги $h_{ш}$ и рабочие глубины. Ниже оставляют две строчки для выписывания в дальнейшем средних скоростей и элементарных расходов;

– под чертежом профиля поперечного сечения или справа от него вычерчивают эпюры распределения скорости течения по вертикалям (годографы).

При построении эпюр скорости вертикальный масштаб для глубины принимают тот же, что и для профиля водного сечения. Горизонтальный масштаб выбирают в зависимости от наибольшей скорости и принятого масштаба глубин с таким расчетом, чтобы у эпюр центральных вертикалей отношение ширины к высоте было примерно 0,7-1,0.

Значения скорости откладывают по абсциссам (вправо) на соответствующих им ординатах – глубинах, отсчитываемых от поверхности. Через конечные точки отрезков, отложенных по абсциссам проводят плавную кривую между линиями поверхности воды и дна. Около эпюры слева выписывают значения скорости в точках через определенные равные интервалы для дальнейшего использования их

при построении изотак;

– определяют среднюю скорость течения на вертикалях. Для этой цели определяют площади эпюр, которые численно равны элементарным расходам. Среднюю скорость на вертикали получают делением площади эпюры на рабочую глубину вертикали. Определение площадей эпюр, так же как и всех других площадей, производят планиметром, а при его отсутствии непосредственно по миллиметровой бумаге путем счета квадратов. Небольшие площади (меньше 2–3 см² на чертеже) определяют во всех случаях также непосредственно по миллиметровой бумаге.

Планиметрирование выполняют на гладкой чертежной доске с подкладкой под чертеж неизмятого (гладкого) листа бумаги. Планиметр следует устанавливать так, чтобы рычаги его при обводке измеряемой площади все время составляли угол не менее 30 ° и не более 150 °. Если это условие при больших площадях обводки выдержать нельзя, планиметрирование можно производить по частям с последующим сложением их результатов.

Определение площадей планиметром производят путем двукратной обводки контуров площадей по ходу часовой стрелки при двух разных положениях полюса планиметра. Точность определения площади считается достаточной, если разница между показаниями по первой и второй обводке не превышает 2 процентов. При большей разнице обводки повторяют. Для перехода от получаемого по планиметру показания к определяемой величине в масштабе чертежа следует это показание по планиметру умножить на цену деления планиметра. Для определения цены деления планиметра на том же листе чертежа следует планиметром обвести не менее трех раз квадрат со сторонами 5 x 5 см. Разница между отдельными показаниями не должна превышать 2 %. Затем площадь квадрата вычисляют в соответствующем масштабе и размерности измеряемых величин.

Например, при масштабах эпюры скоростей: вертикальный (глубина) – в 1 см 0,5 м, горизонтальный (скорость) – в 1 см 0,2 м/с площадь обведенного квадрата размером 5 x 5 см будет соответствовать $(5 \times 0,5) \times (5 \times 0,2) = 2,5 \text{ м}^2/\text{с}$.

При масштабах эпюры элементарных расходов: вертикальный (элементарный расход) – в 1 см 1,0 м²/с, горизонтальный (ширина русла) – в 1 см 20 м площадь обведенного квадрата будет соответствовать $(5 \times 1,0) \times (5 \times 20) = 500 \text{ м}^3/\text{с}$.

Цену деления планиметра получают в результате деления площади квадрата, выраженной в соответствующих величинах, на показания планиметра, полученные при обводке этого квадрата. Цену деления вычисляют с округлением до четырех значащих цифр;

219

- вычисленные значения средней скорости на вертикалях откладывают на профиле поперечного сечения от линии уровня воды вверх по линиям, обозначающим скоростные вертикали, в том же масштабе, который был принят при построении эпюр распределения скорости на вертикали.

Через верхние, конечные точки построенных таким образом отрезков и точки урезов воды (или границ мертвого пространства) проводят плавную кривую–эпюру распределения средней скорости по ширине реки;

- с эпюры распределения средней скорости по ширине реки снимают значения средней скорости для каждой промерной вертикали, которые выписывают в предпоследнюю строчку под чертежом профиля;

- значения средней скорости для каждой промерной вертикали умножают на рабочую глубину промерных вертикалей, в результате чего получают значения элементарного расхода на этих вертикалях, которые выписывают в последнюю строчку под чертежом профиля с точностью до трех значащих цифр, но не точнее $0,01 \text{ м}^3/\text{с}$;

- значения элементарного расхода откладывают вверх от профиля в масштабе, при котором наибольшее значение элементарного расхода изображалось бы отрезком, равным 7-10 см. По верхним конечным точкам отрезков, изображающих значения элементарного расхода, и точкам урезов воды (или границ мертвого пространства) проводят плавную кривую–эпюру распределения элементарного расхода по ширине реки.

- вычисляют расход воды. Для этой цели путем планиметрирования определяют площадь эпюры распределения элементарного расхода, которая (после перевода в $\text{м}^3/\text{с}$ в соответствии с ценой деления планиметра) численно равна расходу воды;

- гидравлические характеристики расхода воды, полученные в результате графического вычисления расхода, выписывают в таблицу «Принятые данные, рядом или в виде дроби с полученными данными по аналитической обработке.

Дополнительно для изучения распределения скорости течения в поперечном сечении потока и с целью анализа на чертеже графической обработки расхода вычерчивают линии равных скоростей (изотакс). Для этого предварительно строят эпюры распределения поверхностной и донной скоростей по ширине реки, так же как эпюру распределения средней скорости. Значения поверхностной и донной скоростей по всем вертикалям снимают с годографов, затем эпюры распределения скорости по вертикалям и эпюры поверхностной и донной скоростей по ширине пересекают линиями, отсекающими на оси скорости эпюр значения скорости течения, равные выбранным значениям изотакс.

Точки пересечения указанных линий с линией эпюры проектируют на ось глубины потока – для эпюр на вертикалях, на линию поверхности воды – для эпюры поверхностной скорости и на линию дна – для эпюры донной скорости.

По найденным таким образом проекциям точек проводят плавные линии, соединяющие точки с одинаковыми значениями скорости – изотакс. В зависимости от значения наибольшей скорости изотакс назначают через 0,5; 0,10; 0,20 или 0,50 м/с с таким расчетом, чтобы всего в поперечном сечении было не менее пяти и не более восьми – десяти изотакс.

17.1.8 Вычисление расхода воды (или части расхода), измеренного глубинным поплавком по вертикалям (со скоростями течения менее 0,15 м/с), производят так же, как расхода, измеренного вертушкой. Образец вычисления приведен в таблице 17.6.

Таблица 17.6 – Вычисление скорости течения по продолжительности хода поплавка

Расстояние между створами, м	Продолжительность хода поплавка, с (от – до)	Скорость течения, м/с	Расстояние между створами, м	Продолжительность хода поплавка, с (от – до)	Скорость течения, м/с
1	больше 67	0,01	2	37–44	0,05
	40–66	0,02		31–36	0,06
	29–39	0,03		27–30	0,07
	22–28	0,04		24–26	0,08
	19–21	0,05		22–23	0,09
	16–18	0,06		20–21	0,10
	14–15	0,07		18–19	0,11
	12–13	0,08		16–17	0,12
	11	0,09		15–16	0,13
	10	0,10		14	0,14
				13	0,15

Контроль измерений расходов воды выполняют специалисты сетевого гидрологического подразделения сразу же после измерения и вычисления каждого расхода воды с целью выяснения, не допущено ли при этом каких-нибудь грубых ошибок. Контроль состоит:

- в выяснении, соответствуют ли измеренные значения расхода воды и площади водного сечения выявленным ранее зависимостям расходов воды и площадей водного сечения от высоты уровня воды;

- в оценке достаточности измерений расходов воды и правильности их распределения во времени за отдельные сезоны и за весь год в зависимости от хода уровня и водного режима для надежного вычисления стока воды. Для выяснения соответствия измеренных значений расходов воды и площадей водного сечения выявленным ранее зависимостям используется чертеж рабочей кривой расходов воды.

Для наглядного представления о том, насколько часто и правильно по времени измеряют расходы воды в зависимости от хода уровня и водного режима, используют хронологический график уровня воды, который составляет наблюдатель в течение года. Наблюдатель на этом графике на соответствующую дату измерения расхода воды ставит черточку или флажок и пишет над ним порядковый номер измерения с начала года. Рассматривая этот график, можно судить, насколько подробно освещены измерениями весеннее половодье, отдельные дождевые паводки, летняя и зимняя межень.

По этому графику специалист сетевого гидрологического подразделения, посещающий пост, уточняет с наблюдателем частоту измерения расходов и распределение их по времени в зависимости от колебаний уровня воды.

17.2 Рациональная организация измерения скоростей потока гидрометрической вертушкой

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

При размещении скоростных вертикалей по ширине потока необходимо соблюдать следующие условия: в основной части потока скоростные вертикали

следует назначать таким образом, чтобы отсеки живого сечения, ограниченные соседними скоростными вертикалями, пропускали примерно одинаковые частичные расходы q_s полного расхода Q , составляющие

$$q_s = \frac{Q}{(N_v + 1)} \quad (17.22)$$

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

- скоростные вертикали назначают только в пределах живого сечения потока. Границы мертвых пространств должны быть установлены до начала или во время измерения скоростей пуском поверхностных поплавков или по результатам рекогносцировочных измерений скоростей вертушкой;
- прибрежные вертикали, а также вертикали, граничащие с мертвым пространством водного сечения, назначают на таком расстоянии от берегов или мертвого пространства, чтобы частичный расход воды в краевом отсеке не превышал 30 процентов частичных расходов основной зоны живого сечения;
- при измерениях в период ледостава назначение скоростных вертикалей производят не только с учетом поперечного профиля русла, но и формы нижней поверхности льда, характера скоплений шуги.

Количество точек измерения и их относительное заглубление под поверхность воды (льда) назначают в зависимости от способа измерения расхода воды, способа крепления гидрометрической вертушки в потоке, состояния русла и с учетом необходимого соотношения глубины на скоростной вертикали (h) и диаметра винта вертушки (D) в соответствии с таблице 17.7. Если же h меньше $5D$, необходимо перейти на вертушку с винтом меньшего диаметра, либо измерение скоростей выполнять поплавками.

Таблица 17.7 – Соотношение рабочей глубины на вертикали (h) и диаметра лопастного винта (D) вертушки при одно- и многоточечных измерениях средней скорости на вертикали

Число точек на вертикали		Соотношение h и D
свободное русло	зарастание, ледостав, шуга	
1	1	$h \geq 1,5D$
2	3	$h \geq 5D$
5	6	$h \geq 10D$

Заглубление вертушки рассчитывают относительно ее горизонтальной оси. При установке вертушки на скоростной вертикали в различных точках по глубине должны быть соблюдены следующие условия:

- вертушку располагают 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 либо в период ледостава таким образом, чтобы избежать касания лопастей с дном реки и ледяными образованиями (в том числе скоплениями шуги и т. п.);
- установку вертушки в точках измерения следует выполнять с абсолютной среднеквадратической погрешностью: 1 см – при рабочей глубине на скоростных вертикалях до 1 м; 2 см – при глубинах от 1 до 3 м; 5 см – при глубинах от 3 до 5 м; 10 см – при глубинах более 5 м. При измерении скоростей потока можно использовать два способа крепления вертушки на штанге;

- вертушку жестко закрепляют на штанге зажимными винтами на требуемой высоте и нижний конец штанги опускают до дна потока;
- штангу не упирают в дно, а жестко фиксируют так, чтобы ее нижний конец находился на требуемой глубине; вертушку неподвижно крепят на нижнем конце штанги и поднимают или опускают вместе с нею. Ориентацию оси вертушки устанавливают по штанговому указателю.

Продолжительность измерения скорости в точке ($T_{и}$, с) должна составлять:

$$T_e = 100 + \Delta t, \quad (17.23)$$

где Δt – время до первого сигнала после 100 с; для однооборотных вертушек $\Delta t=0$.

При обосновании ускоренных способов измерения расхода воды следует рассчитывать необходимое значение $T_{и}$, обеспечивающее сглаживание пульсаций скорости в зависимости от допускаемой погрешности измерений δ_a , числа K_a и среднего времени корреляции скорости T_k :

$$\dot{O}_e = \geq \dot{O}_e \left(5 \ln \frac{K_a}{\delta_a} \right)^{1,5}, \quad (17.24)$$

при этом δ_a меньше или равно K_a . Время корреляции T_k для равнинных рек составляет в среднем 5–10 с. Минимальное допускаемое значение $T_{и}$ для любых условий должно быть не менее 40 с.

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

17.3 Оптимизация измерений средней скорости на вертикали основным способом

17.3.1 При основном способе измерения расхода воды скорости потока измеряются в двух точках вертикали; при этом средняя скорость на вертикали вычисляется по формуле:

$$v = 0,5v_{0,2} + 0,5v_{0,8}, \quad (17.25)$$

где $v_{0,2}$ и $v_{0,8}$ – местные скорости, измеренные на относительном заглублении 0,2h и 0,8h соответственно.

В общем случае весовые коэффициенты a_1 (при $v_{0,2}$) и a_2 (при $v_{0,8}$) должны изменяться в зависимости от распределения скоростей по вертикали. Оптимальные значения a_1 и a_2 можно рассчитать методом наименьших квадратов по ряду из измерений скоростей на вертикали в характерных условиях (для стрежневой зоны, в прибрежных отсеках – отдельно для половодья, зимней, летней межени и т. п.):

$$a_1 = \frac{\sum_{i=1}^N (v_a - v_{0,8})_i (v_{0,2} - v_{0,8})_i}{\sum_{i=1}^N (v_{0,2} - v_{0,8})_i^2}, \quad (17.26)$$

$$a_2 = 1 - a_1$$

где v_d – действительная средняя скорость на вертикали, вычисленная по данным измерений в пяти и более точках.

Длина ряда N должна составлять не менее 100 членов.

В случае, когда эпюра скоростей $v(z)$ имеет устойчиво заглубленный максимум (при его заглублении на $(0,4-0,5)h$), и выпуклую форму (без точек перегиба), оптимальная расчетная формула основного способа имеет вид:

$$v = 0,53v_{0,2} + 0,47v_{0,8} \quad (17.27)$$

17.4 Текущий контроль качества измерений

17.4.1 Контроль качества гидрометрических данных проводят на основе совокупностей измеренных уровней и расходов воды за ряд лет, в течение которых условия протекания потока в гидростворе существенно не менялись, т. е. соблюдалась однородность естественных и антропогенных факторов, влияющих на пропускную способность русла. При этом данные наблюдений за предшествующий период (при условии их достоверности) служат базой сравнения и контроля текущих измерений.

Отклонения уровней, являющиеся результатом систематических погрешностей и промахов, выявляют посредством сопоставления соответственных уровней на постах, расположенных на одной реке. Дополнительную проверку исходной информации производят в случае, если имеет место соотношение

$$\Delta H_{c_i} > 2\sigma_i, \quad (17.28)$$

где ΔH_{c_i} – отклонение среднего уровня воды за 1–е сутки от осредненной связи соответственных уровней;

σ_i – среднее квадратическое отклонение измеренных уровней от этой зависимости, полученной по данным наблюдений за прошлые периоды.

Анализ качества уровненых наблюдений должен включать контроль принятых приводок нулей уровнемерных устройств, моментов из изменений и необходимую корректировку данных.

Текущий контроль и анализ качества измерений расходов воды осуществляют по зависимостям расхода воды и его основных гидравлических элементов (площади водного сечения, ширины русла, средней и наибольшей глубин и скоростей течения, уклона водной поверхности) от уровня, а также по комплексным графикам гидрометеорологических наблюдений. Дополнительно могут быть использованы графики изменения средней и низшей отметок дна в гидростворе, совмещенные профили, а также зависимости от уровня средних скоростей течения на отдельных вертикалях.

В результате анализа устанавливают промахи и систематические погрешности, связанные с нарушением принятой методики измерений, неисправностью или неправильным использованием измерительных средств. Выявленные систематические погрешности должны быть устранены введением компенсирующих поправок, а промахи — исключены из совокупностей. Анализ изменения элементов расхода позволяет установить также изменение условий протекания потока. Например, при размыве или намыве дна наблюдается резкое отклонение точек в поле графика $F(H)$, а при переменном подпоре или попусках могут образоваться петлеобразные зависимости или дополнительное рассеяние значений скоростей.

17.4.2 Наряду с указанной проверкой и анализом результат каждого измерения должен быть подвергнут контролю, основанному на использовании объективных критериев, устанавливающих допускаемые отклонения измеренных расходов воды от осредненной за многолетие зависимости расходов воды от уровня $Q=f(H)$. Тесноту этой связи выражает относительное среднее квадратическое отклонение σ_q измеренных расходов воды Q_i от расчетных значений Q_p , определяемых по кривой расходов или аналитической зависимости $Q=f(H)$ при тех же уровнях:

$$\sigma_q = \left[\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N \left(\frac{Q_i - Q_p}{Q_p} \right)^2 \right]^{0,5} \quad (17.29)$$

В общем случае рассеяние точек измеренных расходов воды σ_q от осредняющей связи $Q=f(H)$ обусловлено совокупным влиянием погрешностей измерения уровней и расходов воды и гидравлико-морфологических факторов, отражающих естественную изменчивость пропускной способности русла. К их числу относят деформации русла, переменный подпор, неустановившийся режим, зарастание русла, ледовые явления и др. Значения σ_q , как правило, достаточно постоянны в течение характерных фаз режима (паводок, межень зимняя и летняя) и для года в целом.

При контроле промахов для каждого измерения расхода воды устанавливают его относительное отклонение σ_i от кривой расходов.

Если σ_i находится в пределах 95 % доверительного интервала рассеяния $Q=f(H)$ т. е. $|\sigma_i| \leq 2\sigma_q$ результат измерения признают достоверным, в противном случае, при $|\sigma_i| > 2\sigma_q$ измеренный расход подвергают дополнительному анализу (например, распространенная причина систематической погрешности заключается в применении двойного слоя наметки промерного каната на барабане лебедки, что приводит к 6 % занижению расхода воды). Если анализ не обнаруживает погрешностей измерений, обуславливающих нарушение требования $|\sigma_i| \leq 2\sigma_q$, то большое значение $|\sigma_i|$ объясняют вариацией пропускной способности русла и данный расход включают в рассматриваемую совокупность.

В том случае, если при дополнительном анализе сомнительных значений расходов воды устанавливают источник погрешности (нарушение методики измерений), результаты отбраковывают.

17.5 Правила округления при обработке данных

17.5.1 При обработке расходов воды все промежуточные вычисления выполняют с точностью на разряд выше точности измерений, а именно: скорости – с точностью до 0,1 см/с; глубины – с точностью не более 0,1 см [ГОСТ 8.417].

Результирующие (выходные) данные – расход, площадь сечения, средняя скорость потока, средняя глубина и ширина сечения – подлежат округлению до трех значащих цифр, но не точнее 1 см/с (скорость), 1 см (глубина потока, расстояние).

Устанавливают следующие правила округлений:

– округление числа представляет собой отбрасывание значащих цифр справа до определенного разряда с возможным изменением цифры этого разряда.

Пример – Округление числа 132,48 до четырех значащих цифр будет 132,5;

– в случае, если первая из отбрасываемых цифр (считая слева направо) меньше 5, то последнюю сохраняемую цифру не меняют.

Пример – Округление числа 12,23 до трех значащих цифр дает 12,2;

– в случае, если первая из отбрасываемых цифр (считая слева направо) равна 5, то последнюю сохраняемую цифру увеличивают на единицу.

Пример – Округление числа 0,145 до двух значащих цифр дает 0,1;

– в случае, если первая из отбрасываемых цифр (считая слева направо) больше 5, то последнюю сохраняемую цифру увеличивают на единицу.

Пример – Округление числа 0,156 до двух значащих цифр дает 0,16;

– округление следует выполнять сразу до желаемого количества значащих цифр, а не по этапам.

Пример – Округление числа 565,46 до трех значащих цифр производится непосредственно на 565;

– целые числа округляют по тем же правилам, что и дробные.

18 Расход наносов: общее понятие, отбор проб мутностей

18.1 Общие понятия о речных наносах

18.1.1 Речная вода всегда содержит некоторое количество взвешенных наносов, состоящих в основном из частиц грунта. Наиболее насыщенной наносами вода в реке бывает в периоды весеннего половодья и дождевых паводков.

Наносы – это твердые частицы, образованные в результате эрозии водосборов и русел, переносимые водотоками и формирующие их ложе. Речные наносы подразделяют на три категории: взвешенные, влекомые и донные наносы (ГОСТ 19179).

Взвешенные наносы переносятся водным потоком во взвешенном состоянии. Влекомые наносы перемещаются водным потоком в придонном слое и движутся путем скольжения, перекатывания или сальтации (скачкообразно). Донные наносы формируют русло или пойму; они взаимодействуют с водными массами потока.

О степени насыщения речной воды наносами судят по величине мутности. Мутность воды – это содержание массы взвешенных наносов в единице объема смеси воды с наносами. Выражают величину мутности в граммах на кубический метр (г/м^3).

Общее количество взвешенных наносов, которое проносится через поперечное сечение реки в 1 с, называют расходом взвешенных наносов. Выражают величину расхода взвешенных наносов в килограммах в секунду (кг/с) (ГОСТ 8.417) и [2].

18.2 Учет стока взвешенных наносов

18.2.1 Сток взвешенных наносов учитывают двумя способами:

- по данным измерения мутности единичных проб;
- по графикам связи между расходами взвешенных наносов и расходами воды ($P_s=f(Q)$) согласно [2].

Первый способ предусматривает ежедневные наблюдения за мутностью реки на одной – двух постоянных вертикалях в установленные сроки и периодические измерения расходов взвешенных наносов с одновременным отбором контрольных единичных проб воды на мутность. По данным измерения расходов взвешенных наносов устанавливают переходные связи от мутности единичных проб к

действительной средней мутности воды в сечении реки. Среднюю мутность определяют как частное от деления расхода взвешенных наносов на расход воды.

Этот способ наиболее полно учитывает годовую амплитуду колебания мутности и ее суточный ход (по учащенным наблюдениям). Его следует использовать на реках с устойчивым руслом.

Исходными данными для определения стока взвешенных наносов первым способом служат:

- единичные пробы воды на мутность, отбираемые на посту ежедневно в постоянном месте живого сечения реки;
- пробы воды на мутность, отбираемые периодически по живому сечению реки при измерении расхода воды для определения расхода взвешенных наносов;
- контрольные единичные пробы воды на мутность, отбираемые при измерении расходов взвешенных наносов в том же постоянном месте живого сечения, что и единичные пробы;
- ежедневные расходы воды.

Второй способ основан на построении графической связи между измеренными расходами воды и расходами взвешенных наносов. Он предусматривает наличие достаточного количества измеренных расходов взвешенных наносов с освещением этими измерениями всех фаз водного режима реки, особенно половодья и паводков. Этот способ рекомендуют применять на реках со значительными деформациями русла, для которых первый способ неприменим из-за неустойчивости связи между средней мутностью и мутностью контрольной единичной пробы.

Исходными данными для определения стока взвешенных наносов вторым способом служат:

- измеренные расходы взвешенных наносов;
- измеренные расходы воды;
- ежедневные расходы воды.

18.2.2 В зависимости от режима реки сетевое гидрологическое подразделение организует на посту определенный комплекс работ, соответствующий избранному способу определения стока наносов. Для оценки состава переносимых рекой наносов отбирают пробы воды для определения крупности взвешенных наносов.

Для отбора проб воды со взвешенными наносами служат:

- батометр – бутылка на штанге (ГР–16, ГР–16М) [15].
- батометр – бутылка в грузе (ГР–15) [15].
- вакуумный батометр (ГР–61).

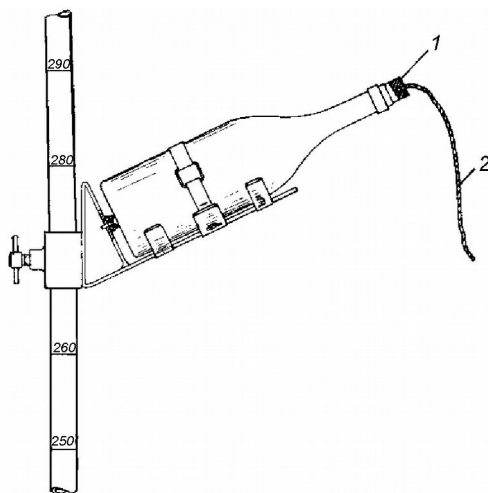
Непременным условием отбора проб воды со взвешенными наносами является соблюдение соответствия скорости воды в водозаборном наконечнике прибора и скорости потока в этой точке. В связи с этим необходимо регулировать время заполнения батометра в зависимости от скорости течения в реке применением сменных насадок с различными диаметрами входных отверстий [15].

Сетевое гидрологическое подразделение должно установить зависимость скорости течения на постоянной вертикали, где производят отбор единичных проб воды на мутность, от уровня воды на гидростворе и дать наблюдателю рекомендации по использованию соответствующих насадок при определенных уровнях воды.

При отсутствии стандартных приборов допустимо применение обычной бутылки емкостью 1 л, опускаемой в поток на штанге или с грузом в наклонном положении под углом 20 – 25 ° к вектору скорости потока и снабженной пробкой на бечевке, длина которой должна быть более глубины потока (рис.18.1). В периоды половодья и дождевых паводков при большой мутности ($>1000 \text{ г/м}^3$) можно применять бутылки емкостью 0,5 л. Бутылки должны быть обязательно светлого стекла с покатыми плечиками. Опускание бутылки в поток вертикально нельзя. Применение для отбора

проб полиэтиленовых бутылок также недопустимо.

18.2.3 ГР–16 отбирают пробы при скоростях течения до 1,5–2,0 м/с как точечным, так и интеграционным способами. Интеграционным способом можно брать пробы при глубинах не менее 1 м. Наибольшую возможную глубину для взятия проб интеграционным способом определяют длиной штанги и скоростью течения, при которой можно удержать штангу с прибором. При точечном способе этим прибором можно брать пробы при глубинах от 0,5 до 2,5 м. ГР–16 имеет трубку, направленную против течения, в которую набирают воду, и трубку 2, направленную по течению, из которой выходит вытесняемый воздух. Трубки служат для обеспечения поступления воды в бутылку с наименьшим нарушением естественных условий течения.



1 – пробка; 2 – шнурок

Рисунок 18.1 – Батометр – бутылка на штанге

В зависимости от скорости течения в реке время заполнения батометра регулируют сменными, с различными диаметрами входных отверстий, насадками, навинчиваемыми на водозаборную и воздухоотводную трубки.

Диаметры насадок при различных значениях уровня воды и скорости течения на постоянной вертикали, где берут единичные пробы, заблаговременно указывают наблюдателю специалисты сетевого гидрологического подразделения. Полное описание прибора изложено в его паспорте.

18.2.4 При глубинах менее 0,5 м применяют батометр ГР–16М, укрепляемый на штанге горизонтально и с трубками, устроенными так же, как у батометра в грузе.

ГР–16М имеет несколько больший диапазон применения по сравнению с ГР–16. Горизонтально расположенная в обойме бутылка позволяет отбирать пробы, начиная с 10 см над дном реки. Этим прибором можно отбирать пробы интеграционным способом при скоростях течения до 2 м/с, а точечным способом (при глубинах менее 2,5 м, с упором штанги о дно) – при скоростях до 3 м/с.

Перед каждым опусканием батометра–бутылки в воду трубки следует продуть, чтобы оставшиеся в них капли не препятствовали нормальному поступлению воды в бутылку.

18.2.5 ГР–15 можно брать пробы интеграционным способом на глубинах от 1 до 15 м и точечным способом на глубинах от 0,5 до 2,5 м при скорости течения не более 2,5 м/с. Батометр состоит из груза рыбовидной формы и литровой широкогорлой бутылки. Груз имеет корпус, хвостовое оперение и откидную головку с вертикальной прорезью, через которую наружу выходят две трубки: водозаборная и воздухоотводная. На хвостовом оперении имеется передвижной грузик, с помощью которого прибор уравнивается в горизонтальном положении.

Бутылка в собранном виде вкладывают в полость груза и укрепляют неподвижно с помощью откидной скобы, после чего закрывают переднюю откидную часть груза. Груз крепят к тросу и опускают с лебедки. Работы с батометром–бутылкой в грузе производят с любой переправы через реку.

В зависимости от скорости течения на водозаборную и воздухоотводную трубки ГР–15, так же как и для ГР–16 и ГР–16М, навинчивают насадки с различным диаметром входных отверстий (согласно таблице 16.1). Перед опусканием в воду ГР–15 трубки его следует продуть, так же как и у батометра ГР–16М.

18.2.6 Перед взятием пробы состояние бутылки–батометра проверяют. Бутылка должна быть чистой. без какого – либо осадка на дне и стенках. Вода из бутылки должна быть полностью слита. Для того чтобы стекло бутылки было прозрачным, ее следует два – три раза в месяц промывать «ершом» с мылом и прополаскивать чистой, без наносов, водой.

При установке батометра необходимо следить, чтобы обе трубки были расположены в одной вертикальной плоскости. При работе со штангой водозаборная трубка должна быть направлена перпендикулярно направлению створа, что проверяется по указателю на штанге.

По извлечении батометра на поверхность бутылку вынимают из обоймы или груза и при вертикальном ее положении измеряют объем взятой пробы по делениям на бутылке. Затем снимают пробку, воду в бутылке взбалтывают и всю взятую пробу переливают в другую, заранее пронумерованную чистую бутылку, в которой ее и доставляют для дальнейшей лабораторной обработки.

При переливании пробы необходимо следить, чтобы наносы не остались на стенках бутылки–батометра. Для этого пробу следует взболтать и быстро опрокинуть бутылку–батометр вниз горлышком над воронкой, вставленной в чистую бутылку. Чтобы не допустить разбрызгивания, пробу следует переливать в бутылку через большую воронку (объемом не менее 0,5 л). Оставшиеся на стенках батометра частицы наносов нужно смыть водой этой же пробы в бутылку.

18.2.7 Вакуумный батометр ГР–61 применяют для взятия проб точечным способом на глубинах от 0,1 до 20 м при скорости течения 0,5 м/с, а также интеграционным способом на глубинах от 1 до 20 м при скоростях течения 0,5 м/с, от 1 до 10 м при скоростях до 1 м/с и от 1 до 5 м при скоростях до 2,5 м/с. ГР–61 применяют на равнинных реках при высоте расположения вакуумной камеры над поверхностью воды не более 3–4 м. Работу с прибором можно производить с лодки, катера, понтона, мостика, люльки. При ширине реки менее 20 м камеру батометра можно устанавливать на берегу.

Принцип действия батометра основан на засасывании через заборный наконечник пробы воды за счет разрежения воздуха, создаваемого насосом в вакуумной камере. Батометр состоит из вакуумной камеры, ручного воздушного насоса и водозаборного наконечника, соединенных между собой двумя резиновыми шлангами. Полное описание прибора дано в его паспорте. На водозаборный наконечник, так же как и для батометров – бутылок, соответственно ожидаемой скорости течения в потоке навинчивают насадки разных диаметров (таблица 18.1). В комплект прибора входит кран–тройник со струбциной, вакуумметр и карабины, служащие для крепления шланга к тросу.

Таблица 18.1 – Диаметр насадок, навинчиваемых на водозаборную трубку вакуумного батометра, при разных скоростях течения воды в реке

Скорость, м/с	<1	1–2	>2
Диаметр, мм	6	4	3

Можно применять насосы двойного действия и других систем, например насос

Камовского. Этим насосом удобно и надежно пользоваться с приводом на электромотор.

В верхней части камеры (крышке) установлены три крана; два из них соединяются при помощи резиновых шлангов с насосом и водозаборным наконечником, через третий кран в вакуумную камеру поступает атмосферный воздух. В центре верхней части камеры имеется отверстие, закрытое герметически пробкой, служащее для установки вакуумметра, а также для промывания камеры.

18.2.8 Порядок работы с вакуумным батометром следующий.

Водозаборный наконечник присоединяют к одному концу водозаборного шланга, а другой конец шланга надевают на один из трех кранов, расположенных на верхней крышке вакуумной камеры.

В зависимости от глубины потока и скорости течения водозаборный наконечник укрепляют на штанге или грузе (на штыре в передней его части). Воздушный шланг одним концом присоединяют к насосу, а другим к одному из двух свободных кранов на верхней крышке камеры. Третий оставшийся свободным кран служит для сообщения камеры с атмосферным воздухом в момент прекращения забора пробы.

Перед взятием пробы закрывают нижний кран и два крана, находящиеся на верхней крышке камеры: кран, сообщающий камеру с атмосферой, и кран, на который надет водозаборный шланг. Кран, на который надет воздушный шланг, соединенный с насосом, остается открытым. Для удобства работы с батометром используется кран–тройник, входящий в комплект прибора. С помощью этого крана одной рукояткой можно соединять вакуумную камеру с насосом, водозаборным шлангом и атмосферным воздухом.

Водозаборный наконечник при взятии пробы в точке опускают против течения на штанге или грузе в заданную точку. При опускании на штанге водозаборный шланг следует придерживать рукой. При опускании на грузе и при значительных скоростях течения шланг закрепляют на тросе карабинами через 0,5–1,0 м по мере схода троса с лебедки барабана. При подъеме груза карабины открепляют от троса. Для работы на реке с малыми глубинами длину водозаборного шланга заблаговременно укорачивают, при этом надо учесть превышение ;места установки вакуумной камеры на переправе над отметкой самой глубокой точки дна реки с некоторым запасом.

При взятии пробы в камере батометра насосом создают начальный вакуум, который должен обеспечивать поступление воды в водозаборную трубку со скоростью, близкой к скорости течения воды в данной точке потока. В течение всего времени взятия пробы в камере насосом следует поддерживать постоянную степень разрежения воздуха (вакуума), величину которой в зависимости от скорости течения, длины водозаборного шланга и высоты расположения вакуумной камеры над поверхностью потока наблюдателю указывают специалисты сетевого гидрологического подразделения. В случае отсутствия в комплектации вакуумметра необходимую степень разрежения воздуха в вакуумной камере можно контролировать по времени наполнения камеры в зависимости от скорости течения воды в потоке и объема камеры.

В момент начала забора пробы открывают кран на верхней крышке прибора, к которому присоединен водозаборный шланг.

После того как камера заполнится до нужного объема (за наполнением камеры надо следить по шкале), быстро открывают кран, сообщающий камеру с атмосферой. Поступление воды в камеру прекратится, после чего закрывают кран, соединяющий камеру с водозаборным шлангом. Надо подождать, пока успокоится уровень воды в камере, и взять отсчет объема пробы по шкале с точностью до 20 мл. Продолжительность накопления вакуумной камеры батометра приведена в таблице 18.2.

Таблица 18.2 – Продолжительность наполнения вакуумной камеры батометра (с) при различных скоростях течения воды в реке

скорость течения, м/с	объём камеры, л		скорость течения, м/с	объём камеры, л	
	1	3		1	3
0,2	180	530	1,4	25	76
0,3	120	350	1,5	23	71
0,4	88	270	1,6	22	66
0,5	71	210	1,7	21	62
0,6	59	180	1,8	20	59
0,7	50	150	1,9	19	56
0,8	44	130	2,0	18	53
0,9	39	120	2,1	17	50
1,0	35	110	2,2	16	48
1,1	32	97	2,3	15	46
1,2	29	88	2,4	15	44
1,3	27	82	2,5	14	42

После отсчета объема по шкале пробу сливают в бутылку через нижний кран. При взятии пробы нельзя переполнять камеру водой, так как вода через воздушный шланг может попасть в насос и нарушить его работу.

При работе со шлангом длиннее 10 м необходимо перед взятием последующих проб выгнать оставшуюся в нем воду обратно в поток, что достигается нагнетанием воздуха насосом в камеру и открытием на короткое время крана, соединяющего камеру с водозаборным наконечником.

18.2.9 В случае отсутствия или повреждения стандартного батометра допускается производить отбор проб мутности обычной литровой бутылкой с выдерживающейся при помощи шнура пробкой. Бутылку прикрепляют к штанге или грузу в наклонном положении под углом 25 ° к горизонтальной плоскости, как показано на рисунке 16.1.

Обойму для прикрепления бутылки к штанге или грузу применяют ту же, что у барометра – бутылки ГР–16. К грузу обойму с бутылкой крепят на штыре в передней части груза.

Опускать бутылку в поток в вертикальном положении ни в коем случае нельзя, так как значения мутности будут сильно заниженными за счет недобора проскакивающих мимо горлышка бутылки крупных частиц.

Бутылки, используемые для батометра, широкогорлые и обычные с узким горлом, имеют емкость при полном заполнении несколько больше 1 л. При производстве наблюдений объем взятой пробы может оказаться и меньше 1 л, поэтому при каждом взятии пробы необходимо измерять ее объем. Для этой цели все применяемые для взятия проб мутности бутылки должны быть в верхней части, начиная с объема 800 мл, градуированы через 20 мл до края горлышка. Градуировку бутылок производят в сетевом гидрологическом подразделении или работниками подразделения непосредственно на посту путем нанесения делений на бутылке острой гранью напильника. Все бутылки, используемые для отбора проб, должны быть пронумерованы.

Кроме перечисленных выше приборов для взятия проб воды со взвешенными наносами на посту должны быть сосуды большой емкости (стеклянные или пластиковые бутылки 10 и 20–литров), которые следует использовать для отстоя декадных проб и для определения крупности.

18.3 Отбор единичных проб воды на мутность

18.3.1 Наблюдения за мутностью воды в реке состоят в ежедневных взятиях проб воды в постоянном месте и во взятии проб воды при измерении расходов взвешенных наносов, из которых затем соответствующими способами выделяют содержащиеся в них наносы.

Постоянное место взятия единичных проб выбирают в первый год наблюдений за наносами на одной или, при широкой реке и сложном профиле живого сечения, на двух стрежневых вертикалях. При наличии, кроме главного русла, протоки, несущей свыше 20 % общего расхода воды, единичные пробы в первый год наблюдений следует брать и на стрежне протоки. Пробы, взятые на двух вертикалях основного русла и в протоке, обрабатывают каждую в отдельности.

Единичные пробы воды на мутность ($S_{\text{ед}}$) наблюдатель отбирает, как правило, в гидростворе на одной или двух скоростных вертикалях, расположенных в стрежневой зоне потока, в сроки наблюдения за уровнем воды. При удаленности гидроствора единичные пробы можно отбирать в створе основного поста, в створе ближайшего дорожного моста, если по условиям протекания потока и транзита наносов участок реки, где они расположены, является однородным с участком гидроствора.

При переносе гидроствора для измерения расходов воды в межень на перекатный участок реки отбор единичных проб, если они брались в гидростворе, продолжают на прежнем месте до тех пор, пока наблюдается проточность воды.

В последующие годы место взятия единичных проб следует располагать в избранном ранее створе на постоянной вертикали, для которой отклонения $S_{\text{ед}}$ от средней мутности в живом сечении потока ($S_{\text{ср}}$), полученные при измерении расходов наносов, не превышают 20 %. При этом постоянную вертикаль располагают не обязательно на стрежне потока. Вопрос о необходимости отбора единичных проб в отдельных протоках решают также на основании анализа данных, полученных при измерении расходов наносов.

Выбирать место взятия единичных проб в непосредственной близости от берега категорически запрещается. Брать единичные пробы мутности у берега допускается только в крайнем случае, например, при ледоходе или лесосплаве. В этом случае пробы берут на расстоянии 2–3 м от берега в зоне с явно выраженным транзитным течением потока и при отсутствии местных размывов берегов, искажающих режим мутности в створе.

Местоположение постоянной вертикали закрепляют на местности видной меткой на настиле моста, на тросе; створными вехами или плавающими буйами. Наблюдатель должен при необходимости восстанавливать метки или какие-либо другие знаки, определяющие местоположение постоянной вертикали.

18.3.2 Сетевое гидрологическое подразделение указывает наблюдателю сроки отбора единичных проб на мутность в письменном задании. Непременным условием назначения оптимальных сроков наблюдения за мутностью является получение надежного значения ее среднесуточной величины.

Во время летней и зимней межени производят однократные наблюдения за мутностью воды (в 08 ч).

18.3.3 Единичные пробы воды на мутность берут суммарным (в двух точках – 0,2h и 0,8h), одноточечным (0,6h) или интеграционным способами в зависимости от глубин потока, степени изученности связи между мутностью единичных проб и средней мутностью в живом сечении.

Суммарный (0,2h и 0,8h) и точечный (0,6h) способы отбора проб мутности можно применять при глубинах не более 2,5 м. При глубине потока меньше 40 см батометр устанавливают в точке 0,5 рабочей глубины.

Для глубин менее 50 см целесообразно применять ГР–16М укрепленный на

штанге горизонтально.

Интеграционный способ отбора проб применяют при глубине от 1 м до глубины, гарантирующей неполное заполнение батометра при его извлечении из воды. В этом случае пробу берут путем равномерного опускания батометра от поверхности до дна и поднятия его также равномерно от дна на поверхность так, чтобы поступление воды в бутылку происходило непрерывно по всей глубине вертикали. Для того чтобы быть уверенным, что заполнение бутылки происходило на всем пути при опускании и поднятии непрерывно, объем взятой пробы должен быть больше 0,8 л и меньше 1 л.

Скорость равномерного опускания и подъема прибора наблюдатель определяет опытным путем под руководством специалиста сетевого гидрологического подразделения в зависимости от глубины и скорости течения потока.

18.3.4 Время выдержки батометра–бутылки в точке определяют от момента установки его в заданной точке по глубине до прекращения выделения пузырьков воздуха. Прекращение всплывания воздушных пузырьков означает, что бутылка полностью заполнена и ее можно поднять из воды.

Во всех случаях взятия единичных проб мутности батометром, укрепленным на штанге или тросе, следует опускать штангу или груз на дно осторожно избегая взмучивания наносов, отложившихся на дне. Особенно внимательным следует быть при малых глубинах, когда искусственное взмучивание у дна может сильно отразиться на мутности по всей вертикали. Приблизительно время заполнения батометра–бутылки при различной скорости потока можно определить по таблице 18.3

Таблица 18.3 – Время заполнения батометра-бутылки (с) в зависимости от скорости потока

Скорость потока, м/с	Батометр-бутылка на штанге	Батометр-бутылка в грузе
0,5	85	150
1,0	70	85
1,5	60	60
2,0	45	45
>2,0	40	40

18.3.5 В первый год наблюдений на посту для обеспечения возможности вычисления стока взвешенных наносов по мутности единичных проб следует брать пробы на мутность суммарным способом в течение всего года (если позволяют глубины потока), в крайнем случае интеграционно (если имеющийся на посту прибор не позволяет применить точечный способ), а при недостаточных глубинах (менее 40 см) – одноточечным способом.

При мутности потока от 100 до 50 г/м³ объем пробы должен быть не менее 2 л. Пробы в этом случае берут в двух точках одной вертикали (на 0,2 и 0,8 рабочей глубины) и сливают вместе. При недостаточной глубине берутся две пробы объемом 1 л на 0,6/г и сливают вместе. При интеграционном способе пробы берут дважды и также сливают вместе.

При мутности от 50 до 20 г/м³ и менее 20 г/м³ в период устойчивой межени, а на некоторых реках и в половодье, ежедневно взятые в один срок пробы объемом в 1 л каждая сливают в один сосуд соответственно по пентадам или декадам. В случае прохождения в период межени дождевого паводка слив проб прекращают и каждую из них фильтруют отдельно.

18.3.6 Первичную обработку проб мутностей проводят на посту. Пробы, взятые в два срока или учащенно, обрабатывают отдельно. Записи единичных проб мутности ведут в КГ–10, заполняемой ежедневно в двух экземплярах.

Обработанные за месяц фильтры с наносами вместе со вторым экземпляром полевой книжки (копия) направляют в сетевое гидрологическое подразделение, а

оттуда в стационарную лабораторию для дальнейшей их обработки.

Мутность единичных проб вычисляют в сетевом гидрологическом подразделении по получении от лаборатории копии КГ–10 с данными о массе наносов на фильтрах по формуле:

$$S_{\text{ед}} = \frac{m \times 10^6}{A}, \quad (18.1)$$

где m – масса наносов в пробе в граммах (берется с точностью до 0,0001 г);

A – объем пробы, мл;

$S_{\text{ед}}$ – мутность единичной пробы, г/м³.

Результат записывают с округлением до двух значащих цифр, но не точнее 0,01 г/м³. Затем значения мутности наносят на комплексный график и осуществляют текущий анализ хронологических изменений мутности совместно с ходом прочих элементов (уровень и расход воды, осадки, температура воздуха, толщина снега и льда, уклоны водной поверхности). Отмечают все особенности в режиме мутности, а также замечания о точности определения мутности. Явно неверные данные на чертеже перечеркивают. В случае надобности немедленно выясняют (письменно или выездом на пост) обстоятельства, вызвавшие неудовлетворительность результатов наблюдений.

18.4 Отбор контрольных единичных проб воды на мутность

18.4.1 Контрольную единичную пробу воды на мутность берут при каждом измерении расхода взвешенных наносов помимо единичных проб, которые отбирают в сроки наблюдений. Контрольные пробы берут в постоянном месте взятия единичных проб, в тех же точках и вертикалях, тем же способом и прибором, которыми берут единичные пробы воды на мутность.

Если мутность в реке за период измерения расхода воды сильно меняется, следует брать две контрольные пробы мутности: в начале и конце измерения расхода. Эти пробы нужно сливать в отдельные сосуды и фильтровать каждую в отдельности. Если при измерении расхода наносов при малой мутности пробы объединяют по всему живому сечению, контрольную пробу берут отдельно.

Объем контрольной пробы зависит от мутности реки. При мутности более 100 г/м³ достаточен объем около 1 л, при мутности от 50 до 100 г/м³ – около 2 л, при мутности менее 50 г/м³ – около 5 л.

Записи о взятии контрольных единичных проб ведут КГ–10 так же, как записи об ежедневных единичных пробах. Кроме этого, в книжке для записи измерений расходов воды и взвешенных наносов (КГ–6М(н)) в разделе «Особые замечание» следует записать время и место взятия контрольной пробы. Контрольные пробы обрабатывают на посту так же, как и единичные.

После вычисления мутности по контрольной пробе ее значение записывают в разделе «Принятые данные» (КГ–6М(н)), а также в рабочую таблицу, используемую в конце года для построения графика связи $S_{\text{ср}} = k S_{\text{ед.контр.}}$.

18.4.2 Объем пробы, которую необходимо взять для определения мутности как при отборе единичных, так и контрольных проб, при измерении расхода наносов точечным, суммарным или интеграционным способами зависит от преобладающей мутности потока в живом сечении. В таблице 18.4 приведены рекомендуемые объемы проб в зависимости от мутности.

Таблица 18.4 – Рекомендуемые объемы проб в зависимости от мутности

Мутность, г/м ³	>1000	от 1000 до 100	от 100 до 50	от 50 до 20	<20
Объем пробы, л	не менее 0,5	не менее 1	не менее 2	не менее 5	не менее 10

Указанные объемы проб позволяют получить осадок наносов на фильтре массой более 0,1 г. Преуменьшение объемов проб против указанного выше может привести к существенным потерям наносов при фильтровании.

Если емкость прибора не позволяет взять нужный объем за один прием, то берут соответствующее количество повторных проб. При интеграционном способе взятия пробы литровой бутылкой объем пробы может быть несколько меньше 1 л (800 – 950 мл), а при повторности – соответственно несколько меньше 2, 3 л и т. д.

Объем каждой пробы в отдельности должен быть измерен непосредственно после ее взятия. При применении ГР–61 отсчет объема пробы делают по шкале прибора, при применении ГР–16 на штанге, или ГР–15– на основании заранее произведенной градуировки их в верхней части по нанесенным штрихам. Объем пробы записывают с точностью до 10–20 мл.

Если по какой-либо причине объем пробы на реке не измерен, что всегда является нежелательным, то делают метку уровня воды на бутылке, в которой пробу отправляют в лабораторию для последующего определения объема пробы.

19 Измерение и вычисление расхода наносов, особенности

19.1 Измерения расхода взвешенных наносов

19.1.1. Пробы воды на мутность для измерения расхода взвешенных наносов берут в основном гидростворе на всех скоростных вертикалях (в основном русле, на пойме и в протоках) одновременно с измерением скоростей течения, выполняемым при измерении расходов воды.

Гидроствор для учета наносов должен удовлетворять неременному условию отсутствия на участке поста выше створа спуска сточных и промышленных вод, если программа работ не предусматривает изучение влияния сброса сточных вод в районе данного поста. Изучение влияния сброса сточных и промышленных вод на сток наносов производят по специальному заданию.

В случае перенесения створа для измерения расхода воды в межень на пережат расходу взвешенных наносов определяют приближенно по средней мутности суммарной пробы, составленной из проб, взятых на скоростных вертикалях (всех или в уменьшенном их числе, но не менее четырех) в том створе, в котором производились паводочные измерения расходов воды и взвешенных наносов.

При измерении расходов воды гидрологическими расхода мерами (водосливы, лотки) или методом смешения ограничиваются определением средней мутности потока по суммарным пробам, взятым на одной – двух вертикалях в створе, расположенном при наличии водослива несколько выше распространения подпора, при наличии лотка или контрольного русла – в пределах подходного канала, при методе смешения – на пусковом створе.

19.1.2 При измерении расхода взвешенных наносов пробы воды на мутность отбирают следующими способами:

- точечным (детальным, основным, одноточечным);
- суммарным;
- интеграционным.

Наиболее точное значение расхода взвешенных наносов получают при измерении мутности детальным способом в пяти точках по глубине (у поверхности, на 0,2h, 0,6h, 0,8h и у дна) на всех скоростных вертикалях. Пробы наносов отбирают одновременно с измерением скорости на каждой вертикали. Этот способ применяют в первые два года наблюдений в периоды, когда средняя мутность в живом сечении

превышает 100 г/м^3 . Он служит основанием для перехода на измерения расходов взвешенных наносов более простыми и менее трудоемкими способами: основным, суммарным и интеграционным. Переход считают возможным, если расходы наносов, обработанные по сокращенному количеству вертикалей и точек, будут отличаться от расходов, обработанных по всем вертикалям и точкам, не более чем на 10 %. Измерения расходов наносов детальным способом наблюдатель производит при участии специалиста сетевого гидрологического подразделения.

На больших и средних реках расход наносов основным способом измеряют при ледоставе и при свободном русле на скоростных вертикалях в двух точках: 0,2 и 0,8 рабочей глубины. На малых реках берут одну пробу на вертикали (на глубине 0,6h).

В периоды, когда мутность реки превышает 100 г/м^3 , пробы, отобранные в двух точках по вертикали, обрабатывают каждую в отдельности.

При средней мутности реки от 100 до 20 г/м^3 пробы, отобранные в двух точках на вертикали (на глубине 0,2h и 0,8h), сливают в один сосуд для последующего анализа. Отбор проб в одной точке вертикали (на глубине 0,6h) производят дважды, после чего обе пробы для последующего анализа сливают в один сосуд.

Суммарный способ взятия проб при измерении расхода наносов применяют при средней мутности меньше 50 г/м^3 . Периоды, когда следует применять указанный способ сетевое гидрологическое подразделение устанавливает на основе наблюдений прошлых лет. При суммарном способе пробы объемом 1 л каждая берут в точках 0,2h и 0,8h и сливают в один сосуд. В КГ–10 записывают объем каждой пробы в отдельности и суммарный объем слитых вместе проб. При мутности меньше 20 г/м^3 можно объединять пробы не только по вертикали, но и по всему живому сечению. Объем такой пробы должен быть не менее 10 л.

Интеграционный способ отбора проб применяют в тех случаях, когда имеющийся в наличии прибор не позволяет по условиям глубины потока отбирать пробы в точке; его используют также для сокращения времени измерений при быстром изменении гидравлических характеристик потока. Пробу берут путем плавного перемещения прибора по глубине вертикали от поверхности до дна потока и обратно. При емкости прибора 1 л объем пробы должен составлять 800–950 мл.

При средней мутности потока от 100 до 20 г/м^3 на каждой вертикали отбирают по две пробы и для последующего анализа сливают их в один сосуд. При мутности менее 20 г/м^3 целесообразно пробы объединять по всему живому сечению.

19.1.3 При зарастании русла измерение мутности на вертикалях основным способом (так же, как и скоростей течения) производят в трех точках: на 0,15; 0,5 и 0,85 рабочей глубины. При глубине на вертикали менее 0,5 м мутность измеряют в одной точке – на 0,5 рабочей глубины.

19.2 Сокращенный способ измерения расхода взвешенных наносов

19.2.1 На больших и средних реках с устойчивым руслом можно применять сокращенный способ измерения расхода взвешенных наносов (по единичной мутности потока на репрезентативной вертикали). Основанием для перехода на сокращенный способ измерения служит устойчивая многолетняя связь между средней мутностью реки $S_{\text{ср}}$, определенной из измеренного основным способом расхода взвешенных наносов, и мутностью на репрезентативной вертикали S_p , расположенной в стрежневой зоне потока. При этом неизменным условием является устойчивое в течение всего года местоположение репрезентативной вертикали от постоянного начала по всей амплитуде колебания уровня воды.

Для выбора репрезентативной вертикали должны быть построены графики связи $S_{\text{ср}} = f(S_i)$, где индексом i обозначен порядковый номер вертикали. В качестве репрезентативной принимают ту вертикаль стрежневой зоны потока, которая дает наиболее устойчивую многолетнюю связь измеренной мутности со средней

мутностью потока. Полоса рассеяния точек на графике связи $S_{cp} = f(S_i)$ не должна превышать 20 %.

19.2.2 Расход взвешенных наносов P_s вычисляют путем умножения средней мутности, определенной на репрезентативной вертикали с учетом переходного коэффициента K_p , на расход воды. Расход воды может быть определен любым способом, в том числе и сокращенным способом по репрезентативной вертикали: $P_s = S_p Q$.

Переходные коэффициенты K_p получаются путем деления расхода наносов, измеренного основным способом, на расход наносов, измеренный по репрезентативной вертикали:

$$K_p = \frac{P_{sini}}{P_{Sp}} \quad (19.1)$$

Значения K_p могут изменяться от 0,9 до 1,1.

19.3 Измерения стока взвешенных наносов на реках с малой мутностью

19.3.1 На реках зон малой мутности допустимо не измерять сток взвешенных наносов в меженный период, если мутность воды менее 50 г/м³. а сток взвешенных наносов за этот период составляет менее 10 % годового стока наносов.

Сток наносов вычисляют для целого года. В период, когда измерения мутности воды не производились, сток взвешенных наносов учитывают по его доле в годовом стоке. Эту долю устанавливают по результатам полных круглогодичных наблюдений за прошедшие годы. Период, за который вычисляют среднюю многолетнюю долю стока взвешенных наносов в межень, должен быть достаточно репрезентативным, охватывая, по крайней мере, маловодный и многоводный периоды. Пример выбора приведен в таблице 19.1 откуда следует, что наблюдения за мутностью воды можно не производить в течение января, февраля, ноября и декабря месяцев, а суммарный сток взвешенных наносов за эти месяцы следует принимать равным 6,3 % годового стока наносов.

Таблица 19.1 – Доля стока наносов за равные периоды года от годового, проценты

Годы	Доля стока		Годы	Доля сток	
	за половодье и паводки (март–октябрь)	за межень (январь, февраль, ноябрь, декабрь)		за половодье и паводки (март –октябрь)	за межень (январь, февраль, ноябрь, декабрь)
1949	98,0	2,0	1964	96,0	4,0
1950	81,4	18,6	1965	94,5	5,5
1951	95,7	4,3	1966	97,5	2,5
1952	90,9	9,1	1967	95,9	4,1
1953	97,7	2,3	1968	95,2	5,8
1954	95,8	4,2	1969	87,5	12,5
1955	96,2	3,8	1970	95,3	4,7
1956	96,9	3,1	1971	82,0	18,0
1957	95,1	4,9	1972	95,4	4,6
1958	94,7	5,3	1973	90,9	9,1
1959	96,4	3,6	1974	93,1	6,9
1960	89,1	10,9	1975	97,8	2,2
1961	95,2	4,8	1977	93,6	6,4
1962	96,0	4,0	1980	91,1	8,9
1963	97,7	2,3	1981	93,2	6,8

Средний за 1949–1975, 1977,1980,1981			93,7	6,3

19.3.2 Для вновь открываемых постов доля межennale стока наносов и период, когда измерения можно не вести, устанавливают после проведения круглогодичных наблюдений за мутностью воды в течение 10 лет.

Средняя годовая доля стока взвешенных наносов может быть рассчитана отдельно для летней и зимней межени, если по величинам стока наносов периоды значительно отличаются. Однако, в общем, доля неизмеряемого стока не должна превышать 10 % годового стока наносов.

При назначении сокращенного периода, в течение которого производят наблюдения за мутностью воды, необходимо для контроля учитывать внутригодовое распределение мутности, а именно – число суток с мутностью более 50 г/м³.

19.4 Вычисление расходов взвешенных наносов

19.4.1 Вычисление расходов взвешенных наносов, измеренных детальным способом, производят графическим методом, а измеренных основным (двухточечным), однотоочечным, суммарным и интеграционным способами – аналитическим методом.

19.4.2 Расходы взвешенных наносов измеряют отдельно для основного русла, поймы и протоков (даже если последние объединены с основным руслом при данном уровне воды общим зеркалом воды). Полный расход в этих случаях определяют по сумме расходов основного русла, поймы и протоков.

19.4.3 Расход взвешенных наносов графическим методом вычисляют с использованием чертежа, послужившего для вычисления расхода воды, согласно рисунка 19.1.

По данным о массе наносов в пробе предварительно вычисляют мутность воды. Результат записывают с округлением до двух значащих цифр, но не точнее 0,01 г/м³.

На эпюрах распределения скоростей течения по глубине строят эпюры мутности для анализа характера распределения мутности по глубине и выявления сомнительных исходных данных. В случае сомнительности данных о мутности отдельных проб проверяют вычисления мутности, достоверность записи объема пробы, а в случае надобности – и массу наносов на фильтре. Мутности, не согласующиеся с общим характером распределения мутности по глубине вертикали, в дальнейшей обработке во внимание не принимают.

При построении эпюр мутности горизонтальный масштаб принимают в зависимости от наибольшей мутности в сечении с расчетом, чтобы наибольшая ширина преобладающего числа эпюр соответствовала наибольшей ширине эпюр скорости.

Сомнительные точки также наносят на график, но перечеркивают. С эпюр мутности, проведенных без учета таких точек, снимают на соответствующей глубине значение мутности для вычисления единичного расхода взвешенных наносов.

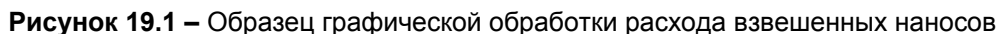
Принятые значения мутности перемножают на соответствующие по глубине значения скорости течения в точках. Полученные значения единичных расходов взвешенных наносов $\alpha = Sv$ г/с (с·м²) записывают в КГ–6М(н) с округлением до двух значащих цифр, но не точнее 0,01 г/(с·м²).

По значениям единичных расходов взвешенных наносов на скоростных вертикалях строят эпюры распределения единичных расходов взвешенных наносов. Масштаб единичного расхода принимают таким, чтобы отношение ширины к высоте у эпюр центральных вертикалей было 0,7–1,3. Для удобства и точности вычислений рекомендуют откладывать значения единичного расхода по абсциссам влево от линии вертикалей, а значения мутности – вправо (совместно со скоростями).

Площади эпюр единичных расходов взвешенных наносов измеряют планиметрированием или подсчетом на миллиметровой бумаге чертежа количества квадратных сантиметров (т. е. способом палетки) с учетом вертикального и горизонтального масштабов. Численно эти площади равны элементарным расходам взвешенных наносов на вертикалях p_s в г/(с·м), значения которых выписывают в табличку под профилем двумя значащими цифрами, но не точнее 0,01 г/(с·м). Если значение p_s на всех вертикалях больше 1000 г/(с·м), допустимо ее записывать в кг/(с·м) также двумя значащими цифрами.

Делением значений элементарного расхода взвешенных наносов на глубину вертикалей находят значения средних единичных расходов наносов по вертикалям (a_{cp}), которые выписывают под профилем и служат для построения эпюры распределения средних единичных расходов по ширине реки. Масштаб для эпюры средних единичных расходов взвешенных наносов принимают тот же, что и для эпюры единичных расходов на вертикалях.

Если на некоторых вертикалях пробы берут в двух или одной точке, то эпюры мутности и единичных расходов не строят, а сразу же после оценки достоверности значений мутности аналитическим методом вычисляют средний единичный расход.



Над профилем строят эпюру распределения элементарных расходов взвешенных наносов по ширине реки. Масштаб для нее выбирают с таким расчетом, чтобы наибольшее значение элементарного расхода изображалось отрезком около 10 см. Площадь эпюры элементарных расходов измеряют планиметром или

способом палетки с учетом масштабов (горизонтального и вертикального). Численно она равна расходу взвешенных наносов P_s . Расход взвешенных наносов выражают в килограммах в секунду двумя значащими цифрами, но не точнее 0,001 кг/с.

Вычисляют среднюю мутность реки (в г/м³) по формуле:

$$S_{cp} = \frac{1000P_s}{Q} \quad (19.2)$$

двумя значащими цифрами, но не точнее 0,01 г/м³. Расход воды Q берут в кубических метрах в секунду с округлением до двух или трех значащих цифр.

Для анализа распределения мутности по ширине реки строят на том же чертеже эпюру средней мутности воды по данным на скоростных вертикалях. При этом мутность вычисляют по формуле

$$S_{cp} = \frac{p_s}{q}, \quad (19.3)$$

где p_s , q – элементарные расходы взвешенных наносов и воды, выраженные соответственно в г/(с·м) и м³/(с·м).

Эти данные выписывают в таблицу под профилем. Масштаб для построения эпюры средних мутностей принимают тот же, что и для эпюр мутностей на вертикалях.

19.4.4 Вычисление расхода взвешенных наносов аналитическим методом производят по одной из двух формул в зависимости от способа взятия проб мутности.

При взятии проб мутности двухточечным или одноточечным способом сначала вычисляют единичные расходы взвешенных наносов α г/(с·м²) в отдельных точках путем перемножения значений мутности на соответствующие значения скорости течения. Затем вычисляют для каждой скоростной вертикали средние единичные расходы взвешенных наносов по соответствующим формулам:

$$\alpha = 0,5(\alpha_{0,2} + \alpha_{0,8}), \quad (19.4)$$

$$\alpha_{\bar{n}\delta} = \alpha_{0,6} \quad (19.5)$$

В этих формулах α с индексами 0,2; 0,8; 0,6 означает единичный расход наносов в точках 0,2; 0,8; 0,6 рабочей глубины и т. д.

При заросшем водной растительностью русле применяют формулы:

$$\alpha_{\bar{n}\delta} = \frac{\alpha_{0,15} + \alpha_{0,5} + \alpha_{0,85}}{3}, \quad (19.6)$$

$$\alpha_{\bar{n}\delta} = \alpha_{0,5} \quad (19.7)$$

Расход взвешенных наносов вычисляют по формуле:

$$P_s = 0,001 \left[\kappa \alpha_1 f_0 + \left(\frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} \right) f_1 + \dots + \left(\frac{\alpha_{n-1} + \alpha_n}{2} \right) f_{n-1} + \kappa \alpha_n f_n \right], \quad (19.8)$$

где $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ средние единичные расходы взвешенных наносов на скоростных

вертикалях 1, 2, n (последней), г/(с·м²);

K – коэффициент, зависящий от характера распределения скоростей в прибрежной зоне потока;

f₀ – площадь водного сечения между берегом (границей мертвого пространства) и первой скоростной вертикалью, м²;

f₁, f₂, ..., f_{n-1} – площади водного сечения между вертикалями 1, 2, n-1 – (предпоследней), м²;

f_n – площадь между вертикалью n (последней) и берегом (границей мертвого пространства).

Входящие в вышеприведенные формулы площади водного сечения между скоростными вертикалями f₀, f₁, f_n вычисляют предварительно при вычислении расхода воды.

При взятии проб мутности суммарным или интеграционным способом по отдельным вертикалям мутность пробы соответствует средней мутности по вертикали. Расход взвешенных наносов в этом случае вычисляют по формуле:

$$P_s = 0,001 \left[S_1 Q_0 + \left(\frac{S_1 + S_2}{2} \right) Q_1 + \dots + \left(\frac{S_{n-1} + S_n}{2} \right) Q_{n-1} + S_n Q_n \right], \quad (19.9)$$

где S₁, S₂, S_n – средние мутности воды соответственно на вертикалях 1, 2, n (последней);

Q_n – частичный расход воды между берегом (границей мертвого пространства) и первой скоростной вертикалью;

Q₁, Q_{n-1} – частичные расходы воды между соседними вертикалями;

Q_n – частичный расход воды между последней вертикалью и берегом (границей мертвого пространства).

Входящие в вышеприведенную формулу частичные расходы воды между скоростными вертикалями вычисляют предварительно при вычислении расхода воды.

По расходу взвешенных наносов P_s кг/с и расходу воды Q м³/с вычисляют среднюю мутность для всего живого сечения потока S_{cp} г/м³. В формуле Q берут с округлением до двух или трех значащих цифр:

$$S_{cp} = \frac{1000 P_s}{Q} \quad (19.10)$$

В том случае, когда при суммарном или интеграционном способе и малой мутности потока пробы объединяют по всем вертикалям в одну пробу, характеризующую среднюю мутность всего потока, расход наносов вычисляют по формуле

$$P_s = 0,001 S_{cp} Q \quad (19.11)$$

где S_{cp} – мутность суммарной пробы, г/м,

Q – расход воды, м/с.

Вычисленные и проверенные данные о расходе взвешенных наносов и средней мутности живого сечения потока с указанием методики их определения вносят в таблицу «Принятые данные» полевой книжки (КГ–6М). В течение года эти данные заносят в таблицу «Измеренные расходы наносов» (ИРН) ЕД.

20 Наблюдения за гранулометрическим составом, обработка проб

20.1 Отбор проб для определения гранулометрического состава взвешенных наносов

20.1.1 Пробы для определения крупности взвешенных наносов берут в гидрометрическом створе одновременно с измерением расходов воды и взвешенных наносов на всех скоростных вертикалях, но отдельно от проб, предназначенных для измерения расхода наносов. При мутности более 1000 г/м^3 и при условии плавного изменения скоростей течения по ширине потока допускается уменьшение числа вертикалей, предназначенных для отбора проб (через одну), но так, чтобы осталось не менее четырех, располагающихся равномерно по ширине русла.

Пробы для определения крупности берут тем же прибором и способом, каким берут пробы мутности для измерения расхода наносов. При многоточечном способе измерения расхода наносов пробы для определения крупности берут в двух точках на вертикали: на 0,2 и 0,8 рабочей глубины.

Пробы, взятые в отдельных точках или интеграционно по вертикали, объединяют в одну пробу, характеризующую среднюю крупность взвешенных наносов для всего поперечного профиля реки.

В отдельных случаях по специальным заданиям Департамента по гидрометеорологии гранулометрический состав взвешенных наносов может быть определен для отдельных вертикалей или отдельных точек по глубине вертикали, в соответствии с чем, пробы обрабатывают и анализируют для каждой вертикали или каждой точки в отдельности.

20.1.2 Объем проб определяют величиной навески наносов (в граммах), требующейся для проведения лабораторного анализа, и мутностью воды в реке в период взятия пробы.

Объем суммарной пробы задается по следующей формуле:

$$W = \frac{1000\alpha}{S}, \quad (20.1)$$

где α – величина требуемой навески, г;

S – мутность воды, г/м^3 .

Для анализа методом фракциометра с выделением суммарной фракции меньше 0,05 мм необходима навеска от 0,5 до 2,0 г. Для анализа методом пипетка – фракциометр с выделением фракции меньше 0,001 мм необходима навеска от 0,5 до 5,0 г.

Отбор проб взвешенных наносов для определения гранулометрического состава любым из указанных методов целесообразно производить при мутности от 50 г/м^3 и выше. В зависимости от значения мутности объемы проб, необходимые для выделения требуемой навески, колеблются от 5 до 20 л. При мутности, 50 г/м^3 объем суммарной пробы не должен быть меньше 10 л.

20.1.3 Записи о взятии проб воды со взвешенными наносами для определения их крупности ведут в КГ–10, а в КГ–6М делают пометку о взятии таких проб и о суммарном объеме пробы. Сведения о месте взятия каждой отдельной пробы из числа объединяемых, их объем (для контроля), номера сосудов, в которые выливают пробы, записывают в КГ–10.

20.2 Отбор проб донных наносов

20.2.1 Изучение донных наносов в русле реки производят с целью получения данных о гранулометрическом составе (крупности), плотности частиц наносов,

плотности смеси наносов в естественном залегании и содержании в донных наносах органических веществ.

Донные наносы равнинных рек изучают путем отбора проб в русле. Пробы отбирают на основном гидростворе четыре–шесть раз в году в разные фазы водного режима:

- на подъеме, пике и спаде половодья;
- в период летнее – осенних паводков и в межень.

Пробы донных отложений наблюдатель отбирает на основном гидрометрическом створе. Если по каким–либо причинам отобрать пробы грунта на основном гидростворе нельзя, их отбирают на дополнительном створе, расстояние которого (в метрах) от основного (выше или ниже) указывают в КГ–6М и на этикетке к пробе, отправляемой на анализ в стационарную лабораторию. За одну дату отбирают несколько проб донных наносов по ширине русла.

При назначении числа отбираемых в русле проб необходимо предварительно оценить изменчивость крупности наносов по ширине реки. Оценку изменчивости состава наносов и назначение числа проб, которое необходимо отбирать в русле за одну серию (дату), выполняют специалисты сетевого гидрологического подразделения по материалам наблюдений за прошлые годы или непосредственно на гидрометрическом створе.

Точки взятия проб обычно приурочивают к скоростным вертикалям; при малой изменчивости гранулометрического состава по ширине реки пробы отбирают через одну скоростную вертикаль. В некоторых случаях при большой неравномерности распределения крупности частиц по ширине русла пробы донных отложений отбирают на каждой промерной вертикали. Всего в русле отбирается от 5 до 12 проб.

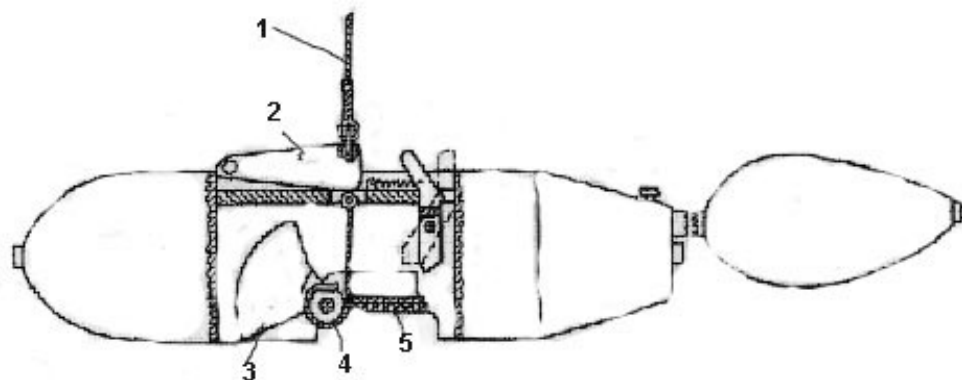
Каждую отобранную пробу помещают в отдельный мешочек (плотный матерчатый или полиэтиленовый), а затем просушивают до воздушно – сухого состояния в закрытом помещении на чистом листе бумаги.

В створах, где наблюдают значительную изменчивость крупности донных наносов по ширине потока (например, от тонких илов до песка с гравием), для получения характеристики среднего состава наносов в русле необходимо одновременно отбирать 8–12 проб.

В створах, где гранулометрический состав донных наносов изменяется в сравнительно узком диапазоне фракций и представлен в различных точках русла одним хорошо отсортированным видом грунта (например, илом, песками или гравием), достаточно отбирать 5–7 проб.

20.2.2 В зависимости от характера грунта, глубины и скорости потока для отбора проб донных отложений используют различные приборы. На крупных и средних равнинных реках следует применять отборник проб донных отложений ГР–86. На малых равнинных реках лучше применять штанговый дночерпатель ГР–91 [16]. и донный щуп ГР–69. До оснащения всех постов приборами ГР–86, ГР–91 и ГР–69 можно использовать также щуп Аполлова и донный щуп ГГИ.

Схема ГР–86, изображена на рисунке 20.1. Прибор предназначен для взятия проб несвязных и слабосвязных донных отложений со дна рек, каналов, озер и водохранилищ с глубиной до 30 м и скоростью течения до 2 м/с. ГР–86 рассчитан на работу с троса с применением лебедок или ГР–70. Прибор снабжен съемными дисками–грузами. Пробу отбирают со дна ковшом, приводимым в действие натяжением несущего троса в момент начала подъема отборника. При этом ковш поворачивается вокруг своей оси, врежется в грунт, забирая пробу. После отбора пробы режущие кромки ковша прижимаются к резиновой прокладке, предохраняя пробу от вымывания. Объем ковша 300 см³, общая масса прибора 43 кг, без съемных дисков 35 кг.



1 – несущий трос; 2 – поворотный рычаг; 3 – ковш; 4 – трос; 5 – резиновая прокладка

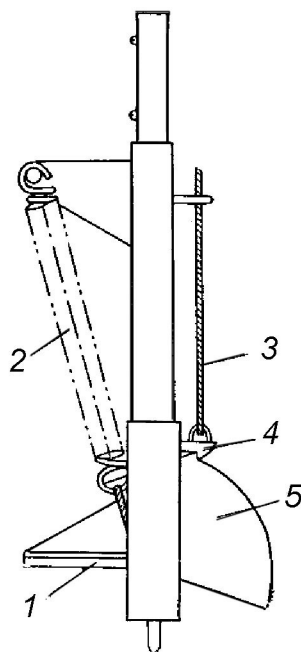
Рисунок 20.1 – Схема отборника проб донных отложений ГР-86

Дночерпатель представляет собой ковш, состоящий из двух шарнирно соединенных створок, вращающихся на горизонтальной оси. Прибор на тросе с открытыми створками опускают на дно, створки удерживаются при помощи цепочек и крюка-сбрасывателя, который при ударе прибора о дно освобождает цепочки. При подъеме створки закрываются и захватывают грунт. Дночерпатель предназначен для отбора проб грунтов от пылевато-илистых до песчано-гравелистых. Его следует использовать при глубинах до 10 м и скоростях течения до 1 м/с.

Штанговый дночерпатель ГР-91 предназначен для взятия проб илистых и песчано-гравелистых донных отложений со дна рек, каналов, озер и водохранилищ при глубинах до 2 м и скоростях течения до 2 м/с и рассчитан на работу со штанги ПИ-13 или ПИ-17. Прибор можно применять при глубине до 4,5 м, если скорости течения не превышают 1 м/с [16]. Схема действия ГР-91 изображена на рисунке 20.2. Для взятия проб дночерпатель укрепляют на гидрометрической штанге и опускают с открытым ковшом, удерживаемом в таком положении фиксатором. При достижении дна прибор плотно прижимают к нему и одновременно натягивают вверх гибкую тягу. При этом фиксатор освобождает ковш, который под воздействием пружин врежется в дно и отбирает пробу. Режущие кромки ковша прижимаются к резиновой прокладке и обеспечивают сохранность отобранной пробы. Емкость заборного ковша 300 см³. Масса прибора 3,5 кг.

Донный щуп ГР-69 предназначен для отбора проб донных отложений в водотоках и водоемах с илистым, песчаным, гравелистым и мелкогалечным дном, с глубиной до 6 м и скоростью течения до 1 м/с. Прибор состоит из заборного стакана и противовеса. Заборный стакан с противовесом может свободно вращаться на цапфах в вертикальной плоскости.

Конструкция прибора обеспечивает надежность его работы и предохраняет стакан с противовесом от перевертывания в момент опускания прибора. При взятии проб щуп опускают на дно и вдавливают в грунт, при этом давление грунта передвигает поршень вверх. Отобранную пробу доставляют на поверхность в перевернутом состоянии (заборным стаканом вверх). В верхней части прибора имеется наконечник, на который крепится гидрометрическая штанга или насадка для шеста. Масса прибора 3,8 кг. Объем отбираемой пробы 175 см³.



1 – резиновая прокладка; 2 – пружина; 3 – тяга; 4 – фиксатор; 5 – ковш

Рисунок 20.2 – Общий вид (а) и схема (б) штангового дночерпателя ГР–91

20.2.3 При отборе проб донных наносов необходимо следить за полнотой доставляемых со дна русла образцов. Если обнаружено, что наносы частично вымывались из прибора при его подъеме на поверхность, следует повторить отбор пробы в той же точке.

20.3 Обработка проб мутности и наносов на посту

20.3.1 Обработка на посту взятых наблюдателем проб воды для определения величины мутности и расхода взвешенных наносов заключается в выделении из воды наносов путем отстоя или фильтрования с последующей отсылкой их в лабораторию для дальнейшей обработки согласно [2]. Перечень оборудования и материалов для обработки проб наносов приведен в приложение М.

Для этого пробы воды в закупоренных пробками и пронумерованных прозрачных бутылках переносят в помещение, где и выполняют выделение наносов из воды:

- автоматическим фильтрованием;
- фильтрованием с предварительным отстоем наносов;
- фильтрованием под давлением, при наличии на посту прибора Куприна (ГР–60).

Фильтрование заключается в том, что воду с наносами пропускают через фильтр, изготовленный из специальной, мелкопористой бумаги, которая задерживает на поверхности и в порах все частицы наносов. Каждый фильтр присылают из лаборатории взвешенным, пронумерованным и упакованным в отдельном пакете из пергаментной или восковой бумаги. Вода, прошедшая через такой фильтр, получается прозрачной.

При малой мутности, когда взятые отдельно пробы сливают в одну общую бутылку и объем их составляет более 1 л, наносы выделяют путем предварительного отстоя, в результате которого они осаждаются на дне в нижнем слое воды. Осветленную верхнюю часть воды при помощи сифона сливают, а остаток воды, насыщенный наносами, объемом не более 1 л отфильтровывают.

Перечень оборудования, необходимого для производства фильтрации и отстаивания проб дан в приложении Н.

20.3.2 Порядок фильтрации следующий:

- в держатель фильтровальной полки шкафа для фильтрации устанавливают воронку, затем вскрывают конверт с фильтром. Фильтр смачивают в чистой воде, вкладывают в воронку и осторожно прижимают пальцами к стенкам воронки стараясь не повредить его поверхность. Под воронку подставляют чистую бутылку для сбора отфильтрованной воды. В соответствующую графу КГ–10 записывают номер фильтра;

- бутылку с наносами раскупоривают и вынутую пробку ополаскивают над воронкой с фильтром чистой водой;

- на горлышко бутылки с наносами надевают резиновый наконечник, который зажимают металлическим зажимом или просто пальцем. Затем пробу взбалтывают и бутылку, опрокинутую вниз горлышком, осторожно вводят одной рукой в гнездо полки. Приоткрывая горлышко бутылки, в воронку с вложенным в нее фильтром выливают часть воды из бутылки так, чтобы уровень в воронке немного не достигал края фильтра. Затем под горлышко бутылки подводят другой рукой держатель воронки с фильтром так, чтобы нижний край резинового наконечника на бутылке был погружен в воду в воронке и находился ниже края фильтра примерно на 1 см. Держатель воронки закрепляют на штативе винтом, резиновый наконечник постепенно разжимают и пробу оставляют для автоматического фильтрации. Бутылку с воронкой, которую подставляют для сливания отфильтрованной воды, пододвигают так, чтобы конец отростка воронки касался внутренней стенки бутылки, что ускоряет фильтрацию.

При большом количестве наносов, когда возникает опасение, что все наносы не поместятся в один фильтр, взятую пробу фильтруют по частям в два или несколько фильтров.

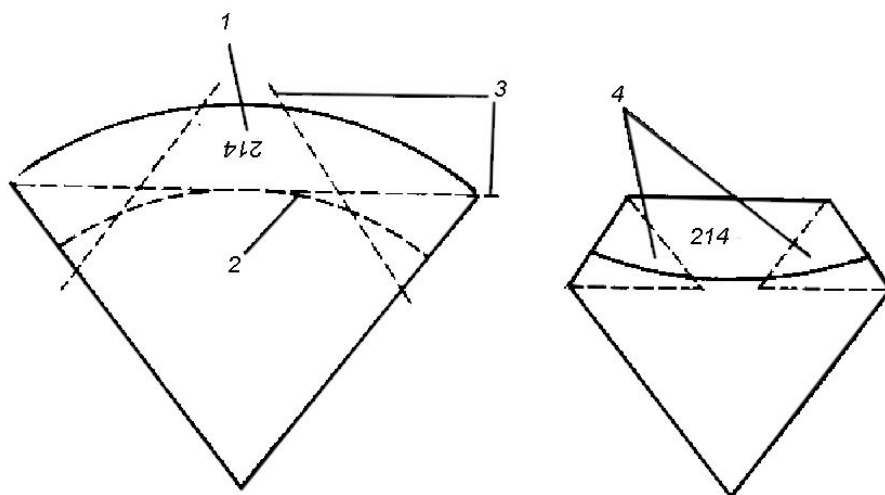
По окончании фильтрации опорожненные бутылки вынимают из гнезд. Для удаления осевших на стенках наносов каждую бутылку тщательно ополаскивают небольшим количеством чистой воды, сливаемой на фильтр, через который фильтровалась данная проба.

20.3.3 Влажные фильтры в воронках ставят на просушку в левое верхнее отделение шкафа на фанерную полочку с отверстиями. Подсохшие фильтры осторожно, чтобы не высыпались наносы, вынимают из воронок и кладут на досушивание в правое отделение, непосредственно на полочку с отверстиями. Окончательно просохшие фильтры складывают, как показано на рисунке 20.3. Загиб края фильтра должен быть сделан выше границы осевших наносов. Высушенные и вложенные каждый в отдельный пакетик фильтры аккуратно завертывают в бумагу пачками по 10–30 штук и вместе с КГ–10 отправляют в сетевое гидрологическое подразделение, а оттуда в лабораторию для дальнейшей обработки.

20.3.4 Ускоренное фильтрация под давлением можно производить на реке (например в павильоне, где установлен самописец уровня воды) сразу после взятия пробы на мутность или в помещении применяя ГР–60. Прибор состоит из цилиндрического баллона емкостью 1 л, воронки с сеткой, манометра для измерения величины давления в баллоне и насоса [14].

До начала работы с прибором необходимо убедиться в его исправности. Следует осмотреть баллон – нет ли на нем каких-либо повреждений (трещин, сколов стекла), проверить исправность работы насоса, манометра. При наличии повреждений прибором пользоваться нельзя.

Вместо насоса, прилагаемого в комплект к прибору, можно использовать насосы других систем, например от автомашины.



1 – номер фильтра; 2 – граница осевших наносов; 3 – линия сгиба;
4 – уголки загнуты в другую сторону

Рисунок 20.3 – Схема складывания фильтров

Для проверки исправности манометра следует зажать шланг, подведенный к крышке баллона, и накачать насосом немного воздуха. При исправном манометре его стрелка будет отклоняться с увеличением давления. Если манометр неисправен, его следует отправить в ремонт, а фильтрование выполнять методом, изложенным в 16.11.2.

Места соединения резиновых шлангов с деталями прибора, а также резинового кольца–прокладки с баллоном и воронкой следует на ощупь проверить на плотность соединений. При утечках воздуха с повышением давления необходимо исправить соединения, сменить резиновую прокладку или резиновые шланги.

При фильтровании футляра снимают с основания штатива, из зажимов футляра вынимают насос и присоединяют к резиновому шлангу. Перед началом фильтрования внутренние стенки баллона ополаскивают чистой водой. Открывают зажим и баллон отклоняют на шарнире. На сетку воронки укладывают в развернутом виде смоченный в чистой воде бумажный фильтр. Баллон устанавливают на место и закрепляют зажимом. В баллон наливают пробу воды (или часть ее, если объем пробы более 1 л), после чего крышку баллона плотно закрывают.

В баллон нагнетают насосом воздух, под давлением которого вода будет быстро фильтроваться. Повышение давления в баллоне можно изменять в зависимости от скорости фильтрования от 0,2 до 3 атм. Скорость фильтрования будет зависеть от мутности воды и характера наносов. При малой мутности и отсутствии мелких илистых и глинистых частиц проба фильтруется очень быстро. При наличии в пробе очень мелких частиц поры фильтра забиваются наносами и фильтрование продолжается долго. В этом случае следует применять предварительную коагуляцию. Коагуляцию следует производить при температуре воды в пробе не ниже 20 ° С, так как в холодной воде коагуляции не происходит. Для этого в каждую пробу объемом 1 л приливают 10 мл (г) раствора хлористого кальция, после чего пробу взбалтывают или перемешивают стеклянной палочкой и ставят на отстой. По истечении одних суток всю пробу целиком фильтруют через прибор Куприна.

Создавать давление в баллоне больше 3 атмосфер запрещается. При фильтровании под давлением следует соблюдать правила, предусмотренные инструкцией по эксплуатации прибора.

Отфильтрованную воду, стекающую через воронку, собирают в чистую стеклянную банку. Вначале вода (примерно, до 300 мл) может стекать мутной, поэтому необходимо внимательно следить за стекающей водой до тех пор, пока она

не пойдет совершенно чистая. После этого фильтрование приостанавливают и мутную воду выливают обратно в баллон для повторного фильтрования через тот же фильтр. Предварительно необходимо понизить давление в баллоне. Для этого слегка (на один–два оборота) отвинчивают крышку со штуцером. Ни в коем случае нельзя производить понижение давления вскрытием зажима, так как это может повлечь за собой повреждение баллона.

По окончании фильтрования всей пробы открывают крышку и чистым фильтратом из резиновой груши обмывают на фильтр стенки баллона от осевших на них частиц наносов. Затем открывают зажим и баллон отклоняют на шарнире. Если частицы наносов прилипли к краю резиновой прокладки баллона, их надо собрать внутренней стороной вдвое свернутого фильтра, через который производилось фильтрование. Фильтр осторожно снимают с сетки воронки и складывают вчетверо. Затем помещают в коробочку или на лист чистой бумаги и высушивают в защищенном от пыли месте.

После окончания работы металлические части прибора и баллон вытирают насухо чистой тряпкой. При длительном хранении прибора все резьбовые части его следует смазать техническим вазелином или солидолом. Для предупреждения присыхания кожаной манжеты насоса в шайбе штока ее следует также смазать и расправить кожу.

Для следующих фильтрований таких проб, содержащих мелкие частицы, пропускаемые фильтром, следует вкладывать в воронку не один фильтр, а сразу два, один в другой. В этом случае на пакетике, в который вкладывают оба фильтра, и в КГ–10 записываются номера обоих фильтров.

20.3.5 Для отстоя проб применяют в основном 3–литровые или 10–литровые бутылки. В случае необходимости отстой проб можно производить в нескольких 3–литровых бутылках. На бутылку наклеивают этикетку с номерами проб и с указанием дат их взятия. Бутылки, закрытые пробками для спокойного оседания частиц, ставят на горизонтальную устойчивую полку в помещении с температурой не ниже 10 °С, подальше от печки и окна.

Продолжительность отстоя, зависящую от высоты слоя воды в бутылки и температуры воздуха в помещении, в котором отстаивают пробы, определяют по таблице 20.1.

Таблица 20.1 – Продолжительность отстоя проб (сутки) в зависимости от объема пробы и температуры воздуха в помещении

Примерный объем пробы, л	Температура воздуха в помещении		
	40–25° С	25–15° С	15–10° С
1 л. (высота слоя воды в бутылки не более 15 см)	4	4	5
2 л. (высота в бутылки не более 25 см)	7	8	10
3 л. (высота слоя воды в бутылки не более 35 см)	10	12	15
10 л. (высота слоя воды в бутылки не более 50 см)	12	16	20

После отстоя осветленную воду из бутылки сливают при помощи сифона, который изображен на рисунке 20.4, так, чтобы для последующего фильтрования осталось не более 1 л воды с осевшими наносами. Приступить к отсифониванию можно лишь в том случае, когда верхний слой воды в бутылки, подлежащий сливу, станет совершенно прозрачным. Для отсифонивания применяют простой стеклянный сифон с боковыми отверстиями в заборном резиновом наконечнике, закрытом снизу пробочкой. Сифон медленно и очень осторожно опускают в отстойную бутылку, чтобы не взмутить осевших на дне и в нижнем слое воды наносов.

Слив начинают засасыванием воды примерно из середины осветленного слоя и продолжают постепенно с медленным погружением сифона до нижней границы осветленного слоя. Необходимо все время следить, чтобы сифоном не была втянута часть воды с наносами.

Остаток пробы после отсифонивания ставят на фильтрование, если проба предназначена для определения мутности. Общий объем остатка, предназначенный для фильтрования, не должен превышать 1 л. Если отстаивание пробы большого объема производилось в нескольких бутылках (четвертях), фильтрование остатков из всех бутылей, общий объем которых также не должен превышать 1 л, производят через один общий фильтр. Если одна проба отстаивалась в двух бутылках, после отстоя в каждой из них должно оставаться не более 0,5 л; если проба отстаивалась в трех бутылках, после отстоя в каждой из них должно остаться не более 0,3 л и т. д.

20.3.6 Если проба предназначена для определения крупности взвешенных наносов, остаток пробы после отсифонивания переводят в жидком виде в другой сосуд (бутылка 0,5 – 0,25 л). Перед закупоркой в эту бутылку добавляют несколько капель 10 % раствора формалина или хлороформа для консервации пробы. Горлышко бутылки хорошо закупоривают резиновой пробкой, заливаемой сверху парафином.

Применение коагуляции для проб, предназначенных к определению крупности наносов, недопустимо.

Для зимних проб остаток выпаривают и помещают в пакетик из восковой бумаги, заклеиваемый, чтобы проба не просыпалась.

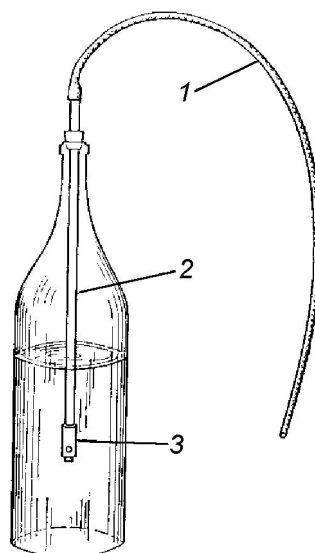
О длительности и условиях отстоя проб делают запись в (КГ–10).

20.3.7 Пробы донных отложений равнинных рек обрабатывают на посту следующим образом: после просушивания из каждой пробы способом квартования выделяют часть, характерную для данного образца. При квартовании рассыпанную на листе бумаги пробу тщательно перемешивают шпателем или совочком, разравнивают слоем примерно в 1 см, затем насыпают в виде конуса, вновь разравнивают и опять перемешивают. После двух – трехкратного перемешивания конус разделяют ножом на четыре примерно равные части, из которых берут одну или две части (в зависимости от массы каждой пробы и их числа) и взвешивают навеску 50–100 г. Из таких одинаковых по массе частей проб, отобранных в разных точках русла за одну серию (дату), составляют одну среднюю пробу, которую и направляют в стационарную лабораторию.

Масса средней пробы должна быть достаточной для выполнения всех видов лабораторных работ и составлять от 0,5 до 1 кг.

20.3.8 После выполнения первичной обработки проб наносов с поста в лабораторию высылают:

- сухие фильтры с наносами для определения количества наносов на них (выделенных из единичных проб или проб, взятых при определении расходов взвешенных наносов, из контрольных единичных проб);
- взвешенные наносы в бутылках или пакетиках, выделенные из проб, взятых при определении расходов взвешенных наносов и предназначенных для определения гранулометрического состава наносов;
- части сухих проб влекомых наносов с частицами мельче 10 мм (там, где измеряются расходы влекомых наносов) для дальнейшего определения их количества и гранулометрического состава;
- части сухих проб донных наносов с частицами мельче 10 мм для дальнейшего определения их гранулометрического состава, плотности частиц наносов и плотности смеси наносов в естественном залегании.



1 – резиновая трубка; 2 – стеклянная трубка; 3 – резиновый наконечник с отверстием сбоку (снизу наконечник заткнут пробкой)

Рисунок 20.4 – Сифон

20.3.9 Направляемые в лабораторию пробы следует упаковать в пронумерованный плотный мешочек и снабдить этикеткой, в которой должны быть указаны все необходимые данные, относящиеся к пробе. Пример заполнения этикетки к пробе приведен в таблице 20.2.

Таблица 20.2

Река–пост	р. Ясельда – д.Сенин
Дата отбора проб	4.04.2007
Место и способ отбора; количество проб, объединённых в среднюю пробу	Гидроствор 1; ГР–86 10 проб
№ мешочка	4
Наблюдатель	Иванов

Примечание. В третьей строке этикетки указывают, где отобраны пробы (основной гидроствор или дополнительный и его расстояние от гидроствора), применяемый прибор.

20.4 Обработка проб наносов в лаборатории

20.4.1 После первичной обработки, заключающейся в отделении твердых частиц наносов от воды, произведенной на посту, в лаборатории пробы наносов проходят вторичную обработку (приложение П). Она состоит из определения количества наносов в пробе, их гранулометрического состава, плотности частиц и плотности смеси наносов в естественном залегании.

В лаборатории производят:

- взвешивание пустых фильтров;
- взвешивание фильтров с наносами и вычисление количества наносов в пробах;
- анализы гранулометрического состава взвешенных, влекомых и донных наносов;
- определение плотности частиц наносов и плотности смеси наносов в естественном залегании;
- контроль за работой на постах по первичной обработке проб наносов.

Для выполнения вышеперечисленных работ с надлежащей точностью необходимы технически подготовленные исполнители и правильная организация

лабораторных работ в соответствии с [2].

- помещение лаборатории должно быть светлым и просторным, оборудованным водопроводом и канализацией. Лабораторию следует обеспечить электроэнергией, нагревательными приборами, аппаратом для получения дистиллированной воды;

- чувствительные к температурным влияниям приборы и установки (весы аналитические, пипеточная установка, фракциометр, отстойники наносов) следует размещать вдали от источников одностороннего охлаждения и обогрева (прямые солнечные лучи, печи, двери и т. п.). Если нет отдельного помещения, нагревательные приборы следует устанавливать в вытяжном шкафу;

- во избежание воздействия внешних сотрясений аналитические весы, пипеточную установку и фракциометр следует укреплять на капитальной стене на прочном постаменте, изолированном от пола;

- необходимо обеспечить при установке приборов вертикальное положение опорной колонки весов, стеклянной трубы фракциометра, пипетки и стеклянных цилиндров на пипеточной установке, отстойных сосудов для определений плотности смеси наносов;

- особое значение имеет технически правильная эксплуатация весового оборудования. Взвешивание на аналитических весах желательно проводить в отдельной весовой комнате, где обеспечивались бы условия постоянства температуры воздуха;

- важно соблюдать в помещении, где производят анализы гранулометрического состава наносов пипеточным методом и на фракциометре, постоянный температурный режим, не допуская во время проведения анализа колебаний температуры воздуха, превышающих 5 ° С.

Взвешивания выполняют на аналитических весах с точностью до 0,0001 г и на химико-технических весах – до 0,01 г с помощью соответственно аналитических и технических разновесов в пределах максимальных нагрузок, указываемых в свидетельстве к аналитическим весам или клеймом на коромысле технических весов.

При пользовании весами следует строго соблюдать следующие правила:

- весы и разновесы должны иметь свидетельства (аналитические весы) или клейма (технические весы) поверки. Через каждые 2 года весы и разновесы к ним должны проходить очередную поверку органами госнадзора. Весы и разновесы следует содержать в абсолютной чистоте;

- переднюю дверцу шкафчика аналитических весов открывают только при вытирании пыли. Взвешиваемый предмет и разновесы устанавливают на чашки весов соответственно через левую и правую боковые дверцы. Разновесы при массовом взвешивании вынимают из ящичка и помещают на покрывное стекло в определенном порядке, после чего стекло ставят на подставку весов около правой чашечки. В шкафчике слева находится стаканчик с гранулированным (безводным) хлористым кальцием для поглощения парообразной влаги, имеющейся в воздухе внутри шкафчика;

- абсолютно недопустимо брать разновесы пальцами; для этой цели служит пинцет;

- взвешиваемое вещество помещают в стеклянный бюкс с притертой крышкой (фильтры, фильтры с наносами, пробы с частицами, взятые пипеткой), в открытые стеклянные бюксы или в фарфоровые чашки (фракции, выделенные на фракциометре, навески, отбираемые к анализам), в фарфоровые тигли с крышками (остатки минеральных частей от сжигания наносов);

- бюксы с крышками, тигли с крышками, фарфоровые чашки должны быть пронумерованы и заранее взвешены; их массу периодически проверяют (не реже одного раза в месяц), для новых – чаще, чем для бывших в употреблении. Перед

взвешиванием бюксы и тигли должны быть тщательно вымыты и высушены в сушильном шкафу. Взвешиваемые предметы должны предварительно принять комнатную температуру;

- перед началом взвешивания нужно проверить положение равновесия ненагруженных весов, так как оно меняется от самых разнообразных причин;

- разновесы и взвешиваемый предмет нужно класть в центральную часть чашки весов. Абсолютно недопустимо накладывать на чашки весов (или снимать с них) какой-либо груз при опущенном арретире. При нерабочем состоянии коромысло весов должно находиться в приподнятом положении;

- достижение равновесия на весах устанавливают по равенству отклонений стрелки весов на шкале от деления, соответствующего положению равновесия ненагруженных весов;

- массу используемых в работе бюксов и тиглей записывают в специальном журнале, где указывают дату периодической ее проверки;

- поправки к аналитическим разновесам, указанные в свидетельстве поверки, вводят только в случае, когда масса взвешиваемого предмета менее 0,01 г (например, если на фильтре масса осевшего на нем наноса менее 0,01 г).

20.4.2 Для фильтрования проб наносов применяют специально изготовленные среднефильтрующие бензольные чистые фильтры диаметром 11–13 см.

Применение фильтров, изготовленных собственными средствами из фильтровальной бумаги, недопустимо.

Перед тем как выслать фильтры на сетевое гидрологическое подразделение их необходимо взвесить. Для этого фильтр осторожно складывают вчетверо. На середине края четвертушки пишут порядковый номер фильтра простым карандашом, после чего фильтр кладут в стеклянный бюкс номером кверху.

Фильтры нумеруют в порядке взвешивания с начала до конца года, пишут номер фильтра и год (например, 1214–06, 103–07), а если фильтров расходуется меньше тысячи в год, то нумерацию можно продолжать два года и более.

Фильтры в открытых бюксах сушат в термостате при устойчивой температуре воздуха в нем в пределах 105–110 ° С в течение 2 часов. Бюкс ставят на полку термостата. Крышечку от бюкса кладут рядом с бюксом. По истечении 2 часов бюксы в термостате быстро накрывают крышечками (температура при открывании дверцы в термостате не должна снижаться ниже 90 ° С), затем их вынимают из термостата и ставят в эксикатор, где охлаждают до комнатной температуры в течение 45 мин. Эксикатор ставят рядом с весами, на которых производят взвешивание фильтров. Увеличивать время пребывания бюксов с фильтрами в эксикаторе сверх рекомендуемого времени охлаждения не допустимо, так как это оказывает существенное влияние на точность определения массы фильтра.

Охлажденные бюксы с фильтрами (каждый бюкс с фильтром в отдельности) взвешивают на аналитических весах с точностью до 0,0001 г. Взвешивание пустых фильтров (а также фильтров с наносами) можно выполнять без введения поправок на разновесы.

При ограниченном количестве бюксов просушку и взвешивание пустых фильтров можно производить по две штуки (но не более) в каждом бюксе. В этих случаях вначале производят взвешивание обоих фильтров, а затем один из них быстро вынимают из бюкса и производят повторное взвешивание оставшегося фильтра. Такой прием взвешивания допустим при сухом воздухе в лаборатории.

20.4.3 Контрольные высушивания и взвешивания фильтров производят для выявления достаточности удаления гигроскопической влаги, что устанавливают по достижении постоянства массы фильтров (разность допустима не свыше 0,001 г).

Для этого из каждой партии в 25 заготовленных фильтров предварительно отбирают один фильтр. Отобранные фильтры после 2-часовой сушки в термостате,

охлаждения в эксикаторе и взвешивания подвергают повторной сушке до получения постоянной массы. На повторное высушивание (желательно в тот же день) бюксы с фильтрами прямо из эксикатора устанавливают в нагретый уже до 110 ° С термостат. Повторная сушка длится 1 час. По охлаждении в эксикаторе бюксы с фильтрами вновь взвешивают. Разность определения массы фильтра по первому и второму взвешиванию не должна превышать 0,001 г. Если вторичные массы фильтров легче первичных более чем на 0,001 г, то следует увеличить срок сушки всех фильтров этой партии.

20.4.4 После взвешивания фильтр вынимают из бюкса и вкладывают в отдельный конвертик из восковой бумаги. Пустой бюкс, бывший уже неоднократно в употреблении, обычно не взвешивают, так как занумерованные бюксы с крышечками имеют постоянную массу, которую необходимо иметь перед собой в заранее составленной табличке. Взвешивание пустых бюксов делают для контроля возможного уменьшения массы бюкса по мере его изнашивания.

Взвешенные пустые фильтры лаборатория высылает на сетевые гидрологические подразделения и посты.

20.4.5 Пробы (образцы) взвешенных наносов поступают в лабораторию в бутылках с жидким осадком после отстоя или в полиэтиленовых мешочках и пакетах из восковой бумаги, если осадок выпарен; пробы влекомых и донных наносов, а также грунтов – в плотных матерчатых или полиэтиленовых мешочках после их просушки на воздухе. Все поступающие в лабораторию пробы регистрируют.

Взвешивание фильтров с наносами производят в том же порядке, что и пустых фильтров, но бюксы с фильтрами и наносами ставят в термостат на 3 часа.

Если масса наноса на фильтре превышает 1 г, разрешается фильтр с наносами взвешивать на аналитических весах с точностью до 0,001 г.

Контрольные определения массы фильтра с наносом на полноту удаления гигроскопической влаги производят только для фильтров с большим количеством наносов (более 3 г).

После взвешивания фильтр с наносом укладывают обратно в конвертик и хранят до опубликования ЕД на случай возникновения в процессе обработки и анализа результатов наблюдений необходимости проверки массы наносов.

Данные, полученные в процессе определения массы наноса, заносят в журнал взвешивания наносов и фильтров (КГ–51). В присланную с поста полевую книжку КГ–10 заносят из этого журнала массу наноса и соответствующий номер журнала. После этого КГ–10 пересылают на сетевое гидрологическое подразделение для дальнейшей обработки.

Органическую часть наноса, входящую в общую его массу, определяют для 30 процентов измеренных расходов наносов. В этом случае все фильтры с наносами взвешивают дважды, чтобы при обработке и анализе данных не возникло потребности в проверке массы наноса, которая будет уничтожена.

Если содержание органической части наносов определяют не сразу после взвешивания фильтра с наносами, надо все фильтры с наносами, относящиеся к одному и тому же расходу, взвесить вместе в абсолютно сухом состоянии, поместив их в одном или нескольких бюксах.

После определения массы фильтры с наносами данного расхода помещают в заранее прокаленный и взвешенный фарфоровый тигель, сжигают и прокаливают в муфельной печи в течение 1–1,5 ч. Если имеется тигель большого размера, в нем можно сразу сжигать и прокаливать по несколько фильтров, относящихся к одному и тому же расходу наносов.

Золу с тиглем остужают в эксикаторе и взвешивают на аналитических весах. Разность между полученной массой и массой тигля представляет массу минеральной части наноса. Из массы наноса вычитают массу его минеральной

части, что дает массу органических веществ. Если зольность фильтра превышала 0,0001 г, то ее следует вычитать из массы золы в тигле.

Массу органической части наноса определяют суммарно со всех проб, относящихся к одному и тому же расходу наносов, и выражают в граммах и в процентном отношении к общей массе наносов на всех фильтрах.

Записи определений содержания минеральной и органической частей наносов ведут по форме таблицы 20.3 в журнале КГ–51 с соответствующим изменением наименования граф; на левой стороне журнала записывают массы фильтров с наносами перед укладкой их в тигли, на правой стороне – массы тиглей с золой.

Данные о процентном содержании органических веществ в наносах указывают в разделе «Принятые данные» КГ–6М(н), высылаемой на сетевое гидрологическое подразделение.

Таблица 20.3 – Определение минеральной и органической частей наносов

Дата взвешивания	Номер		Масса в граммах до прокаливания					
	фильтров от – до	бюкса	бюкса с фильтрами и наносами		бюкса	фильтров	наносов	
			1–е взвешивания	2–е взвешивания				
1	2	3	4	5	6	7	8	
06.04.2005	378–380	19	39,8223	39,8223	36,5817	1,8964	1,3442	
Дата взвешивания	Номер тигля	Масса в граммах после прокаливания					Содержание органических веществ, %	Примечание
		тигля с золой	тигля	зола фильтров	частей наносов			
					минеральной	органической		
9	10	11	12	13	14	15	16	17
10.04.2005	4	41,1106	40,0151	–	1,0955	0,2487	18,5	

20.4.6 Пробы взвешенных наносов, поступившие в бутылках или банках на определение крупности, перекладывают в бюксы или фарфоровые чашки известной массы и ставят на водяную или песчаную баню для выпаривания воды, а затем остывшие на воздухе до комнатной температуры взвешивают приблизительно на химико-технических весах (с точностью до 0,1 г) в целях установления достаточности их количества для производства анализа крупности наносов пипеточным методом. Массу наносов записывают на пакетике, в котором хранят нанос до его анализа.

Пробу влекомых наносов из пакета полностью перекладывают в фарфоровую чашку и в воздушно-сухом состоянии взвешивают на химико-технических весах с точностью до 0,01 г. Разность значений масс чашки с наносом и чашки даст массу уловленного наноса.

20.4.7 Определение гранулометрического состава взвешенных, влекомых и донных наносов заключается в подготовке образца к анализу, проведении анализа и в обработке его результатов.

Способы подготовки и методы анализа наноса видоизменяются в зависимости от диапазона и преобладания определенных размеров частиц в образце, исходя из естественного состояния наносов в речной воде (микроагрегатного) и учитывая физические свойства различных фракций частиц наносов.

Для анализа речных наносов применяют классификацию частиц по их размерам, приведенную в таблице 20.4.

Анализы выполняют в зависимости от крупности частиц наносов

соответствующими методами:

- пипеточным;
- фракциометра;
- ситовым;
- простым обмером частиц.

Выбор метода анализа производят согласно рисунка 20.5. Для разнородных по крупности образцов эти методы применяют в комбинации друг с другом (например, пипетка-фракциометр, сита-фракциометр, обмер). Определение крупности наносов пипеточным методом или другими в комбинации с пипеточным методом применяют к тем образцам (пробам), в которых смоченный нанос при растирании его на ладони оставляет мазки, не сдувающиеся после подсыхания.

Таблица 20.4 – Классификация частиц наносов по размерам

Подфракция	Диаметр частиц, мм						
	валуны	галька	гравий	песок	пыль	ил	глина
Крупные	1000—500	100—50	10—5	1—0,5	0,1—0,05	0,01—0,005	< 0,001
Средние	500—200	50—20	5—2	0,5—0,2	—	—	—
Мелкие	200—100	20—10	2—1	0,2—0,1	0,05—0,02	0,005—0,001	—

Взвешенные наносы анализируют комбинированным методом пипетка-фракциометр с подразделением частиц до 0,001 мм. Анализы мелкозернистой части влекомых и донных наносов пипеточным методом также выполняют с подразделением частиц на фракции до 0,001 мм.

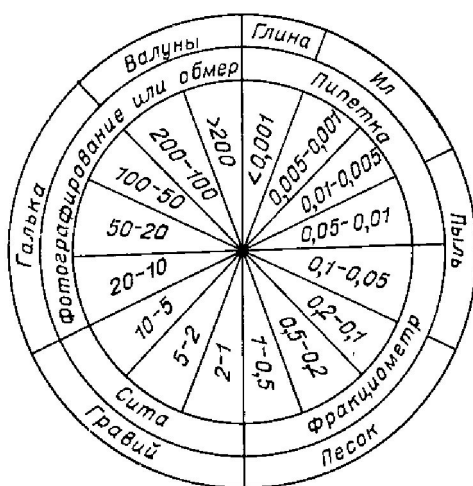


Рисунок 20.5 – Применение методов анализа и зависимости от крупности частиц

Для производства гранулометрических анализов требуется следующее количество наносов:

- пипеточным и комбинированным методом пипетка-фракциометр для анализа до крупности частиц 0,001 мм – 0,5–5,0 г;
- методом фракциометра – 0,5–2,0 г;
- ситовым и комбинированным методом сита-фракциометр; однородных по крупности песков – 100–200 г;
- гравелистых песков – 300–500 г;
- галечно-гравелистых песков – 500–700 г.

Для определения плотности частиц донных наносов, плотности смеси наносов в естественном залегании и содержания в донных наносах гигроскопической влаги необходимо дополнительное количество образца:

- 70 г – мелкого состава (с преобладанием частиц мельче 0,1 мм);
- 100 г – среднего (с преобладанием частиц от 0,1 до 1,0 мм);

- 200 г – крупного (с наличием частиц крупнее 1 мм);
- 300 г – очень крупного (с наличием частиц крупнее 10 мм).

20.4.8 При наличии растительных остатков образец взвешивают на технических весах. Затем из него пинцетом удаляют растительные остатки и также взвешивают. Определяют процентное содержание в образце органических включений. Запись этих определений ведут в графе примечаний журнала КГ–54. На гранулометрический анализ следует брать освобожденную от инородных включений минеральную часть образца.

Навески проб на анализ берут после размельчения больших агрегатов. Если масса образца превышает требуемую навеску, из него предварительно отбирают среднюю пробу. Отбор средней пробы для песчано-гравелистых наносов выполняют квартованием. Суть способа изложена в 16.11.7. Если необходима меньшая навеска, то одну четвертую часть пробы опять подвергают квартованию.

При механической подготовке взятой к анализу пробы гравелисто-галечных и песчаных влекомых и донных наносов имеющиеся комочки растирают в воздушно-сухом состоянии пальцами.

При наличии в образце пробы наносов частиц крупнее 1 мм следует после растирания крупных агрегатов произвести анализ ситовым методом и просеять наносы через набор сит с отверстиями 1 мм и крупнее. Из частиц меньше 1 мм отбирают по правилу средней пробы необходимую навеску для анализа методом фракциометра или комбинированным методом пипетка-фракциометр. Для заиленных песчаных образцов донных наносов (заиленность определяют перед взятием навески визуально по остающимся на ладони мазкам влажной пробы) навеску размачивают в дистиллированной воде в течение одних суток, после чего тщательно растирают (резиновым пестиком или пальцем в резиновом напальчнике) в фарфоровой чашке.

Илистые и глинистые донные наносы подвергают более тщательной механической подготовке. Навеску мелких частиц (0,5 – 5,0 г) взвешивают на аналитических весах, размачивают в фарфоровой чашке в течение двух суток, залив 10 – 20 мл дистиллированной воды.

После размачивания навеску растирают резиновым пестиком с добавлением нескольких капель 25 – процентного раствора аммиака (NH_4OH). Густую суспензию постепенно сливают из чашки в однолитровую коническую колбу. Колбу дополняют дистиллированной водой до объема в 300 – 500 мл, затем добавляют 0,5 – 1,0 мл 25 % раствора аммиака, в горлышко вставляют резиновую или корковую пробку с обратным холодильником (для конденсации паров воды) и колбу ставят на кипячение в течение 1 часа. Если аммиак не добавляют, кипячение продолжают 3 часа.

По окончании кипячения пробу остужают до комнатной температуры и переводят для анализа в цилиндр пипеточной установки.

20.4.9 Содержание гигроскопической влаги для донных наносов, в которых может присутствовать значительное количество илистых и глинистых частиц, определяют следующим путем.

Из образца наносов, просеянного через сито с отверстиями 1 мм, отбирают навеску 1,0–1,5 г. Массу наносов в воздушно-сухом состоянии (m_0) определяют на аналитических весах в заранее взвешенном бюксе (m_1). Бюкс с пробой в открытом виде помещают в термостат и выдерживают 5 часов при температуре 105–110 °С, крышечку бюкса ставят там же рядом. По окончании срока сушки бюкс с пробой быстро закрывают крышечкой внутри термостата, охлаждают в эксикаторе в течение 45 минут и после охлаждения взвешивают на аналитических весах (m_2).

Уменьшение массы бюкса с пробой равно массе гигроскопической влаги в граммах и вычисляется в процентах от навески в абсолютно сухом состоянии по

формуле:

$$\frac{m_0 - m}{m} \times 100 = e, \quad (20.2)$$

где $m = m_2 - m_1$ – масса наносов в абсолютно сухом состоянии.

Процентное содержание гигроскопической влаги (e %) учитывают при пересчете массы навески в воздушно–сухом состоянии на массу ее в абсолютно сухом состоянии при выполнении анализа пипеточным методом, при вычислении содержания органических веществ, при определении плотности частиц наносов, а также при определении водно–растворимых солей в глинистых донных наносах поймы.

Отмывку навески от водно–растворимых солей производят для засоленных глинистых донных наносов с поймы, чтобы при анализе не произошла коагуляция частиц под влиянием электролитов, попадающих в водную среду, в которой ведут анализ пипеточным методом.

Предварительно делают опробование наноса на коагуляцию частиц. Специальную навеску массой около 2 г растирают в фарфоровой чашке резиновым пестиком с 4–6 мл дистиллированной воды, кипятят после добавления 25 мл дистиллированной воды в течение 5–10 мин, затем содержимое фарфоровой чашки охлаждают и сливают через воронку в стеклянную пробирку емкостью около 30 мл. Если суспензия в пробирке коагулирует (верхняя часть осадка рыхлая, хлопьевидная), то взятую на анализ навеску перед кипячением отмывают от водно–растворимых солей. Отмывку навески от водно–растворимых солей производят следующим образом. Навеску массой 5–40 г, взвешенную на аналитических весах, промывают методом автоматического фильтрования на бумажном фильтре дистиллированной водой до полного удаления водно–растворимых солей. Окончание промывки определяют по отсутствию реакции в фильтрате на ионы хлора и сульфаты в отдельных пробирках, куда наливают немного фильтрата и добавляют в одну азотнокислосеребряную AgNO_3 , а в другую – хлористый барий BaCl_2 . Весь фильтрат в объеме 1–2 л собирают в одну колбу и после перемешивания из нее берут две пробы по 100 мл. Пробу выпаривают в бюксах, высушивают в термостате при 105–110 °С в течение 2–3 часов, охлаждают в эксикаторе в течение 30 мин и взвешивают. Вычисляют среднее значение массы водно–растворимых солей m_c во всем объеме фильтрата W (мл):

$$m_c = 0,005W(m_1 + m_2), \quad (20.3)$$

где m_1 и m_2 – массы солей в каждой из проб, г.

Затем определяют чистую массу отмытого наноса, идущего на анализ:

$$m = m_0 - m_c - m_e, \quad (20.4)$$

где m_0 – навеска в воздушно–сухом состоянии, поступившая на отмывку солей;

m_e – масса гигроскопической влаги в навеске, которую определяют путем пересчета процентного содержания ее в образце на массу относительно навески m_0 ;

m_c – масса вымытых из навески солей.

После промывки воронку с фильтром и остатками навески вставляют в

однолитровую коническую колбу, фильтр в вершине конуса прокалывают стеклянной палочкой и наносы через отверстие смывают в колбу чистой дистиллированной водой. Затем колбу дополняют дистиллированной водой до 300–500 мл и после добавления 0,5–1,0 мл 25% раствора аммиака ставят на кипячение в течение 1 часа.

20.4.10 Гранулометрический анализ проб наносов заключается в определении процентного содержания частиц различных фракций и геометрических размеров самой крупной частицы в пробе.

Разделение крупных частиц на фракции производят непосредственно по их диаметру путем фотографирования или обмера (диаметром менее 10 мм) или ситовым методом (диаметром от 1 до 10 мм), а частиц мельче 1 мм – по гидравлической крупности (пипеточным методом и методом фракциометра).

Гидравлическую крупность частиц переводят в их диаметр с помощью таблиц 20.5 или 20.6, в которых показаны соотношения между нормальной гидравлической крупностью (при $t = 15^\circ \text{C}$) и диаметром частиц по принятой шкале.

Таблица 20.5 – Соотношение между диаметром и гидравлической крупностью частиц наносов

Диаметр, мм	Гидравлическая крупность, м/с	Диаметр, мм	Гидравлическая крупность, м/с
0,001	0,0000008	1,2	0,128
0,005	0,00002	1,5	0,154
0,01	0,00008	1,8	0,177
0,05	0,00195	2,0	0,192
0,1	0,0061	2,2	0,204
0,2	0,0174	2,5	0,221
0,5	0,0555	3,0	0,242
1,0	0,110		

Таблица 20.6 – Связь между временем падения частицы во фракциометре и гидравлической крупностью

Время прохождения частицей расстояния 1400 мм, с	Гидравлическая крупность при $t = 15^\circ \text{C}$, м/с	Диаметр частиц, мм	Время прохождения частицей расстояния 1400 мм, с	Гидравлическая крупность при $t = 15^\circ \text{C}$, м/с	Диаметр частиц, мм
1	2	3	1	2	3
5,8	0,242	3,0	9,2	0,154	1,5
5,9	0,238	2,9	9,7	0,146	1,4
6,0	0,235	2,8	10,2	0,137	1,3
6,1	0,230	2,7	10,9	0,128	1,2
6,2	0,226	2,6	11,8	0,119	1,1
6,3	0,221	2,5	12,7	0,110	1,0
6,5	0,215	2,4	14,0	0,099	0,9
6,6	0,212	2,3	16,0	0,088	0,8
6,9	0,204	2,2	18,0	0,078	0,7
7,1	0,198	2,1	21,0	0,067	0,6
7,3	0,192	2,0	25,0	0,056	0,5
7,6	0,185	1,9	33,0	0,043	0,4
7,9	0,177	1,8	45,0	0,031	0,3
8,3	0,170	1,7	82,0	0,017	0,2
8,7	0,162	1,6	230	0,0061	0,1

В лабораторных условиях температура суспензии в цилиндрах пипеточной

установки и во фракционнометре часто отличается от 15° С; переход от фактической к нормальной гидравлической крупности частиц в зависимости от температуры суспензии осуществляют путем умножения фактической гидравлической крупности на температурный поправочный коэффициент k_t , приведенный в таблице 20.7.

Таблица 20.7 – Поправочные коэффициенты k_t к гидравлической крупности в зависимости от температуры

d, мм	t °C					
	2,5–7,5	7,6–12,5	12,6–17,5	17,6–22,5	22,6–27,5	27,6–32,0
2,0			1,00	1,00	1,00	1,00
1,5	1,00 1,06	1,00	1,00	0,96	0,93	0,90
1,0	1,15 1,24	1,03 1,07	1,00	0,93	0,88	0,82
0,5	1,30 1,32	1,11 1,14	1,00	0,90	0,83	0,76
0,2	1,34	1,15 1,15	1,00	0,88	0,80	0,73
0,1			1,00	0,88	0,79	0,72
0,05			1,00	0,88	0,79	0,71

20.4.11 Перед анализом любым методом образец осматривают и из него выбирают самую крупную частицу. Если она крупнее 3 мм, измеряют три ее основных размера (a – длина, b – ширина, c – высота). Если самая крупная частица меньше 3 мм, ее диаметр определяют по гидравлической крупности. Определение диаметра наибольшей частицы по гидравлической крупности производят в процессе анализа всей навески на фракционнометре. Он заключается в фиксировании по секундомеру времени прохождения самой крупной частицей, которая падает впереди других, нижней метки, сделанной на цилиндрической части трубы фракционногометра.

Гидравлическую крупность частицы находят делением расстояния между верхней и нижней метками фракционногометра (путь падения частицы) на продолжительность падения и выражают в метрах в секунду.

Для нахождения гидравлической крупности частицы по времени ее падения во фракционнометре и для последующего определения диаметра частицы по гидравлической крупности следует пользоваться таблицей 20.6. Данные граф 2 и 3 соответствуют температуре воды во фракционнометре, равной 12,5–17,5 ° С. При иной температуре воды во фракционнометре частицы одинакового диаметра будут падать быстрее (если температура выше 17,5 ° С) или медленнее (если температура менее 12,5 ° С). В этих случаях полученную по таблице 20.6 гидравлическую крупность частицы исправляют путем умножения на коэффициент, соответствующий температуре, при которой ведется анализ, и затем по исправленному значению гидравлической крупности находят диаметр частицы.

Для частиц диаметром меньше 0,1 мм (гидравлическая крупность менее 0,0061 м/с) наибольшую крупность не определяют, например, в случае анализа наносов только пипеточным методом (без фракционногометра и сита).

Анализ образца, в котором имеются частицы крупнее 10 мм, производят путем измерения трех характерных размеров каждой частицы (длина, ширина, высота). Предварительно всю пробу взвешивают на технических весах, затем просеивают через сито с отверстиями 10 мм. При наличии в пробе более 10 % частиц крупнее 10 мм необходимо подразделить их на фракции 20–10 мм, 50–20 мм и т. д.

Для удобства выполнения обмера частиц крупнее 10 мм рекомендуют изготовить приспособление (которое приведено на рисунке 20.6) из трех взаимно перпендикулярных плоскостей прозрачного оргстекла с нанесением градуировки

через 10 мм (первые десять миллиметров градуируются через 1 мм).

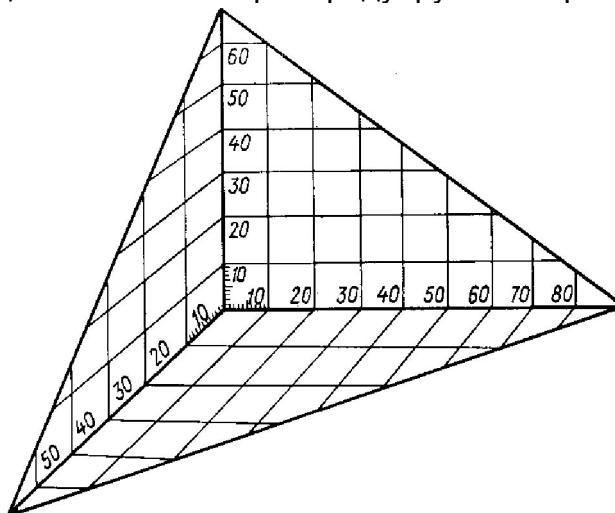


Рисунок 20.6 – Приспособление для обмера частиц наносов

Группировку частиц по фракциям производят на основании двух меньших размеров (ширины и высоты), так как именно эти размеры, а не длина, лимитируют попадание частицы в ту или иную фракцию.

Массу каждой фракции определяют на технических весах, затем вычисляют процентное содержание частиц в каждой из принятых градаций и общий процент наносов менее 10 мм. Записи определений крупных фракций производят в журнале.

Сумма масс выделенных фракций не должна отличаться от массы всей пробы более чем на 1 %.

Часть пробы с наносами мельче 10 мм далее анализируют ситовым методом.

20.4.12 Ситовой метод следует применять как самостоятельный для частиц от 10 до 1 мм и как дополнительный в тех случаях, когда основными методами анализа являются гидравлические методы (пипетка или пипетка–фракциометр) или метод обмера (фотографирование). Ситовым методом выделяют фракцию 5, 5–2, 2–1 и менее 1 мм. Навеску, подготовленную соответствующим образом, просеивают в воздушно–сухом состоянии через набор сит с отверстиями 10, 5, 2 и 1 мм, которые приведены на рисунке 20.7. Выделенные на ситах частицы, а также застрявшие в отверстиях на данном сите относят к фракции, нижней границей которой принимают диаметр отверстия этого сита, а верхней – диаметр следующего по номеру более крупного сита.

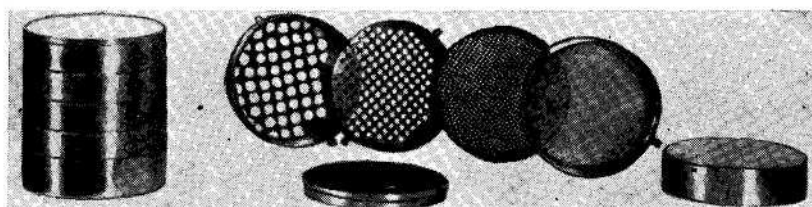


Рисунок 20.7 – Набор сит

Продолжительность просеивания устанавливают по прекращению проскакивания частиц через отверстия каждого сита, но не должна превышать 20 мин. В результате анализа ситовым методом сумма масс отдельных выделенных фракций может отличаться от взятой навески не более чем на 0,5 %. Эту невязку разбрасывают пропорционально массе фракций. Окончательную сумму процентного содержания отдельных фракций должна равняться 100 %.

20.4.13 Метод фракциометра следует применять в двух случаях:

- как самостоятельный для частиц от 1,0 мм до 0,05 мм;
- при комбинированных методах сита–фракциометр, пипетка–фракциометр – для частиц тех же размеров. Методом фракциометра выделяют фракции 1–0,5; 0,5–0,2; 0,2–0,1; 0,1–0,05 и менее 0,05 мм. При наличии в образце частиц крупнее 1 мм они предварительно просеивают на ситах. Величину навески на анализ берут в пределах 0,5–2,0 г. Если образец очень мал, может быть допущена навеска массой до 0,25 г. Взвешивание навески и фракций производят на аналитических весах (до 0,0001 г). Взятую навеску в фарфоровой чашке смачивают чистой водой и осторожно растирают резиновым пестиком в течение 3–5 минут до состояния жидкой кашицы.

Перед анализом фракциометр медленно наполняют чистой пресной водой, растекающейся по внутренней стенке стеклянной трубы (во избежание образования воздушных пузырьков на стенках), до верхней метки, выше которой оставляют место для введения анализируемого образца. Зажимы фракциометра оставляют открытыми. К анализу приступают спустя 5–10 минут с тем, чтобы успокоилась вода во фракциометре и выравнялась ее температура, измеряемая по истечении этого времени с точностью до 0,1 °С. Образец фракциометра приведен на рисунке 20.8

Растертую в чашке пробу переводят в маленькую коническую колбочку, встряхивают, закрыв горлышко большим пальцем или резиновой пробочкой на проволочной дужке, затем, быстро перевернув, вливают пробу во фракциометр, одновременно пуская секундомер и следя за падением самой крупной частицы.

В момент прохождения первой частицы через нижнюю метку не останавливая секундомера, фиксируют время прохождения частицей расстояния между верхней и нижней метками для определения наибольшей крупности.

Сроки закрывания зажимов для выделения установленных фракций определяются в зависимости от температуры воды во фракциометре по таблице 20.8.

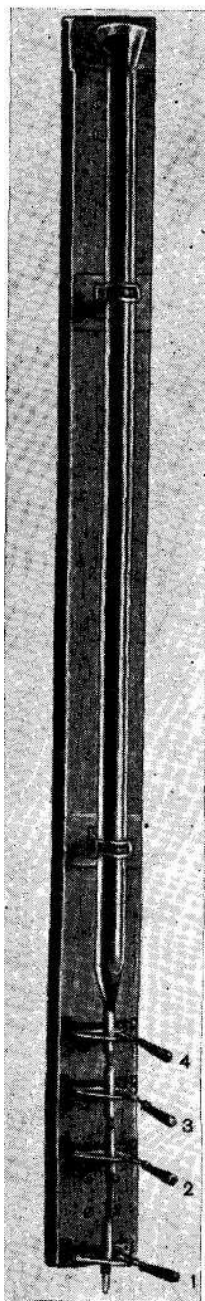
По окончании анализа под фракциометр подставляют стеклянный бюкс и отделяют нижнюю пробирку, содержимое которой смывают в чашку с помощью промывалки. Затем под фракциометр подставляют второй бюкс, открывают зажим и отделяют трубку, заключенную между зажимами 1 и 2. Частицы, осевшие на стенках отделенной трубки, смывают в тот же бюкс. Подобным же образом извлекают частицы, осевшие в трубках между зажимами 2 и 3, 3 и 4.

Стеклянные бюксы с наносами разных фракций ставят на водяную или песчаную баню для выпаривания воды, а затем взвешивают при воздушно–сухом состоянии наносов.

Последней фракцией при анализах на фракциометре является суммарное содержание в навеске частиц мельче 0,05 мм, количество которых определяют по разности между массой взятой навески и суммой масс всех фракций, выделенных на фракциометре. Массы фракций перечисляют в проценты от взятой навески.

Таблица 20.8 – Сроки закрывания зажимов фракциометра ГР–82

Фракции, мм	Расстояние до зажима, см	Температура воды, °С					
		2,5 — 7,5	7,6—12,5	12,6 — 17,5	17,6—22,5	22,6 — 27,5	27,6 — 32,5
1,0—0,5	188	42 с	38 с	34 с	31 с	29 с	26 с
0,5—0,2	172	2 мин 08 с	1 мин 52 с	1 мин 39 с	1 мин 27 с	1 мин 19 с	1 мин 12 с
0,2—0,1	162	5 мин 52 с	5 мин 06 с	4 мин 26 с	3 мин 52 с	3 мин 31 с	3 мин 31 с
0,1—0,05	153	17 мин 28 с	15 мин 00 с	13 мин 05 с	11 мин 30 с	10 мин 16 с	9 мин 16 с



1–4 – зажимы

Рисунок 20.8 – Фракциометр ГР–82

20.4.14 Для анализа комбинированным методом пипетка–фракциометр требуется навеска массой 0,5–5,0 г. Если масса образца менее 0,5 г, то анализ комбинированным методом выполняют, но при этом в журнале КГ–54 делают примечание. Анализ на пипеточной установке выполняют с выделением четырех фракций 0,05–0,01; 0,01–0,005; 0,005–0,001 г и менее 0,001 мм. Анализ комбинированным методом состоит из взятия навески в воздушно–сухом состоянии (из выделенной через сито в 1 мм части образца, если в нем были частицы крупнее 1 мм), ее механической подготовки и в подразделении частиц на фракции в зависимости от их крупности путем отбора проб пипеткой с последующим подразделением на фракции частиц крупнее 0,05 мм на фракциометре.

Анализы пипеточным методом осуществляют с помощью пипеточной установки, позволяющей быстро и точно производить анализ шести образцов.(описание

пипеточной установки дано в приложении Н). После кипячения согласно 20.4.8 – 20.4.9 охлажденную до комнатной температуры взмученную суспензию переводят из колбы в пустой однолитровый цилиндр диаметром 5–6 см. Стенки колбы промывают дистиллированной водой до полного перевода частиц в цилиндр, затем в него доливают дистиллированную воду комнатной температуры до метки (1 л), смесь энергично взбалтывают мешалкой, после чего суспензию оставляют на 15–20 минут для выравнивания температуры. Допускается отклонение емкости цилиндра и суспензии в нем до 900 и 1200 мл (при обязательном учете действительной емкости).

Приступая к анализу, измеряют температуру чистой воды в контрольном цилиндре с точностью до 0,1 °С и по таблице 20.9 определяют сроки отбора проб пипеткой. Суспензию в цилиндре тщательно взбалтывают специальной мешалкой (движениями вверх и вниз, но не допуская разбрызгивания суспензии и образования пузырьков воздуха). В момент окончания взбалтывания мешалку вынимают из цилиндра и включают секундомер; с этого момента ведут счет времени для отбора пипеткой первой пробы. При отборе второй, третьей и четвертой проб каждый раз суспензию вновь взбалтывают мешалкой и ведут свой счет времени по секундомеру. Первая (частицы меньше 0,05 мм), вторая (частицы меньше 0,01 мм) и третья пробы (частицы меньше 0,005 мм) берут пипеткой с глубины 10 см, четвертая проба (частицы меньше 0,001 мм) – с глубины 5 см. Глубину последующих проб определяют от понижающегося уровня суспензии. Все пробы берут стандартной пипеткой Мора (25 мл) путем засасывания суспензии с помощью вакуума. Объем взятой пробы отсчитывают с точностью до 0,1 мл по шкале, изготовленной при калибровке пипетки в лаборатории. Шкалу вычерчивают на миллиметровой бумаге и наклеивают на верхнюю трубку пипетки так, чтобы при заполнении пипетки пробой было видно положение уровня суспензии. Взятую пипеткой пробу полностью переносят в пронумерованный и взвешенный бюкс.

Таблица 20.9 – Сроки отбора проб пипеткой в зависимости от температуры суспензии в цилиндрах ПИ–22

Наибольший диаметр частиц в пробе, мм	Глубина взятия пробы, см	Температура воды, °С					
		2,5–7,5	7,6–12,5	12,6–17,5	17,6–22,5	22,6–27,5	27,6–32,5
0,05	10	63 с	57 с	51 с	46 с	40 с	36 с
0,01	10	28 мин 00 с	24 мин 30 с	21 мин 20 с	18 мин 40 с	16 мин 40 с	15 мин 09 с
0,005	10	1 ч 50 мин	1 ч 36 мин	1 ч 23 мин	1 ч 12 мин	1 ч 07 мин	1 ч 00 мин
0,001	5	23 ч 47 мин	20 ч 27 мин	17 ч 47 мин	15 ч 35 мин	13 ч 53 мин	12 ч 38 мин

20.4.15 При выполнении на пипеточной установке нескольких анализов следует придерживаться следующего порядка работ. При отборе первой пробы отсчет времени по секундомеру ведут отдельно для каждого цилиндра (образца). При отборе второй пробы ведут единый счет времени (не выключая секундомера) для всех цилиндров, при этом суспензию в каждом из них взбалтывают последовательно через определенные интервалы времени (например, через 3 мин). Закончив взбалтывание суспензии в последнем цилиндре, лаборант готовит к отбору вторую пробу из первого цилиндра; затем в той же последовательности (с интервалом в 3 минуты) производит отбор проб во всех остальных цилиндрах. Таким же образом ведут счет времени и при отборе третьей и четвертой проб в цилиндрах.

Все пробы выпаривают досуха на бане. Если в анализируемом образце содержатся преимущественно илесто–глинистые частицы, выпаренные пробы дополнительно просушивают в термостате в течение 2–3 часов при температуре

105–110 ° С и охлаждают в эксикаторе 45 минут. Бюксы с пробами взвешивают на аналитических весах. При контрольном взвешивании выборочных проб разность между двумя взвешиваниями не должна превышать 0,001 г.

После отбора пипеткой положенных проб оставшуюся в цилиндрах суспензию взбалтывают мешалкой и оставляют на отстой в течение 3 мин, после чего частично осветленный слой воды с оставшимися во взвеси частицами мельче 0,05 мм осторожно сливают с помощью резинового шланга.

В цилиндре оставляют слой суспензии 7–8 см. Этот процесс повторяют 3 раза. Полного удаления частиц менее 0,05 мм добиваться не следует; важно удалить излишнее их количество, которое может затруднить правильное подразделение песчаных частиц на фракционнометре.

Остаток суспензии с частицами более 0,05 мм тщательно переводят из цилиндра в коническую колбочку емкостью 50 мл для дальнейшего подразделения их на фракционнометре. После высушивания на бане масса каждой фракции определяют в воздушно-сухом состоянии на аналитических весах с точностью до 0,0001 г.

Количество отобранных пипеткой и выделенных на фракционнометре наносов и их процентное содержание относительно взятой навески вычисляют по ходу анализа в журнале КГ–54. Пример записи в журнале приведен в таблице 20.10.

Массу наноса в пипетке (строка 4) умножают на переходный коэффициент от объема пипетки к объему всей суспензии в цилиндре; полученный результат – масса наноса в суспензии – записывают в строку 6. Переходный коэффициент $k = \frac{b}{c}$, где b – объем суспензии в цилиндре, c – объем пробы в пипетке. Для удобства вычислений следует пользоваться вспомогательной таблицей 20.11. Чтобы получить массу наносов в каждой отдельной фракции 0,05–0,01; 0,01–0,005; 0,005–0,001 мм и суммарную массу частиц мельче 0,001 мм (строка 7), надо произвести последовательное вычитание из массы в суспензии частиц менее 0,05 мм массу частиц менее 0,01 мм (строка 6, графа 8 минус графа 9), затем из последней массы вычитают количество наносов менее 0,005 мм (строка 6, графа 9 минус графа 10) и т. д. Результаты последовательных вычитаний записывают в строке 7 (графы 8–11).

Таблица 20.10 – Образец записи в журнале КГ–54 при выполнении анализа
методом пипетка–фракциометр

№ п/п	Порядок записи	Навеска в воздушно-сухом <u>состоянии</u> в абсолютно сухом состоянии	Фракциометр				Пипетка				Примечания
			диаметр фракции, мм				Пробы диаметр фракции, мм				
			1–0,5	0,5–0,2	0,2–0,1	0,1–0,05	0,05–0,01 ≤ 0,05	0,01–0,005 ≤ 0,01	0,005–0,001 ≤ 0,005	0,001 <	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	№ бюкса	89	4	15	9	83	28	36	45	17	Сумма масс фракций после анализа 3,5474 г Ошибка анализа – 0,0198 г или –0,6%
2	Масса бюкса с наносом, г	25,1472	22,1108	12,6672	13,1737	13,4756	30,1447	23,1210	31,9813	30,2143	
3	Масса бюкса, г	21,5800	22,0703	12,6220	12,8968	13,0663	30,0753	23,0860	31,9608	30,2061	
4	Масса наноса в пипетке, г						0,0694	0,0350	0,0205	0,0082	
5	Объем пробы в пипетке, мл						25,0	25,2	25,1	25,4	
6	Масса наноса в суспензии, г						2,7760	1,3889	0,8167	0,3228	
7	Масса наноса фракции, г	<u>3,6028</u> 3,5672	0,045	0,0452	0,2769	0,4088	1,3871	0,5722	0,4939	0,3228	

8	Относительное содержание, %	100	1,1	1,3	7,8	11,5	39,1	16,1	14,0	9,1	

Таблица 20.11 – Переходные коэффициенты (k) от объема пробы (с) в пипетке к объему всей суспензии в цилиндре (b)

с, мл	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
b = 1000 мл										
24	41,6667	41,4938	41,3223	41,1523	40,9836	41,8163	40,6504	40,4858	40,3226	40,1606
25	40,0000	39,8406	39,6825	39,5257	39,3701	39,2157	39,0625	38,9105	38,7597	38,6100
b = 1200 мл										
24	50,0000	49,7925	49,5867	49,3827	49,1803	48,9795	48,7804	48,5829	48,3870	48,1927
25	48,0000	47,8087	47,6190	47,4308	47,2440	47,0588	46,8750	46,6926	46,5116	46,3320
26	46,1538	45,9770	45,8015	45,6273	45,4545	45,2830	45,1127	44,9438	44,7761	44,6096

Масса более крупных фракций вычисляется непосредственно после выполнения анализа на фракционном и взвешивания бюксов с наносами. Сумма полученных масс всех выделенных на фракционном и пипетке фракций не должна отличаться от массы, взятой на анализ навески больше чем на $\pm 3,0$ %. Если расхождение превышает 3 %, анализ повторяют более тщательно на вновь взятой навеске. Невязку менее 3 % разбрасывают пропорционально массе отдельных фракций. Поправку вычитают в случае когда невязка со знаком плюс и прибавляют, когда невязка со знаком минус. При анализе илисто-глинистых донных наносов принимают за исходную массу абсолютно сухой навески (20.4.9).

В приведенном в таблице 20.10 примере расчет произведен, исходя из навески в абсолютно сухом состоянии равной 3,5672 г.

Сумма полученных в результате анализа масс фракций отличается от навески на $3,5474 - 3,5672 = -0,0198$ г, что составляет ошибку, допущенную при анализе – 0,6 %. Этой ошибкой пренебрегаем, так как она находится в пределах 3 %. Невязку уничтожаем введением поправки, равной + 0,0198 г, приблизительно пропорционально массам отдельных фракций. Процентное содержание каждой фракции определено относительно взятой на анализ навески. Если в образце наносов имеются частицы крупнее 1 мм, следует сделать пересчет процентного содержания мелких наносов, определенного методом пипетка-фракциометр относительно массы всего образца.

20.4.16 Определение содержания органических веществ в донных наносах

производят для тех образцов донных наносов, в которых мелкие частицы (менее 0,1 мм) составляют по массе более 70 %

Для определения органической составляющей из взятого образца отбирают навеску около 1 г, помещают в заранее прокаленный и взвешенный фарфоровый тигель, взвешивают на аналитических весах с точностью до 0,0001 г, затем сжигают и прокаливают в муфельной печи в течение 1–1,5 часов. После прокаливания тигель с золой остужают в эксикаторе 45 мин и опять взвешивают на аналитических весах.

Содержание органических веществ вычисляют в процентах от массы абсолютно сухой навески:

$$z = \frac{m - m_1}{m} \times 100, \quad (20.5)$$

где m_1 – масса золы после прокаливания;

m – масса абсолютно сухой навески, вычисляемой по формуле:

$$m = \frac{100m_0}{100 + e}, \quad (20.6)$$

где m_0 – масса воздушно–сухой навески;

e – содержание гигроскопической влаги в процентах.

20.4.17 Плотность смеси наносов в естественном залегании представляет собой отношение массы наносов к их объему вместе с порами; она зависит от минералогического и гранулометрического состава наносов, их формы и содержания органических примесей, выражают в килограммах на кубический метр.

Для гравия и песков принимают масса образца в воздушно–сухом, а для илов и глин – в абсолютно сухом состоянии.

Плотность частиц наносов и плотность смеси наносов в естественном залегании определяют только для донных наносов (отложений).

Плотность смеси наносов в естественном залегании определяют наряду с гранулометрическим составом для всех проб донных наносов, поступающих в лабораторию. Плотность частиц наносов определяют для проб, отобранных на постах, где наблюдения за донными наносами ранее не производились, а также для проб, поступающих со створов, по которым характеристика плотности частиц наносов в прежние годы не определялась. Изучение плотности частиц наносов на таких постах выполняют в течение 3–5 лет, а затем прекращают, если на основании наблюдений может быть сделан вывод о практической неизменности этой величины. Определение плотности частиц наносов возобновляют в случае искусственного или естественного изменения режима реки в створе наблюдений.

Плотность частиц наносов определяют следующим образом: чистый пикнометр с высоким горлышком наполняют до метки 50–100 мл дистиллированной водой комнатной температуры, закрывают притертой пробочной и взвешивают с точностью до 0,01 г. После этого вода из пикнометра выливают.

Взятую в воздушно–сухом состоянии навеску с частицами мельче 2 мм в количестве 10–15 г осторожно высыплют в тот же пикнометр через воронку.

Пикнометр с наносами примерно до половины объема доливают дистиллированной водой и пробу кипятят в течение 30 мин (для удаления воздуха из пор наносов). По окончании кипячения пробу в пикнометре охлаждают до комнатной температуры, затем в него доливают до метки дистиллированной водой, пикнометр закрывают пробкой и опять взвешивают. Массу воздушно–сухого наноса, всыпанного в пикнометр, перечисляют на массу абсолютно сухого наноса по формуле 20.6.

Плотность частиц наносов определяется по формуле:

$$\rho_{\pm} = \frac{m}{m + m_1 - m_2} \rho_0, \quad (20.7)$$

где m – масса абсолютно сухого наноса;

m_1 – масса пикнометра с водой;

m_2 – масса пикнометра с водой и наносом;

ρ_0 – плотность воды (1,0–10³ кг/м³).

Плотность частиц наносов, составляющих смесь песка, гравия и гальки, определяют отдельно для крупных (более 2 мм) и мелких наносов.

Плотность частиц гравия и гальки определяют в мерном сосуде по объему вытесненной воды. Масса гравия и гальки, поделенная на массу вытесненной воды (или на объем, так как плотность воды принимается равной 1,0), и дает плотность частиц наносов. Плотность частиц наносов всего образца вычисляют как

средневзвешенную из плотностей и доли содержания в образце каждой из двух категорий наносов

$$\rho_{\pm} = \frac{\rho_{\pm 1}\alpha_1 + \rho_{\pm 2}\alpha_2}{100}, \quad (20.8)$$

где $\rho_{\pm}$ – плотность частиц наносов всей пробы;

$\rho_{\pm 1}$ $\rho_{\pm 2}$ – плотность крупных (более 2 мм) и мелких частиц наносов;

α_1 и α_2 – процентное содержание в образце соответственно крупных и мелких частиц.

Определение плотности смеси наносов в естественном залегании заключается в следующем: берут навеску, взвешенную в воздушно – сухом состоянии с точностью до 0,01 г в количестве 25–30 г – для мелких наносов (с преобладанием частиц мельче 0,1 мм), 50–70 г – для средних наносов (с преобладанием частиц от 0,1 до 2,0 мм), 150–300 г – для наносов с наличием частиц крупнее 2,0 мм.

Навеску, растирают с водой в фарфоровой чашке резиновым пестиком переводят в стеклянный градуированный цилиндр емкостью 100 см³ для мелких и средних наносов, 500 см³ – для крупных. Навеску илистых и глинистых отложений предварительно в течение 1–2 суток размачивают в фарфоровой чашке.

В цилиндр добавляют воду до полного покрытия пробы с тем, чтобы поверхность ее была выше поверхности отстоявшейся пробы на 3–4 см. Перед установкой на длительный отстой наносы тщательно взбалтывают с водой в цилиндре для естественного заполнения частицами промежутков уплотняемой навески и удаления из них воздуха. На отстой цилиндры размещают на строго горизонтальной поверхности.

Наносы уплотняют путем постукивания по стенкам цилиндра резиновым молоточком, изготовленным из резиновой пробки, диаметром равным диаметру цилиндра. Постукивание цилиндров производят ежедневно в начале и конце рабочего дня. Перед каждым уплотнением отсчитывают объем наносов W (в кубических сантиметрах) и записывают в журнал. Необходимо следить за тем, чтобы усадка наносов происходила равномерно по всей высоте и поверхность пробы в цилиндре была горизонтальной. Это обеспечивают постукиванием по стенкам резиновым молоточком равномерно со всех сторон и по всей высоте осадка. Длительность уплотнения составляет примерно 10–12 суток для илистых и глинистых отложений, 5–7 суток для песчано–гравелистых. После прекращения уплотнения и установления постоянного объема вычисляют плотность смеси наносов в естественном залегании по формуле

$$\rho_{\bar{n}} = \frac{m}{W}, \quad (20.9)$$

где m – масса наносов в воздушно–сухом, а для илистых и глинистых наносов в абсолютно сухом состоянии, г;

W – уплотненный объем наносов, см³.

Если в лабораторию поступает только часть образца с наносами диаметром менее 10 мм (процентное содержание более крупных наносов определяют в полевых условиях фотографическим способом, визуально или путем обмера), плотность частиц наносов и смеси определяют только для этой части образца. При этом оставшиеся после выполнения гранулометрических анализов всех образцов части проб в равных весовых пропорциях объединяют в одну среднюю пробу, для

которой и находят характеристики плотности частиц и смеси наносов для данного поста. В таких случаях в примечании к соответствующей таблице ЕД указывают, для каких наносов получены значения плотности частиц наносов и плотности смеси наносов в естественном залегании.

20.4.18 При разнородном составе донных наносов определение процентного содержания фракций производят различными методами, а результаты выполненных определений объединяют. Так, объединяют данные о составе крупных фракций, полученные непосредственно в поле путем обмера с результатами лабораторных анализов, выполненных на ситах, фракционном и пипетке.

Ниже приводится пример вычисления действительного состава донных наносов, полученного в поле путем обмера с учетом данных о процентном содержании мелких фракций, полученных по лабораторным анализам.

Пример – По обмеру определено следующее процентное содержание частиц:

фракции, мм	200–100	100–50	50–20	20–10	<10
$\alpha_{i \text{ обмер}} \%$	5,0	18,2	26,8	24,7	25,3

В результате лабораторного анализа получено следующее процентное содержание фракций мельче 10 мм:

фракции, мм	10–5	5–2	2,1	1–0,5	<0,5
$\alpha_{i \text{ лаб}} \%$	33,5	28,5	21,7	9,0	7,3

Приведенное процентное содержание фракций менее 10 мм получено в предположении, что вся проба мелких фракций или ее часть – навеска, необходимая для анализа, составляют 100 %. В действительности частицы менее 10 мм составляют всего 25,3 % общего состава донных наносов, поэтому выполняют пересчет по следующей схеме:

$$\alpha_{i \text{ действ}} = \frac{\alpha_{i \text{ лаб}}}{100} \alpha_{<10 \text{ обм}}, \quad (20.10)$$

где $\alpha_{i \text{ м действ}}$ – действительное процентное содержание мелкой фракции;

$\alpha_{i \text{ м лаб}}$ – процентное содержание отдельной фракции мелких наносов, определенное в лаборатории;

$\alpha_{<10 \text{ обмер}}$ – общее процентное содержание всех мелких фракций, получаемое по обмеру.

Для первой фракции $\alpha_{i \text{ действ}} = \frac{33,5}{100} \times 25,3 = 8,5\%$ и т. д. Гранулометрический состав всего обследованного в поле образца записывают в таблицу ТГ–51 по форме таблицы 20.12.

Таблица 20.12 – Пример записи гранулометрического состава образца в таблице ТГ–51

Фракции, мм	200–100	100–50	50–20	20–10	10–5
%	5,0	18,2	26,8	24,7	8,5
Фракции, мм	5–2	2–1	1–0,5	<0,5	Диаметр наибольшей частицы
%	7,2	5,5	2,3	1,8	140*128*75

20.4.19 Статистическая обработка данных по гранулометрическому составу наносов рек заключается в определении гранулометрических параметров d_5 , d_{10} , d_{25} , d_{50} , d_{75} , d_{90} , d_{95} . Индекс при d показывает, какой процент частиц меньше данного размера d содержится в составе рассматриваемой пробы наносов. Значения этих параметров определяют по интегральной кривой гранулометрического состава. Интегральные гранулометрические кривые строят на миллиметровой бумаге по данным о среднем составе речных наносов в определенную дату наблюдений. Границы фракций откладывают по оси абсцисс графика через равные интервалы (независимо от фактических размеров этих интервалов) от мелких к более крупным фракциям; по оси ординат – суммарный процент фракций меньше определенного размера (верхнего предела фракции). Нижнюю часть интегральной кривой экстраполируют на нижний предел самой мелкой фракции. На рисунке 20.9 изображены интегральные кривые и показано, как определяются гранулометрические параметры (для кривой 1).

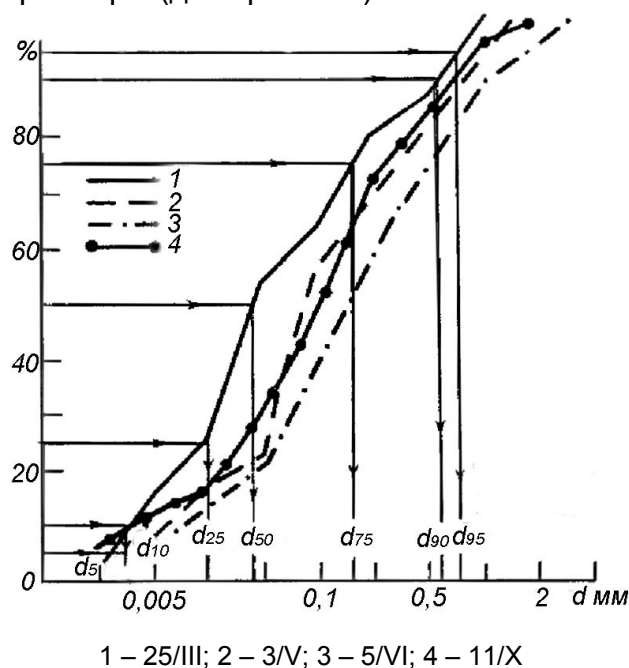


Рисунок 20.9 – Интегральные кривые гранулометрического состава донных наносов
(р.Эса – д.Гадивля, 2005г.)

При определении значений d_5 , d_{10} , d_{25} и т. д. необходимо учитывать, что фракции на графике изображены в разном масштабе.

Масштаб фракций на интегральной гранулометрической кривой приведен в таблице 20.13

Таблица 20.13 – Масштаб фракций на интегральной гранулометрической кривой

Фракция, мм	Масштаб в одном миллиметре графика, мм	Фракция, мм	Масштаб в одном миллиметре графика, мм
< 0,001	0,0001	0,5–1,0	0,05
0,001–0,005	0,0004	1–2	0,1
0,005–0,01	0,0005	2–5	0,3
0,01–0,05	0,004	5–10	0,5
0,05–0,1	0,005	10–20	1,0
0,1–0,2	0,01	20–50	3,0
0,2–0,5	0,03	50–100	5,0

Значения параметров гранулометрического состава снимают с графика и

записывают двумя значащими цифрами; при параметрах больше 0,01 мм – с точностью до 0,01 мм, при параметрах меньше 0,01 мм – с точностью до 0,001 мм.

Результаты статистической обработки в соответствии с приведенным выше примером определения параметров гранулометрического состава записывают в таблице. 20.14.

Таблица 20.14 – Образец записи параметров гранулометрического состава наносов

Но мер пос та	Река – пост	Но мер расх ода нанос ов	Дата взя тия проб ы	Место и способ взятия, число осреднен ных проб	Диаметр частиц (мм) и их содержание (в % по массе)							
					1 – 0,5	0,5 – 0,2	0,2– 0,1	0,1– 0,05	0,05 – 0,01	0,01 – 0,005	0,005 – 0,001	<0,001
10	Эса – Гадивл я	1	25.03. 2005	1, ГР–86, 6	13,0	6,8	15,5	10,4	29,2	9,2	13,6	2,3

Но мер пос та	Река – пост	Но мер расх ода нанос ов	Дата взя тия проб ы	Место и способ взятия, число осреднен ных проб	Гранулометрические параметры (мм)				Размер наиболее крупной частицы, мм	Метод анализа
					d ₅	d ₅₀	d ₉₀	d ₉₅		
10	Эса – Гадивл я	1	25.03. 2005	1, ГР–86, 6	0,002	0,04	0,64	0,80	1,1	п.ф.

20.4.20 После выполнения лабораторных определений следует обеспечить сохранность лабораторных журналов, фильтров с наносами и остатков проб взвешенных, влекомых и донных наносов, чтобы в случае возникновения вопросов в процессе обработки и анализа результатов наблюдений можно было произвести проверку лабораторных определений.

Срок хранения этих материалов определяют моментом опубликования ЕД.

После этого остатки образцов и фильтры с наносами могут быть уничтожены, а журналы сданы в архив.

Помимо лабораторной обработки проб наносов, лаборатория осуществляет методическое руководство организацией и ведением работ в филиале лаборатории при гидрологическом подразделении. Лаборатория также осуществляет текущий контроль за качеством поступающих проб и образцов наносов с постов, принадлежащих сетевым гидрологическим подразделениям, не имеющим филиалов лабораторий и своевременно устраняет обнаруженные недостатки в работе лаборатории при сетевом гидрологическом подразделении и недостатки в работе постов.

Контролируется организация работ по взвешиванию фильтров, проверяется правильность установки аналитических весов, соблюдение правил их эксплуатации, чистота содержания пустых бюксов и тиглей, дата их последнего взвешивания.

С целью проверки достоверности массы пустых бюксов производят выборочное их взвешивание и сравнение с массой, зафиксированной в журнале; проверяют правильность упаковки фильтров при рассылке их на посты.

Стационарная лаборатория контролирует переписку подразделения с постами по качеству присылаемых проб с наносами, проверяет достаточность количества наносов в пробах для точного определения мутности воды и для проведения

гранулометрического анализа наносов.

Замеченные недостатки фиксируют и принимают соответствующие меры к их устранению.

Контроль и методическое руководство работами по измерению стока наносов лаборатория осуществляет в тесном контакте с методическим отделом РГМЦ.

21 Специальные и научно-методические исследования

21.1 Выбор оптимальной частоты наблюдений за уровнем воды в период его резких изменений (колебаний), а также на реках с суточным ходом уровня воды

21.1.1 На реках с суточным ходом уровня, где по тем или иным причинам отсутствуют установки СУВ, в течение года или в отдельные периоды производят многосрочные наблюдения за уровнем воды (рис 21.1). Для таких пунктов необходимо установить оптимальную частоту многосрочных наблюдений за уровнем.

Выбор времени наблюдений за уровнем воды и количества сроков производят путем сравнительного анализа значений среднесуточных уровней, вычисленных по ежечасным наблюдениям и вариантам их сроков, с нахождением среднеквадратической ошибки. При отсутствии установки СУВ для получения необходимых данных в характерные периоды проводят специальные ежечасные измерения уровня, используют данные измерений уровня в нижних бьефах ГЭС или подбирают реки–аналоги.

В общем случае подсчет среднего суточного уровня воды производят по формуле

$$H_{\text{ср.сут.}} = \left(\frac{H_1 + H_2}{2} T_{1-2} + \frac{H_2 + H_3}{2} T_{2-3} + \dots + \frac{H_{n-1} + H_n}{2} T_{(n-1)-n} \right) \div 24 \quad (21.1)$$

где H_1 и H_n – уровень воды соответственно в 0 и 24 ч;

H_2, H_3, H_{n-x} – уровни, измеренные в любые сроки суток между 0 и 24 ч;

$T_{1-2}, T_{(n-1)-n}$ – промежуток времени между соседними сроками наблюдений за уровнем воды.

В число выбираемых сроков включают стандартные наблюдения в 8 и 20 ч и сначала подсчитывают среднеквадратическую ошибку вычисления среднесуточного уровня соответствующего этим срокам по формуле

$$\sigma_{H_{\text{ср.сут.}}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta H_i)^2}{n-1}}, \quad (21.2)$$

где $\sigma_{H_{\text{ср.сут.}}}$ – среднеквадратическая ошибка определения среднего суточного уровня,

см;

ΔH_i – отклонение среднего суточного уровня, вычисленного по измерениям в 8 и 20 ч (как среднее арифметическое), от эталона (среднего суточного уровня, вычисленного по ежечасным измерениям);

n – число анализируемых вариантов суточного хода уровня.

Если полученное значение $\sigma_{H_{\text{ср.сут.}}}$ не удовлетворяет требуемой точности

определения среднего суточного уровня, выбирают дополнительные сроки и оценку их надежности производят на основе вычисления среднеквадратической ошибки.

21.1.2 В первую очередь можно рекомендовать производить оценку надежности определения среднего суточного уровня при следующих сроках наблюдений:

- два срока (8 и 20 ч); $H_{\text{ср.сут}}$ вычисляют как среднее арифметическое;
- три срока (8, 20 ч и на границе суток, т. е. 0, 24 ч); $H_{\text{ср.сут}}$ вычисляют по формуле как средневзвешенное;
- четыре срока (2, 8, 14, 20 ч); $H_{\text{ср.сут}}$ вычисляют как среднее арифметическое;
- четыре срока (8, 14, 20 ч и на границе суток, т. е. 0, 24 ч); $H_{\text{ср.сут}}$ вычисляют по формуле как средневзвешенное.

Пример – На рисунке 15.1 приведено 11 кривых суточного хода уровня за октябрь–ноябрь 2006 г. на р. Неман у г. Гродно. Суточная амплитуда уровня для разных суток находится в пределах 30 – 72 см.

В качестве действительной величины принят средний суточный уровень, вычисленный по 24 ежеhourным наблюдениям:

$$H_{\text{ср.сут}} = \left(\frac{H_0 + H_{24}}{2} + H_1 + H_2 + \dots + H_{24-n} \right) \div \frac{24}{n} \quad (21.3)$$

Пример расчета средней квадратической ошибки среднего суточного уровня $\sigma_{\text{Ннδ.нóδ}}$ по наблюдениям в 8 и 20 ч приведен в таблице 21.1.

Аналогичным образом вычисляют среднюю квадратическую ошибку среднего суточного уровня по другим срокам наблюдений.

Для приведенного примера получены следующие результаты, которые приведены в таблице 21.2.

Как видно из данных таблицы 21.2, наибольшая среднеквадратическая ошибка в определении среднего суточного уровня (до 7 см) будет при двухсрочных наблюдениях в 8 и 20 ч.

За оптимальный вариант можно принять четырехсрочные наблюдения в 8, 14, 20 ч и на границе суток; $\sigma_{\text{Ннδ.нóδ}} = 1,5$ см.

Подобные расчеты следует производить отдельно для разных фаз гидрологического режима.

Допустимая среднеквадратическая ошибка определения среднего суточного уровня по многосрочным наблюдениям находится в пределах 1–3 см.

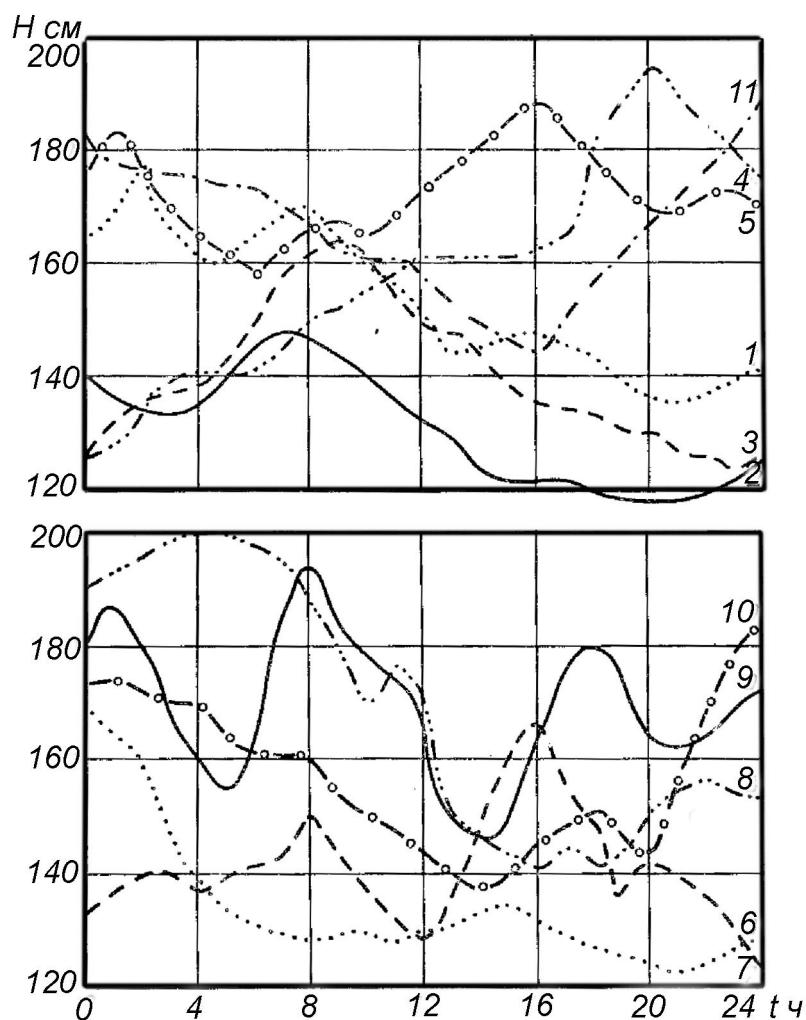


Рисунок 21.1 – Типы (1–11) суточного хода уровня в октябре–ноябре 2006 г. на р. Валовка у д. Побережье

Если допустимую погрешность при небольшом количестве сроков измерения получить невозможно, то в отдельных случаях (как исключение) можно принимать и большие значения $\sigma_{H_{\text{п.д.п.о.д.}}}$, но с обязательным указанием ее величины в соответствующих материалах.

Таблица 21.1 – Пример расчета $\sigma_{H_{\text{п.д.п.о.д.}}}$

№ п/п	$H_{\text{ср.сут. Э}}$	$H_{8 \text{ ч}}$	$H_{20 \text{ ч}}$	$H_{\text{п.д.п.о.д.}} = \frac{H_8 + H_{20}}{2}$	$\Delta H_i = H - H_y$	ΔH_i^2
1	154	170	137	154	0	0
2	131	146	118	132	1	1
3	140	161	130	146	6	36
4	159	150	194	172	13	169
5	172	165	170	168	–4	16
6	135	128	125	126	–9	81
7	141	149	142	146	5	25
8	169	187	150	168	–1	1
9	170	193	165	179	9	81
10	158	160	143	152	–6	36
11	166	168	166	167	1	1
						$\Sigma 446$

$$\sigma_{H\bar{n}\partial.\bar{n}\partial\partial} = \sqrt{\frac{446}{10}} = 6,7\bar{n}\bar{i}$$

Таблица 21.2 – Значения $\sigma_{H\bar{n}\partial.\bar{n}\partial\partial}$

№ п/п	Способ подсчета среднего суточного уровня	$\sigma_{H\bar{n}\partial.\bar{n}\partial\partial}$, см
1	Среднеарифметическое по наблюдениям в два срока (8 и 20 ч); $\bar{I}_{\bar{n}\partial.\bar{n}\partial\partial} = \frac{\bar{I}_8 + \bar{I}_{20}}{2}$	6,7
2	Среднеарифметическое по наблюдениям в четыре срока (2, 8, 14, 20 ч); $\bar{I}_{\bar{n}\partial.\bar{n}\partial\partial} = \frac{\bar{I}_2 + \bar{I}_8 + \bar{I}_{14} + \bar{I}_{20}}{4}$	2,6
3	Средневзвешенное по формуле по наблюдениям в четыре срока (8, 14, 20 ч и на границе суток); $\bar{I}_{\bar{n}\partial.\bar{n}\partial\partial} = \frac{4\bar{I}_0 + 7\bar{I}_8 + 6\bar{I}_{14} + 5\bar{I}_{20} + 2\bar{I}_{24}}{24}$	1,5
4	Средневзвешенное по наблюдениям в три срока (8, 20 ч и на границе суток); $\bar{I}_{\bar{n}\partial.\bar{n}\partial\partial} = \frac{4\bar{I}_0 + 10\bar{I}_8 + 8\bar{I}_{20} + 2\bar{I}_{24}}{24}$	4,2

21.2 Нахождение оптимального числа, положения скоростных вертикалей и выдержки вертушки в точках измерения скорости для определения расходов воды с заданной точностью

21.2.1 Вопрос об оптимальном числе вертикалей, назначаемых при измерении расхода воды, должен решаться по данным предварительного детального измерения расхода при увеличении числа скоростных вертикалей (например, до 40), который может быть принят в качестве эталонной величины. В дальнейшем расход воды подсчитывают при сокращенном количестве вертикалей – половине, четверти и т. д. В каждом случае определяют относительную погрешность величины расхода по отношению к его эталонному значению. Подобный анализ должен быть выполнен, по меньшей мере, для трех фаз режима (максимальные расходы, средние по величине, меженные).

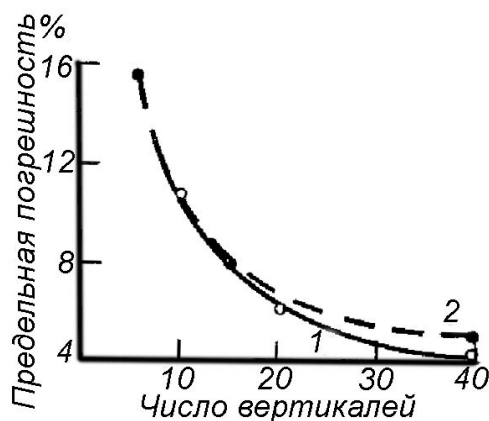
В качестве минимального числа вертикалей принято девять (10 отсеков, расход воды в каждом из которых не должен превышать 10 % полного расхода). Но в некоторых случаях при правильном русле на малых и средних реках число вертикалей может быть принято и меньшим, если описанный выше анализ не покажет резкого возрастания погрешности при уменьшении числа вертикалей менее девяти.

Для ориентировки в выборе числа вертикалей на рисунке 21.2 приводится график предельной погрешности в измерении расхода в зависимости от числа вертикалей (построен по данным исследований ГГИ, подтвержденных и данными зарубежных авторов). На графике видно, что при числе вертикалей, равном 10, предельная погрешность составляет 10 % (среднеквадратическая 5 %). Это соответствует допустимому пределу погрешности, удовлетворяющему запросы практики.

Из этого же графика видно, что при уменьшении числа вертикалей от 40 до 20 погрешность возрастает мало; более резкое возрастание погрешности измерения

начинается при назначении числа вертикалей менее 20.

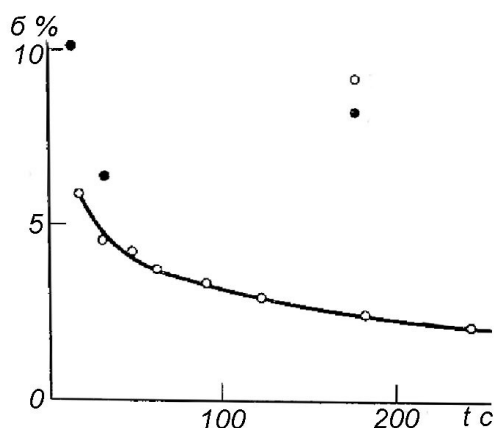
Местоположение скоростных вертикалей на поперечном профиле должно быть таково, чтобы ограничиваемые ими отсеки площади водного сечения пропускали бы примерно одинаковый расход. Из этого следует, что к стрежневой части реки, где глубины и скорости максимальны, вертикали должны быть сгущены. Рекомендация об обязательном назначении вертикали на резких переломах поперечного профиля при этом сохраняет силу.



1 – по данным Р.Херши; 2 – по данным Н.К Сибиряковой

Рисунок 21.2 – Зависимость предельной погрешности в измерении расхода воды 95%-ной обеспеченности от числа скоростных вертикалей

В качестве стандартного времени для выдержки вертушки в точке при измерении расхода воды рекомендуется 60 с. Зависимость среднеквадратической погрешности в измерении средней по вертикали скорости от времени выдержки вертушки в точке приведена на рисунке 21.3, полученном по данным ряда исследователей. По графику видно, что резкое возрастание погрешности начинается при уменьшении выдержки менее 60–50 секунд. Вместе с тем возможны отступления от принятой в качестве стандарта величины. Например, при быстро меняющихся гидравлических условиях (искусственные пуски на гидроузлах, дождевые паводки и т. д.) можно получить более высокую точность измерения расхода, если пойти на сокращение времени выдержки до 30 с (время, достаточное для записи, как минимум, трех сигналов). С другой стороны, в потоках, где наблюдается крупномасштабная пульсация (с периодом от $\frac{1}{2}$ минуты до одной–двух минут), время выдержки должно быть соответственно увеличено до одной–двух минут.



1 – по данным Р.Картера; 2 – по данным Ботма и Струйка

Рисунок 21.3 – Зависимость погрешности в определении средней скорости на вертикали σ

при 2 – точечном способе измерения от продолжительности выдержки вертушки в точке

21.3 Определение средней скорости потока по его репрезентативным элементам

21.3.1 Для решения вопроса о применимости ускоренных способов измерения расходов воды в каждом случае необходим предварительный анализ материалов ранее выполненных или специально организованных наблюдений.

В ГГИ по ряду створов рек (Сясь, Великая, Амур, Волга и Амударья) было проведено сравнение средних скоростей потока, полученных на основании детальных измерений и вычисленных разными способами:

- по связи единичной скорости в точке $0,2h_{\text{макс}}$ со средней скоростью потока;
- по связи средних скоростей на вертикалях, расположенных на расстоянии в 0,2 и 0,8В (ширины реки) от берега, со средней скоростью потока (способ Е. П. Буравлева). Последний способ может быть несколько улучшен, если весовые коэффициенты в формуле

$$v_{cp} = \alpha_1 \times 0,5(v_{0,2B} + v_{0,8B}) + \alpha_2 \quad (21.4)$$

при скоростях принимать не одинаковыми, а различными, после чего формула примет вид

$$v_{cp} = \alpha_1 v_{0,2B} + \alpha_2 v_{0,8B} + \alpha_3 \quad (21.5)$$

Значения параметров α_1 , α_2 и α_3 устанавливают корреляционным анализом натурных данных, используя ЭВМ.

В таблице 21.3 дано сопоставление указанных трех способов.

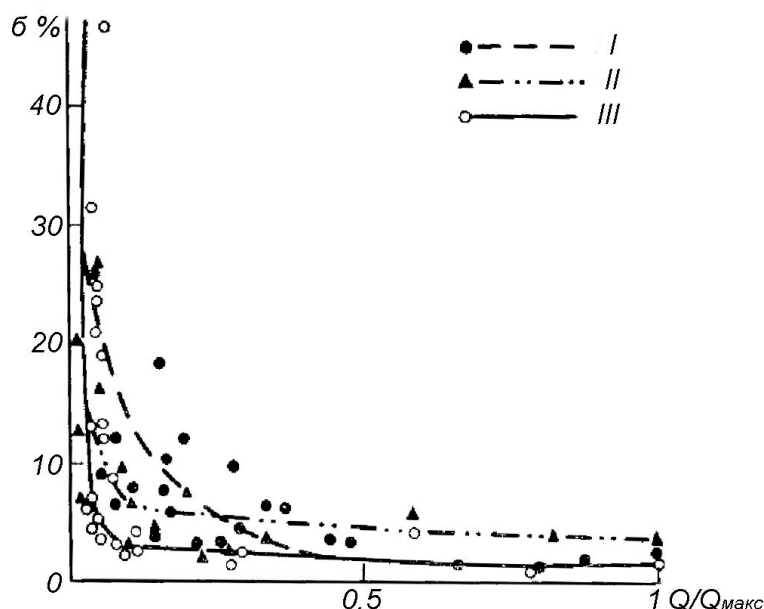
Таблица 21.3 – Значения коэффициента корреляции r и среднеквадратической погрешности σ

Расчетные зависимости	r	σ
$v_{cp} = \alpha_1 v_{0,2} h_{\text{макс}} + \alpha_2$	0,93–0,99	8,9
$v_{cp} = \alpha_1 \times 0,5(v_{0,2B} + v_{0,8B}) + \alpha_2$	0,97–0,99	6,2
$v_{cp} = \alpha_1 v_{0,2B} + \alpha_2 v_{0,8B} + \alpha_3$	0,97–0,99	6,0

Как видно из таблицы, все три зависимости имеют достаточно высокие коэффициенты корреляции, но среднеквадратическая относительная погрешность несколько меньше у формулы Буравлева и еще меньше у зависимости ГГИ, что понятно, так как данные о средних скоростях на двух вертикалях, естественно, дают большую информацию о скоростном поле в сечении, чем данные об одной скорости в точке $0,2h_{\text{макс}}$.

На рисунке 21.4 в качестве примера показан вид связи среднеквадратической погрешности σ с относительной величиной расходов воды $\frac{Q}{Q_{\text{макс}}}$ для приведенных выше зависимостей. Из рисунка 17.4 можно сделать вывод, что применение метода репрезентативных элементов достаточно надежно для средних и больших рек при $\frac{Q}{Q_{\text{макс}}} > 0,5$, что может служить критерием применимости метода. На малых реках этот предел может быть несколько уменьшен (до 0,2 при

применении способа Буравлева или уточненного ГГИ).



I — средняя скорость вычислена по связи с единичной скоростью в точке $0,2h_{\text{макс}}$; II — средняя скорость вычислена по связи со средними скоростями на вертикалях в 0,2 и 0,8 ширины реки; III — средняя скорость вычислена по зависимости ГГИ.

Рисунок 21.4 – График связи среднеквадратической погрешности расхода воды σ с относительной величиной расходов воды $\frac{Q}{Q_{\text{макс}}}$ р.Великая – д. Гуйтово, 1971–1972 гг.

21.4 Выбор частоты измерений расхода воды в различных условиях

21.4.1 Для подсчета ежедневных расходов воды используют, как правило, кривую расходов – связь расходов и уровней воды в гидростворе. При равномерном движении потока эта связь однозначна, а рассеяние точек относительно осредняющей кривой $Q=f(H)$ обуславливается только погрешностями измерения расходов воды ($\sigma_{0\epsilon}$). Неоднозначную связь наблюдают при изменении пропускной способности русла под влиянием различных факторов:

- неустановившегося движения в период половодья и прохождения паводков;
- деформациях русла;
- переменного подпора выше впадения притоков и в верхних бьефах подпорных сооружений;

- при ледовых явлениях и зарастании русла. В этих условиях повышается роль регулярных измерений расходов воды, а именно, каждое измерение служит для уточнения пропускной способности русла в сравнении с ее значением по стандартной кривой расходов. При этом используют методы, основанные на интерполяции характеристик пропускной способности – поправок к расходам или уровням воды (ΔQ , ΔH), коэффициентов $K_{\text{зар}}$, $K_{\text{зим}}$, $K_{\text{подп}}$, или строят временные кривые $Q=f(H)$.

21.4.2 Определение характера кривой связи расходов и уровней воды (ее однозначности или неоднозначности) производят на основании сопоставления σ_0 – общего рассеяния точек в поле $Q=f(H)$ и погрешности измерения расходов воды $\sigma_{0\epsilon}$. Если σ_0 меньше $2\sigma_{0\epsilon}$ – кривая $Q=f(H)$ считается однозначной. При несоблюдении этого неравенства, т. е. при σ_0 больше $2\sigma_{0\epsilon}$ кривая неоднозначна и учет стока следует производить методами интерполяции поправок к расходам (уровням) на основе поправочных коэффициентов или временных кривых расходов.

21.4.3 Как правило, при благоприятных условиях измерений средняя квадратическая погрешность $\sigma_{0\epsilon}$ не превышает 3 – 4 процента для равнинных рек. При ледоставе, зашугованности русла более чем на 20 процентов, а также на реках с интенсивно деформирующимся руслом эта погрешность может достигать 7–8 %.

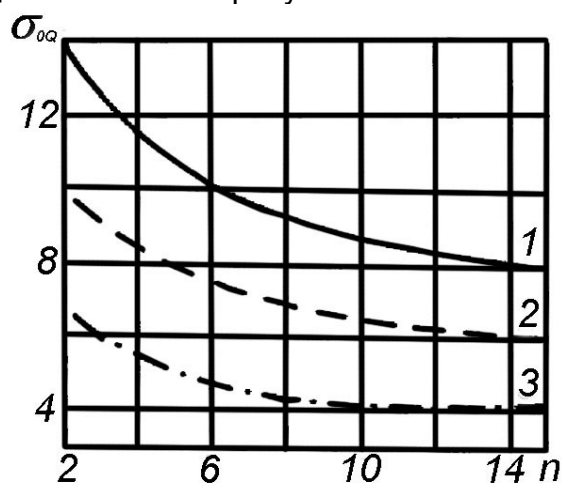
21.4.4 При наличии однозначной связи $Q=f(H)$ погрешность учета стока зависит главным образом от погрешности измерений и в меньшей степени от их частоты. В этом случае оказывается достаточным выполнить 20–30 измерений в течение года при условии равномерного их распределения по амплитуде изменения уровня. Обязательно следует произвести измерения в характерные фазы режима рек:

- при наступлении наименьшего и наибольшего расходов воды;
- в начале и конце ледостава с соблюдением правил техники безопасности измерений.

21.4.5 При использовании интерполяционных методов, когда связь $Q=f(H)$ неоднозначна, требования к частоте измерений повышают. Если сток учитывают по временным кривым, для проведения каждой из них необходимо иметь не менее 4–6 измерений при условии физического обоснования положения этих кривых. Таким обоснованием может служить, например, направленная деформация русла, установленная при сопоставлении профилей гидроствора, или изменение уклонов водной поверхности под влиянием подпора от нижерасположенного озера, притока или других причин.

21.4.6 При интерполяции характеристик пропускной способности русла на интервал между измерениями относительная погрешность расходов воды зависит от частоты наблюдений. Значение σ_{0Q} определяют степень статистической связанности (коррелированности) характеристик пропускной способности русла во времени. При равном количестве измерений в месяц n погрешность σ_{0Q} будет тем больше, чем чаще происходят изменения условий протекания потока; о них свидетельствуют изменения знака поправок к уровням ΔH , обусловленных, например, деформациями русла или влиянием подпора.

Аналитическая оценка погрешности ежедневных расходов воды с учетом перечисленных выше характеристик может быть получена на основании теории случайных функций, которую ввиду ее сложности здесь не приводят. При упрощенном решении задачи могут быть использованы зависимости для некоторых типичных условий, представленных на рисунке 21.5.



1 – для горных и предгорных рек с паводочным режимом и деформирующимся руслом; 2, 3 – для равнинных рек с периодическими деформациями русла или наличием переменного подпора, зарастания и других факторов, при $\sigma_0 = 7-10\%$ (кривая 3) и $\sigma_0 > 10\%$ (кривая 2)

Рисунок 21.5 – Зависимость погрешности ежедневных расходов воды σ_{0Q} от частоты измерений (n – количество измерений в месяц)

Кривая 1 выражает зависимость $\sigma_{0\varnothing}$ (n) для горных и предгорных рек с малой корреляцией характеристик пропускной способности русла, вызванной его частыми переформированиями. Характер деформаций русла (намыв, размыв) при этом сохраняется в течение непродолжительных интервалов времени (до 10 суток).

Кривые 2, 3 выражают зависимость $\sigma_{0\varnothing}$ (n) для равнинных рек, где неоднозначность кривой может быть вызвана различными факторами, медленно изменяющимися во времени, с периодом порядка 20–30 суток. Кривая 3 используется при σ_0 – 7–10 процентов, кривая 2 – при σ_0 больше 10 %.

Приведенный на рисунке 17.5 график позволяет определять необходимую частоту измерений расходов воды для года в целом или отдельных фаз гидрологического режима (например, за паводок или межень, если значительное изменение условий протекания и нарушение однозначности кривой происходит именно в эти периоды) в зависимости от требуемой точности расчета ежедневных расходов воды.

21.4.7 При соблюдении стандартной методики измерений погрешность вычисления ежедневных расходов воды будет изменяться в следующих пределах:

– для рек с постоянными условиями протекания и однозначной зависимостью $Q=f(H)$ значение $\sigma_{0\varnothing} = 3\text{--}4\%$ при 30 измерениях в год;

– для равнинных рек с периодическим изменением характеристик пропускной способности русла $\sigma_{0\varnothing} = 3\text{--}5\%$ при 50–70 измерениях в год (4–6 измерений в месяц);

На рисунке 17.5 видно, что указанные пределы частоты измерений являются оптимальными, так как при уменьшении n по сравнению с рекомендованной происходит резкое увеличение $\sigma_{0\varnothing}$, а увеличение n практически дает очень небольшое снижение погрешности.

21.4.8 В практике гидрологических расчетов часто возникает необходимость учета стока в гидростворах с определенной точностью, превышающей ее значения, получаемые в обычных условиях. В частности, повышенная точность учета стока требуется при гидрологическом контроле данных государственного учета вод, осуществляемом на балансовой основе.

21.4.9 Рассмотрим пример определения необходимой частоты измерения расходов воды в гидростворе р. Вилия —д. Стешицы. Условия протекания потока в этом гидростворе изменяются под влиянием переменного подпора от водохранилища. Сток подсчитывают с поправочными коэффициентами, значения которых резко меняются во времени. Общее рассеяние точек в поле $Q=f(H)$, характеризующее их средним квадратическим отклонением от стандартной (осредненной) кривой σ_0 , составляет около 14 %, погрешность измерений $\sigma_{0\varnothing}$ не превышает 4 % т.е. половины общего рассеяния σ_0 . Определение необходимого количества измерений расходов воды в месяц n в зависимости от требуемой точности производится по кривой 2 на рисунке 17.5, так как р. Вилия – равнинная река, а общее рассеяние точек измеренных расходов σ_0 больше 10 %.

На рисунке видно, что оптимальная частота n находится в пределах 8–10 измерений в месяц, что обеспечивает погрешность ежедневного расхода 6–7 %. При n меньше 8 погрешность резко возрастает, при n больше 10 – почти не изменяется.

В действительности в рассматриваемом гидростворе расходы измеряются именно с такой частотой, т. е. 1 раз в 3–4 дня.

21.4.10 Для уточнения представленных на рисунке 21.5 кривых в каждом случае должны производить специальные исследования, включающие учащенные измерения расходов воды в отдельные периоды, характерные для основных фаз режима (паводок, межень). При обработке проведенных наблюдений вычисляют

ежедневные расходы воды $Q_{k(n)}$ за T суток по данным полного числа измерений n . Затем подсчитывают варианты ежедневных расходов воды $Q_{k(n_1)}$, $Q_{k(n_2)}$, $Q_{k(n_i)}$ – также за T суток, при последовательном сокращении количества измерений до n_1 , n_2 , ..., n_i , причем $n > n_1 > n_2 > \dots > n_i$.

Вычисляют относительные средние квадратические отклонения ($\sigma_{Q(n_i)}$) расходов воды $Q_{k(n_i)}$, рассчитанных при различной частоте измерений, от наиболее точного значения $Q_{k(n)}$, подсчитанного при полном числе измерений:

$$\sigma_{Q(n_i)} = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{k=1}^T \left(\frac{Q_{k(n_i)} - Q_{k(n)}}{Q_{k(n)}} \right)^2}, \quad (21.6)$$

$\sigma_{Q(n_i)}$ характеризует погрешность ежедневных расходов воды в зависимости от частоты измерений. На основании полученных данных строится график $\sigma_{Q(n)}$, аналогичный приведенному на рисунке 21.5.

21.5 Балансовые измерения расходов воды

21.5.1 Русловые водные балансы (РВБ) составляют для гидрологического контроля государственного учета вод, а также для увязки стока и прогноза его значений по длине рек.

Основное влияние на точность расчета балансов оказывают, как правило, данные о стоке в ограничивающих створах реки и ее боковых притоков, а также заборов и сбросов воды. Для изучения непосредственно не учитываемых элементов баланса, таких, как возврат воды подземным путем, фильтрация из русла и др., а также для гидрологического контроля водозаборов и сбросов, используют гидрометрические данные, а именно – средние декадные и месячные расходы воды. При этом, чем меньше значение неизвестной составляющей, получаемой как остаточный член уравнения РВБ, тем более высокие требования предъявляют к полноте и точности измерений.

21.5.2 Надежность расчета неизвестной составляющей Q_0 зависит от погрешности определения всех учтенных элементов σ_i . Совокупная средняя квадратическая погрешность расчета выражается формулой:

$$\sigma_0 = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sigma_i^2} \quad (21.7)$$

Для уверенного суждения о надежности остаточного члена уравнения РВБ (это может быть неучтенный фильтрационный отток из русла, приток подземных вод, потери на испарение с пойменных массивов, неизвестная или контролируемая величина водозабора или сброса воды на участке) должно быть соблюдено условие

$$Q_0 \geq m_{95\%} \approx 2\sigma_0, \quad (21.8)$$

где $m_{95\%}$ – предельная погрешность вычисления Q_0 с вероятностью непревышения $P=95\%$.

21.5.3 В ряде случаев это условие не выполняется из-за слишком больших значений a_0 , что в свою очередь обусловливается недостаточной точностью гидрометрических данных.

На основании изложенных выше соображений может быть решена и обратная задача, а именно, определение необходимой точности гидрометрических данных в

зависимости от получаемого расчетным путем значения неизвестного элемента баланса Q_0 .

Для бесприточных участков при условии, что изменения стока по их длине относительно малы по сравнению с расходами в верхнем и нижнем створах, погрешность учета стока в них не должна превышать

$$\sigma_Q \leq 0,35Q_0, \quad (21.9)$$

При наличии боковых притоков это неравенство принимает вид

$$\sqrt{\sigma_{Q_B}^2 + \sigma_{Q_H}^2 + \sum_1^n \sigma_{i\partial}^2} \leq 0,5Q_0, \quad (21.10)$$

где n – количество боковых притоков.

Если на участке имеют место значительные заборы (Q_{B3}) и сбросы воды ($Q_{C.B}$), при оценке совокупной погрешности расчета Q_0 должна быть учтена также погрешность их определения:

$$\sqrt{\sigma_{Q_B}^2 + \sigma_{Q_H}^2 + \sigma_{Q_{B3}}^2 + \sigma_{Q_{C.B}}^2 + \sum_1^n \sigma_i^2} \leq 0,5Q_0 \quad (21.11)$$

21.5.4 В реальных условиях точность учета стока на постах наблюдательной сети Департамента по гидрометеорологии, а также полнота и точность учета заборов и сбросов воды на участке не всегда обеспечивает решение поставленной выше задачи, особенно для коротких расчетных интервалов (меньше месяца). В этих случаях необходимо проводить специальные балансовые измерения расходов воды повышенной точности (гидрометрические съемки) в речных створах, в головах водозаборов и на коллекторно–сбросных каналах. Измерения следует выполнять параллельно на всех гидростворах с учетом сдвижки на время добегания водных масс от верхнего к нижнему створу. Серии таких измерений, проведенных в характерные фазы гидрологического режима, позволяют повысить точность расчетных гидрометрических данных.

При наличии большого количества боковых притоков, водозаборных и сбросных каналов балансовые измерения становятся особенно трудоемкими. Поэтому до начала полевых наблюдений целесообразно определить оптимальное количество гидростворов, где такие измерения необходимы, и выделить створы, на которых можно обойтись без них. Гидростворы для балансовых измерений следует назначать лишь на тех притоках (оросительных и сбросных каналах), расходы воды в которых достаточно велики и погрешность их определения существенно влияет на точность расчета искомой составляющей баланса Q_0 . На остальных объектах расходы воды определяют на основе обычных сетевых измерений или принимают по статистическим данным.

21.5.5 В соответствии с принципом равных влияний частных погрешностей на заданную (допускаемую) относительную погрешность расчета остаточного члена баланса $\Delta_{0.6}$ измерения на каком–либо объекте можно не производить, если для него обеспечивается неравенство

$$\frac{\Delta_{i.a}}{\alpha_i \sqrt{N}} \geq C v_i, \quad (21.12)$$

где N – число элементов баланса (объектов учета);

α_i , выражает относительное значение расхода Q_i полученного расчетным путем (по статистическим данным) в долях к приходной части – сумме расходов во входном створе и боковых притоков,

$$\alpha_i = \frac{Q_i}{Q_{\text{ред}}}, \quad (21.13)$$

где Cv_i – коэффициент вариации расходов I – того элемента (объекта) по статистическим данным в рассматриваемую фазу режима или расчетный период.

При соблюдении приведенного выше условия вместо измеренных значений без снижения точности расчета РВБ принимают статистические значения Q , определяемые по кривым расходов в гидростворах или гидравлическим характеристикам водопропускных сооружений, насосных станций и т. п.

21.6 Методические работы по изучению наносов

21.6.1. Сетевые гидрологические подразделения, ведущие изучение наносов, должны выполнять, кроме режимных наблюдений, предусмотренных главой 16, специальные и научно–методические исследования, имеющие целью усовершенствование методики измерений и повышение надежности определения мутности воды, стока наносов и их гранулометрического состава. К числу таких работ относятся следующие:

- изучение суточного хода мутности для установления оптимальных сроков отбора проб, обеспечивающих надежное определение среднесуточных значений мутности;
- анализ точности измерения расходов взвешенных наносов и обоснование места отбора проб воды на мутность;
- анализ устойчивости коэффициента k в зависимости $S_{\text{ср}} = kS_{\text{ед}}$ анализ внутригодового распределения стока взвешенных наносов;
- определение расходов влекомых наносов равнинных рек по данным измерения параметров донных гряд.

21.6.2 Исследование внутрисуточного хода мутности имеет целью установить оптимальные сроки отбора проб, обеспечивающие надежное определение средних суточных, декадных и месячных значений мутности воды и расходов взвешенных наносов.

Наблюдения показывают, что в период половодья мутность в течение суток может изменяться в 20 раз на малых равнинных реках. Средние декадные значения мутности, вычисленные по двухсрочным наблюдениям (за 8 и 20 ч), могут содержать ошибки, достигающие $\pm 100\%$ по сравнению со значениями мутности, полученными по данным многосрочных наблюдений.

На равнинных реках специальные исследования суточного хода мутности проводят в период весеннего половодья.

Исследованиями в периоды половодий необходимо определить:

- ход и амплитуду внутрисуточных колебаний мутности и расходов воды;
- объем стока взвешенных наносов за сутки, декаду, месяц;
- погрешность, получаемую при вычислении средних суточных, декадных и месячных расходов наносов только на основе данных двухсрочных наблюдений за мутностью и средних суточных расходов воды;
- допустимое минимальное число сроков для взятия единичных проб на мутность и распределение их в течение дня (установление репрезентативных сроков наблюдений).

Методическое руководство исследованиями осуществляет специалист сетевого

гидрологического подразделения. Сотрудники сетевого гидрологического подразделения подбирают два–три поста, на которых учитывают сток воды и наносов с площадей водосборов менее 1000 км² на равнинных реках. Измерения на посту выполняет работник сетевого гидрологического подразделения с помощью наблюдателя. При организации исследований суточного хода мутности разрабатывают план проведения работ, инструктируют исполнителей, подготавливают соответствующее оборудование на посту. Створ, на котором единичные пробы будут отбирать круглосуточно, должен быть оборудован ГР–70, для работы в ночное время. Для бесперебойной работы по учащенному отбору единичных проб на мутность следует подготовить на посту два прибора.

При назначении дополнительных сроков отбора проб следует иметь в виду, что интенсивное нарастание мутности воды в реке происходит, как правило, в первой половине суточной волны половодья, причем суточный максимум мутности наступает раньше, чем суточный максимум расхода воды. Лишь на реках с очень малыми водосборами суточный максимум мутности иногда совпадает с моментом суточного пика водности или несколько запаздывает. Учащенные пробы, взятые только на спаде половодья или суточной его волны, не могут быть использованы для анализа суточного хода мутности и проведенные в таком порядке исследования оказываются бесполезными.

Дополнительные сроки взятия проб в период специальных исследований назначают с интервалами 2 ч. Сроки следует учащать до интервалов 1,0 и 0,5 ч в те дни, когда на половодье накладываются дождевые паводки. Отбирать пробы необходимо в зависимости от хода суточных волн половодья и мутности в течение суток, следя за этими явлениями по хронологическому графику уровня воды. Учащенные единичные пробы на мутность отбирают в том же месте, в котором берутся обычные единичные пробы. Мутность взятых проб в 8 ч или в 8 и 20 ч рассматривают совместно с мутностями проб, взятых в дополнительные сроки.

Первичную обработку проб на мутность при учащенных наблюдениях выполняют теми же методами, что и при обычных сроках измерений.

Вместе с внутрисуточными колебаниями мутности в период половодья происходят изменения и в крупности взвешенных наносов. На подъеме суточных волн половодья содержание частиц мельче 0,05 мм может резко увеличиться по сравнению с их содержанием в периоды спадов.

Исследования внутрисуточных изменений крупности наносов в период половодья производят в течение 2–3 дней (1–2 дня на подъеме, 1 день на спаде). В эти дни отбирают 1–2 пробы на подъеме и 1 проба на пике или начале спада суточной волны половодья.

Результаты исследований внутрисуточных колебаний мутности за 2–4 года обобщают специалисты сетевого гидрологического подразделения. Составляют пояснительную записку, в которой приводят полученный графический и табличный материал. Выводы относительно оптимальных сроков отбора проб мутности и дальнейшего порядка выполнения наблюдений за мутностью заносят в ТД поста.

21.6.3 Точность измерения расходов взвешенных наносов в пункте наблюдений оценивают путем сопоставления величин, полученных по измерениям многоточечным способом и при сокращенном числе вертикалей и точек.

Многоточечный способ измерения расхода взвешенных наносов предусматривает отбор проб воды на мутность на всех скоростных вертикалях в пяти и более точках по глубине одновременно с измерением расхода воды многоточечным способом.

Детальным способом расходы взвешенных наносов измеряют в первые два года наблюдений на посту в периоды, когда мутность превышает 100 г/м³.

Сетевое гидрологическое подразделение должно также включать в план работы

измерение расходов взвешенных наносов многоточечным способом на тех постах, где изучают сток наносов, но по каким – либо причинам детальные измерения ранее не проводились. Эти методические работы проводят с целью обоснования точности уже принятых методов измерения стока взвешенных наносов и их дальнейшего усовершенствования.

При проведении методических работ на посту выполняют 10–15 измерений расходов взвешенных наносов многоточечным способом в год.

Обработку расхода наносов, измеренного при детальном отборе проб на мутность, производят наиболее точным и наглядным графоаналитическим способом. Расход взвешенных наносов, полученный таким способом, принимают в качестве «эталоны». Затем по данным тех же измерений выполняют несколько вариантов вычислений расхода наносов аналитическим способом по уменьшенному числу вертикалей и точек:

– основным способом измерения расхода взвешенных наносов (учитывается мутность на каждой скоростной вертикали в точках 0,2h и 0,8h);

– сокращенным способом измерения расхода взвешенных наносов – по мутности на одной вертикали в точке 0,6h. Данные измерений мутности в одной точке (0,6h) на одной вертикали анализируют также с точки зрения выбора репрезентативного места отбора ежедневных единичных проб на мутность.

Результаты обработки расходов взвешенных наносов при различном количестве принятых вертикалей и точек записывают в таблице 21.4.

Таблица 21.4 – Сравнение результатов обработки расходов взвешенных наносов

по числу вертикалей и точек при детальном отборе проб	Расход взвешенных наносов, вычисленный							
	по сокращенному							
	по мутности в двух точках (0,2p b 0,8h)		по мутности в точке 0,6h на одной вертикали					
	вертикалям (четным) $P_{s\text{ оч } 1}$	вертикалям (нечетным) $P_{s\text{ оч } 1}$	№ вертикали					
			1	2	...	6	...	n
9,7	9,1	11	7,5	8,4		9,9		8,6
Отклонение от P_s дет								
абсолютное, кг/с	–0,6	1,3	–2,2	–1,2		0,2		–1,1
относительное, %	–6,2	13,4	–22,7	–12,4		2,1		–11,4

При условии соблюдения методических требований, изложенных в настоящих правилах, измеренный расход взвешенных наносов по сокращенному числу вертикалей и точек не должен отличаться от расхода, измеренного при детальном отборе проб на мутность в створе реки более чем на $\pm 10\%$.

По данным таблицы 21.4 за 1–2 года наблюдений делают оценку точности расходов взвешенных наносов, полученных по сокращенному числу вертикалей и точек в живом сечении. На основании оценки назначают оптимальное их количество, обеспечивающее допустимую точность измерения расходов взвешенных наносов основным способом.

Выводы по результатам методической работы записывают в ТД поста.

С целью обоснования места отбора ежедневных единичных проб воды на мутность по данным детальных измерений устанавливают связь между средней

мутностью в сечении потока $S_{cp} = \frac{P_{\text{сдво}}}{Q_{\text{сдво}}}$ и мутностью на каждой из вертикалей S_i

измеренной в двух точках (0,2h и 0,8h) или в одной точке (0,6h). Для этого строят графики связи $S_{cp} = f(S_{i(0,2 \text{ и } 0,8)})$ и $S_{cp} = f(S_{i(0,6)})$.

21.6.4 Количество измерений расходов взвешенных наносов в течение года назначают в зависимости от режима реки. Для обоснованного уменьшения числа измеряемых в году расходов взвешенных наносов или перехода на сокращенный способ их измерения выполняют анализ связи между средней мутностью реки S_{cp} и мутностью контрольной единичной пробы $S_{ед-контр}$ за многолетний период. Непременным условием при этом должно быть постоянство места отбора единичных контрольных проб мутности на посту за рассматриваемый период наблюдений.

Как правило, на реках с устойчивым руслом наблюдают постоянную в течение многолетнего периода связь между S_{cp} и $S_{ед-контр}$. В таких случаях на основании анализа материалов рекомендуют свести до минимума количество измерений расходов взвешенных наносов. Если связь $S_{cp} = kS_{ед-контр}$ устойчива и коэффициент k неизменен в течение нескольких лет, на данном посту число измеряемых расходов наносов может быть сокращено до 5–10 в год. При этом значение коэффициента k не должно выходить за пределы 0,8–1,2. Если коэффициент k постоянен в многолетнем плане и не выходит за пределы 0,9–1,1, в последующие годы проводят лишь контрольные измерения расходов наносов (1–2 расхода в период половодья). Выводы об устойчивости k могут служить также основанием для перехода на сокращенный способ измерения расхода взвешенных наносов. Если связь между S_{cp} и $S_{ед-контр}$ неустойчива, следует тщательно проверить методику измерений и продолжить измерение расходов взвешенных наносов по полной программе с целью выбора репрезентативного места отбора единичных проб мутности.

21.6.5 Анализ внутригодового распределения стока взвешенных наносов выполняют с целью установления меженного периода, в течение которого мутность воды не превышает 50 г/м³, а сток взвешенных наносов – 5 % годового.

Для проведения анализа распределения мутности и стока наносов в году необходимо иметь материалы наблюдений за период, охватывающий средние, многоводные и маловодные годы. Расчет удобно производить в табличной форме, как указано в таблице 21.5.

В приведенном примере при вычислении среднего процента не учитывались данные за 1972 г., как резко отклоняющиеся (свыше 10 %) от обычных условий.

Если на основании анализа выяснится, что систематически из года в год независимо от водности лет доля стока наносов за выделенный меженный период составляет менее 5 % годового стока, то в будущем наблюдения за стоком наносов в этот период прекращаются.

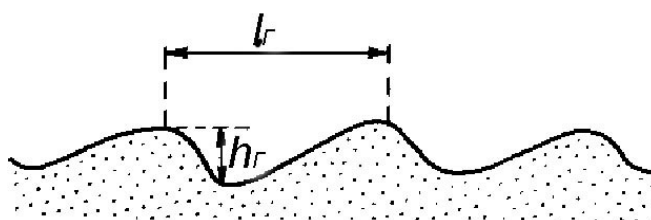
Таблица 21.5 – Расчет внутригодового распределения стока взвешенных наносов

Год	Доля стока наносов от годовой величины (%)	
	за половодье и период летне–осенних паводков (апрель–октябрь)	за межень (январь–март, ноябрь–декабрь)
1970	97	3
1971	97	3
1972	77	23
1973	96	4
1974	99	1
1975	98	2
Средний за 1970, 1971, 1973–1975	97	3

Если в отдельные годы наблюдают случаи резкого увеличения мутности и стока наносов в период межени, то следует выяснить причину этого, оценить частоту случаев и их стабильность во времени.

Для анализа привлекают материалы наблюдений на рассматриваемом створе и на реках – аналогах, имеющих длинные ряды наблюдений. Обычно причиной повышения стока наносов являются дождевые паводки, поэтому следует использовать как данные о стоке наносов, так и данные о режиме водности, охватывающие, как правило, более длинный период. Если повышение стока наносов (или воды) наблюдается чаще, чем один раз в 10 лет и приурочено к одному месяцу, этот месяц следует исключить из периода межени и отнести к периоду производства измерений. В том случае, когда выделить определенный месяц не представляется возможным, следует проводить наблюдения в течение всего периода межени. При более редких случаях повышения стока наносов в период межени (реже одного раза в 10–15 лет) сетевое гидрологическое подразделение может отменить регулярные наблюдения за мутностью при низких уровнях воды с условием, что наблюдения будут возобновлены, как только уровень в реке достигнет определенной отметки.

21.6.6 На равнинных реках с грядовой формой движения наносов их расход следует определять по данным измерения размеров донных гряд: высоты h_r , длины l_r и скорости их перемещения. Схематический профиль донных гряд приведен на рисунке 21.6.



h_r и l_r соответственно высота и длина гряды

Рисунок 21.6 – Схематический профиль донных гряд

Способ предусматривает получение данных о высоте, длине гряд и скорости перемещения их на прямолинейном участке реки достаточной протяженности, характеризующимся равномерным режимом течения. Длину участка L назначают в зависимости от форм и размеров гряд. Для надежного осреднения параметров гряд длина L должна составлять:

$$L \geq (20 - 30)l_a \quad (21.14)$$

Ориентировочно длину гряды определяют по формуле:

$$l_a \geq (5 - 6)h_{cp}, \quad (21.15)$$

где h_{cp} – средняя глубина потока.

Участок измерений выбирают на основании рекогносцировки участка реки и окружающей местности – целесообразно располагать его в районе гидрологического поста.

21.6.7 На выбранном участке измерений параметров донных гряд производят топографическую съемку, включающую:

- определение границ участка;
- проложение и закрепление магистрали;
- разбивку и закрепление поперечных профилей и промерных поперечников;
- разбивку и закрепление продольных профилей.

Если участок измерений параметров донных гряд располагается в районе гидрологического поста, используют материалы топографической съемки участка поста.

На участке измерений гряд разбивают и закрепляют три основных поперечных профиля (начальный, конечный и центральный – основной гидроствор) и дополнительные промерные поперечники. Следует разбивать 9–15 поперечников в зависимости от длины участка. Расстояние между промерными поперечниками должно составлять 25–100 м.

Для получения данных об уровне воды и определения продольного профиля водной поверхности устанавливают уровнемерные устройства в середине и на границах участка. Закладывают два репера – основной и контрольный, производят высотную привязку реперов и нивелирование уровнемерных устройств. Затем выполняют мензультную съемку участка измерений с точным нанесением на планшет магистрали, всех поперечных профилей и промерных поперечников, реперов, водомерных устройств и урезов воды в момент съемки.

21.6.8 Для правильного размещения продольных створов на участке измерений определяют зону активного влечения наносов в русле путем сопоставления распределения по ширине реки средних скоростей течения на вертикалях (v_{cp}) и значений начальной скорости влечения наносов (v_n). Начальную скорость влечения частиц рекомендуют определять по формуле:

$$v_i = 1,15\sqrt{g}(h_{cp}d_{cp})^{0,25}, \quad (21.16)$$

где g – ускорение свободного падения;

d_{cp} – средний диаметр наносов на вертикали.

Если данные о распределении гранулометрического состава донных наносов по ширине реки отсутствуют, значение d_{cp} принимают постоянным для всего сечения.

При v_{cp} больше v_n происходит движение наносов; при v_{cp} меньше v_n наносы практически не движутся.

21.6.9 Разбивку продольных створов выполняют с помощью мензулы. Точки пересечения эпюр v_{cp} и v_n и точку с наибольшим значением v_{pc} , т. е. местоположение стрежневой вертикали с графика переносят на мензультный планшет. Через эти точки на гидростворе проводят три продольных профиля – стрежневой и два граничных. Затем между стрежневым и граничным намечают два дополнительных продольных профиля. Продольные профили наносят на планшет в виде прямых линий, параллельных оси потока (или берегам), проходящих через гидроствор от

верхнего до нижнего поперечных профилей.

Намеченные продольные створы переносят с помощью мензулы на местность и закрепляют в точках трех поперечных профилей. Если позволяет глубина потока, граничные продольные створы закрепляют вехами, а стрежневой и дополнительный – буйками. При необходимости количество продольных створов следует увеличить.

21.6.10 На оборудованном участке производят регулярные гидрометрические и промерные работы. В их состав входит:

- измерение уровней воды на гидростворе, верхнем и нижнем поперечных профилях;

- измерение расходов воды и расходов взвешенных наносов на гидростворе. В точках пересечения гидроствора с продольными профилями отбирают пробы взвешенных и донных наносов для определения гранулометрического состава, плотности частиц донных наносов и плотности смеси наносов активного слоя русла.

21.6.11 Промеры глубин с целью получения параметров донных гряд производят по продольным профилям, а промеры глубин для получения отметок дна – по поперечным профилям, разбитым на середине и концах участка измерений, а также по промерным поперечникам.

Промеры производят эхолотом с лодки или с катера. Судно должно перемещаться против течения от нижнего поперечного профиля к верхнему. При длине участка до 600 м скорость движения судна по продольнику не должна превышать 1,4 м/с. Если длина продольных створов более 600 м, скорость движения судна может быть увеличена. Запись глубин при эхолотировании целесообразно делать при скорости протяжки электротермической бумаги, равной 0,33 м/мин. Горизонтальный масштаб записи, примерно равный 1:250, позволит выполнить детальную обработку полученных батиграмм.

Основными требованиями, которые необходимо соблюдать при производстве промеров, являются следующие:

- судно должно двигаться строго по продольным и поперечным створам;
- необходимо выдерживать определенную последовательность выполнения промеров: так, если в первой серии промеры производились начиная с первого, затем на втором, третьем и т. д. продольных профилях, то во всех последующих сериях промеров последовательность должна быть такой же.

Для определения параметров донных гряд выполняют две последовательные серии промеров через определенный интервал времени:

Оптимальным является интервал

$$\Delta t = (0,5 - 0,8) \frac{l_{\bar{a}}}{\tilde{n}_{\bar{a}}}, \quad (21.17)$$

при котором гряда перемещается на $(0,5-0,8)l_r$.

При организации измерений на участке предварительно скорость движения гряд можно вычислить по формуле:

$$c_{\bar{a}} = \frac{0,019 v_{cp}^{3,9}}{\sqrt{g h_{cp}^{2,9}}}, \quad (21.18)$$

21.6.12 Для контроля прохождения судна по продольным профилям и плановой привязки промерных точек с помощью мензулы и теодолита производят засечки при пересечении судном каждого поперечного профиля и промерного поперечника.

После каждой серии промеров на плане участка вычерчивают траекторию хода судна по продольному профилю. Проверку точности прохождения судна по продольному профилю выполняют путем наложения траекторий первого и второго

хода. Расхождение между точками траекторий не должно превышать 3–5 м.

Если забракованная часть траектории составляет более 30 % общей длины продольного профиля, то промеры на участке повторяют частично или полностью.

21.6.13 Измерение параметров донных гряд производят непосредственно по данным промеров по продольным профилям, т. е. по батиграммам, которые служат исходным материалом для построения графика продольного профиля дна.

При обработке батиграмм скорость судна на участках между поперечными профилями и промерными поперечниками принимают постоянной. Обработку батиграмм ведут по участкам, заключенным между «оперативными отметками» поперечников.

Горизонтальный масштабный коэффициент определяют, сопоставляя расстояния между поперечниками в натуре (ΔL_i) и на батиграмме (Δl_i). Вертикальный масштаб записи на батиграмме постоянный для каждого эхолота.

На каждом участке батиграммы отмечают все характерные точки. Затем, двигаясь от одной «оперативной отметки» к другой (например, слева направо), последовательно снимают координаты каждой характерной точки. Разделив расстояние, снятое с батиграммы, от «оперативной отметки» до характерной точки на горизонтальный масштаб, получим расстояния в натуре между точкой измерения и промерным поперечником или продольным профилем. Глубину потока в данной точке определяют расстоянием по вертикали между базовой линией дна на батиграмме и поверхностью воды, деленным на вертикальный масштаб. Полученные координаты всех переломных точек дна по продольному профилю выписывают в таблицу и затем вычисляются их отметки.

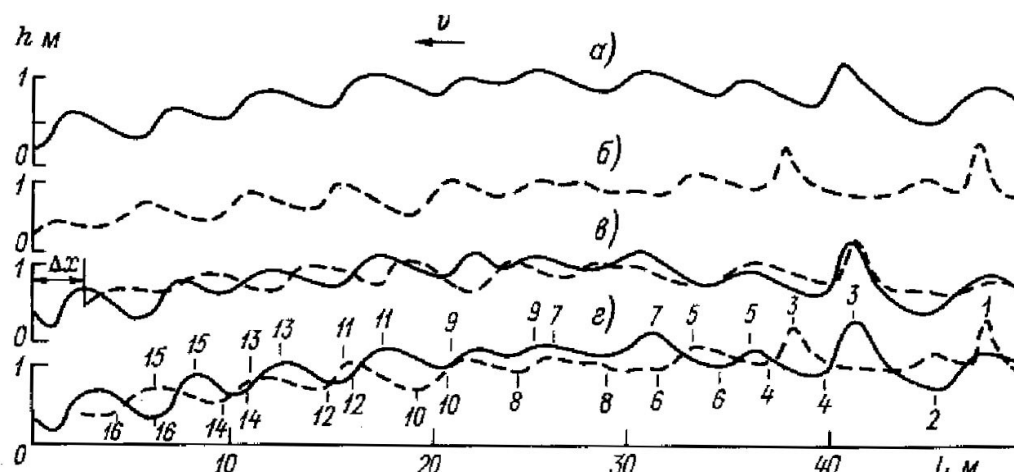
Аналогично обрабатываются батиграммы второй серии промеров. Отметку дна второй серии промеров вычисляют с учетом срезки уровней и приведения к уровню воды первой серии.

По данным двух серий промеров строят совмещенные графики всех продольных профилей дна.

21.6.14 По совмещенным графикам продольного профиля дна производят измерения высоты и длины гряд.

Длину гряды определяют расстоянием между гребнями двух соседних гряд, высота гряды – кратчайшим расстоянием от гребня гряды до ее основания, как приведено на рисунке 21.7. По ряду значений h_i и l_i каждого продольника вычисляют их средние арифметические значения.

Скорость перемещения гряд (c_r) определяют двумя способами. Первый предусматривает оценку сдвига между началом первого и второго профилей, что соответствует длине пути смещения гряды. Этот способ следует применять в случае, когда смещение гряд за период между промерами не превышает расстояния, равного длине одной гряды.



Профиль дна первой (а) и второй (б) серии промеров; определение смещения гряд методом смещения (в) и методом характеристик точек (г).

Рисунок 21.7 – Образцы продольных профилей дна и способы определения смещения гряд

Второй способ заключается в определении относительного смещения соответствующих характерных точек гряд на двух совмещенных продольных профилях. С этой целью выбирают характерную (опорную) гряду, которая отчетливо прослеживается на обоих профилях, и ей присваивают фиксированный порядковый номер, после чего нумеруют все остальные гребни и подвалы соответствующих гряд. Затем по расстояниям между характерными точками, имеющими одинаковые номера, определяют среднее арифметическое значение смещения (Δx_r) гряд на участке.

Скорость движения гряды за время Δt вычисляют по формуле:

$$\tilde{n}_a = \frac{\Delta \delta}{\Delta t}, \quad (21.19)$$

На рисунке 17.7 показаны способы определения смещения гряд.

21.6.15 По результатам обработки материалов измерений определяют элементарный расход влекомых наносов:

$$P_a = \alpha \rho_a \bar{h}_a \tilde{n}_a, \quad (21.20)$$

где α – коэффициент формы гряды, принимается равным 0,5–0,6;

ρ_a – плотность смеси наносов, формирующих активный слой русла;

$\bar{h}_a$ – средняя высота гряды, м;

c_e – средняя скорость движения гряды, м/с.

Полный расход донно-грядового перемещения наносов P_e (кг/с) вычисляют по формуле

$$P_a = 0,5 \sum_{i=1}^n P_{ai} (b_i + b_{i+1}), \quad (21.21)$$

где P_{e1} , P_{e2} и т. д. – элементарные расходы влекомых наносов на продольных профилях;

b_i и b_{i+1} – расстояния между крайними продольными профилями и границами зоны активного перемещения влекомых наносов у правого и левого

берегов;

$b_2, \dots, b_n$ – расстояния между продольными профилями.

22 Сбор и автоматизированная обработка данных гидрологических наблюдений

22.1 Результаты наблюдений каждого поста в виде книжек по истечении месяца поступают в сетевые гидрологические подразделения.

Сетевые гидрологические подразделения осуществляют контроль наблюдений и результатов первичной обработки, проводят обработку материалов постов с помощью программного комплекса в электронном виде и частично в рукописном виде и получают таблицы ЕД.

Сетевые гидрологические подразделения в начале следующего за отчётным годом высылают ЕД в отдел гидрологии и государственного водного кадастра РГМЦ Департамента по гидрометеорологии, для контроля и редактирования в электронном и бумажном вариантах.

Приложение А
(обязательное)

Примерная форма акта опроса о режиме реки

Акт опроса о режиме реки

« ____ » _____ 20 ____ г.

Мы (я) нижеподписавшиеся _____
опросили гражданина _____
года рождения, проживающего _____
о режиме реки _____ в створе (на участке) _____

1. Уровенный режим

а) наблюдавшиеся высшие уровни в _____ году, в _____ месяце.

Паводок (половодье) произошел в результате (ливня, затяжного дождя, таяния снега и т. д.). Особые условия погоды в период прохождения паводка (половодья)

Вода доходила до _____
Описание точек, до которых доходила вода (наносятся на схему) _____

Кроме указанного уровня, высокие уровни наблюдались в _____

В текущем году наивысший уровень наблюдался в _____ месяце
_____ числа и дошел до _____

Гражданином _____ указаны точки УВВ, нивелированием установлены их отметки.

_____ годы с отметкой _____

_____ годы с отметкой _____

_____ годы с отметкой _____

б) меженные уровни

Уровень летней межени выше (ниже) на _____ м настоящего уровня _____

а зимой выше (ниже) на _____ м _____

2. Весеннее половодье

Выдающиеся по высоте уровни половодья наблюдаются ежегодно (раз в ____ года и реже).

Половодье, как правило, начинается в _____ месяце и длится _____ дней (недель).

Подъем уровня происходит за _____ дней, спад длится _____ дней.

Наибольшие скорости подъема и спада уровня воды _____ м/ч

Уровень воды на пике держится _____ дней.

Характеристика условий весенних половодий (границы затопления, скорости)

3. Паводки

На реке наблюдаются (кроме половодий) летние (осенние) паводки, уровни которых выше (ниже, равны) уровней половодий.

Наибольшая скорость подъема уровня воды _____ м/ч, а спада _____ м/ч.

Характеристика состояния потока: скорости, движение валунов и камней по дну, наличие карчей или других плавущих предметов _____

Паводки происходят вследствие сильных ливней (затяжных дождей). Подъем уровня воды в реке начинается спустя _____ часов (дней) после начала ливня (затяжного дождя). Спад уровня завершается спустя _____ часов (дней) после прекращения ливня (затяжного дождя). На пике уровень держится _____ часов (дней). Паводки наблюдаются в _____ месяцы.

4. Характеристика ледовых явлений

а) Ледоход

Весеннее половодье сопровождается (не сопровождается) ледоходом (интенсивным, слабым). Примерная толщина льда _____ м. Размер льдин равен _____ м.

Ледоход проходит на фазе подъема уровня ниже пика на _____ м, на пике.

Ледоход проходит в пределах главного русла, а также по пойме _____

Характеристика ледохода (интенсивность, длительность), льдины остаются (не остаются) на пойме, озерный (не озерный), тает на месте (не тает на месте), уровни подвижек льда _____

Уровень высокой подвижки льда _____

О заторах льда _____

б) Ледостав наступает в _____ месяце и длится до _____. Уровень ледостава выше (ниже, равен) летней (зимней) межени. Образование наледей, _____ их _____ прохождение _____ и _____ мощность _____

в) Прохождение шуги, образование зажоров осенью (в начале зимы) наблюдается (не наблюдается) шугоход, который сопровождается подъемом уровня воды _____ в _____ реке, _____ вследствие _____ образования _____ зазора _____

Интенсивность осеннего ледохода, его даты, толщина льда _____

5. Опасные гидрологические явления

а) Явления, вызываемые высокими подъемами уровня воды (затопление территорий населенных пунктов, промышленных предприятий, сельскохозяйственных угодий, _____, и _____ др.

б) Явления, вызываемые сильным (катастрофическим) понижением уровня воды в реке (прекращение работы водозаборов для промышленного и коммунального водоснабжения, _____ прекращение _____ судоходства _____ и _____ т. _____ п.) _____

6. Прочие явления

Такие явления, как пересыхание, промерзание реки, русловые деформации – плановые и глубинные, перемещение русла и русловых форм, сведения о прорывах плотин, условиях сплава, судоходства и пр. _____

Записано с моих слов верно: _____ (_____)

Опрос произвел _____ (_____)

Схема точек УВВ прилагается.

Нивелировку точек УВВ произвел _____ в журнале № _____

Дата

Подпись

Приложение Б
(обязательное)

Закрепление геодезических пунктов

Для обеспечения долговременной сохранности и надежности реперов места для закладки намечают по возможности на повышениях со слабоувлажненными грунтами. Наиболее желательна закладка реперов в скальные породы. Грунтовый репер, закладываемый в зоне сезонного промерзания грунта, показан на рисунке Б.1. Репер состоит из железобетонного пилона в форме параллелепипеда с поперечным сечением 16 X 16 см и бетонной плиты (якоря). В верхней грани пилона зацементирована марка. Пилоны могут быть заменены асбоцементными трубами сечением 14–16 см, заполненными бетоном.

Рекомендуется закладывать реперы в пробуренные скважины диаметром 50 см. В этом случае изготавливают бетонный якорь того же диаметра, что и скважина, высотой 35 см. При использовании бурового механизма с буром диаметром 35 см разрешается применять якоря диаметром 35 см и высотой 80 см.

При закладке реперов в котлованы используют бетонные якоря квадратного сечения размерами 60 x 60 x 20 см. В середине якоря высотой 20 см при его изготовлении оставляют квадратное отверстие размером 20 x 20 см, при высоте якоря более 20 см в нем делается выемка размером 20 x 20 x 20 см. При закладке репера в отверстие или выемку наливают до 1/2 их высоты жидкий цементный раствор, в который вставляют нижний конец пилона.

Основание плиты репера располагают на 65 см ниже границы наибольшего промерзания, если высота якоря равна 35 см. При высоте якоря 80 см глубину закладки увеличивают на 50 см. Во всех случаях глубина закладки не должна быть менее 1,3 м плюс высота якоря. Марку репера следует располагать на 50 см ниже поверхности земли. В 1 м от репера устанавливается опознавательный знак. Опознавательные знаки у контрольных реперов и у основных реперов, расположенных на незначительном удалении от гидрологического поста, как правило, не устанавливаются.

Верхняя плоскость плиты репера в южной зоне сезонного промерзания грунта должна находиться на глубине, соответствующей глубине промерзания грунта в данном районе, но не меньше 1,3 м. Верхняя часть репера с маркой и охранной плитой должна выступать на 50 см выше земной поверхности и служить одновременно опознавательным знаком.

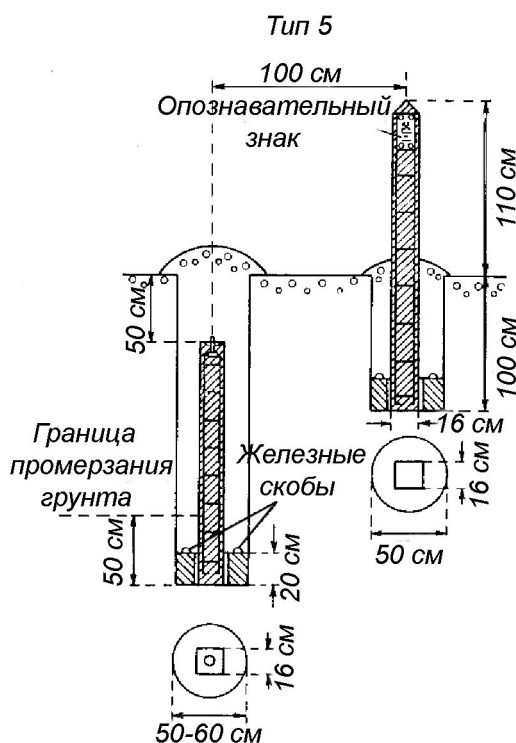


Рисунок Б.1 – Грунтовый репер нивелирования I, II, III, IV классов для северной зоны сезонного промерзания грунтов,

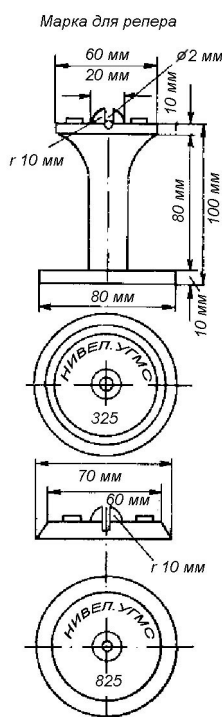


Рисунок Б.2 – Марка для грунтовых и скальных реперов

При закладке грунтовых реперов дно скважины или котлована под основание плиты заливают цементным раствором (1:5) слоем не менее 3 см.

Запрещается закладывать реперы в котлованы (скважины) с разрыхленным на дне или с подсыпанным рыхлым грунтом.

Наружное оформление грунтового репера типа 5 состоит из опознавательного знака в виде железобетонного пилона с плитой (якорем), устанавливаемого в 1 м от репера. Длина пилона, имеющего в верхней части скосы на две грани, 2,1 м,

поперечное сечение 16 x 16 см. Диаметр плиты 50 см, толщина 20 см. Соединение пилона с плитой такое же, как у репера. Основание плиты располагают на 1 м ниже поверхности земли. При использовании якоря диаметром 35 см высоту его увеличивают до 50 см, а глубину закладки на 15 см.

К опознавательному знаку надежно прикрепляют на болтах охранную плиту с надписью, изготавливаемую из чугуна или силумина, размером 16 X 22 см и толщиной 5 мм. При установке опознавательного знака охранная плита должна быть обращена в сторону репера. Выступающую над поверхностью земли часть опознавательного знака окрашивают масляной краской ярких цветов. Непосредственно над репером насыпают небольшой курган. Канавы не делают (рисунок Б.3)

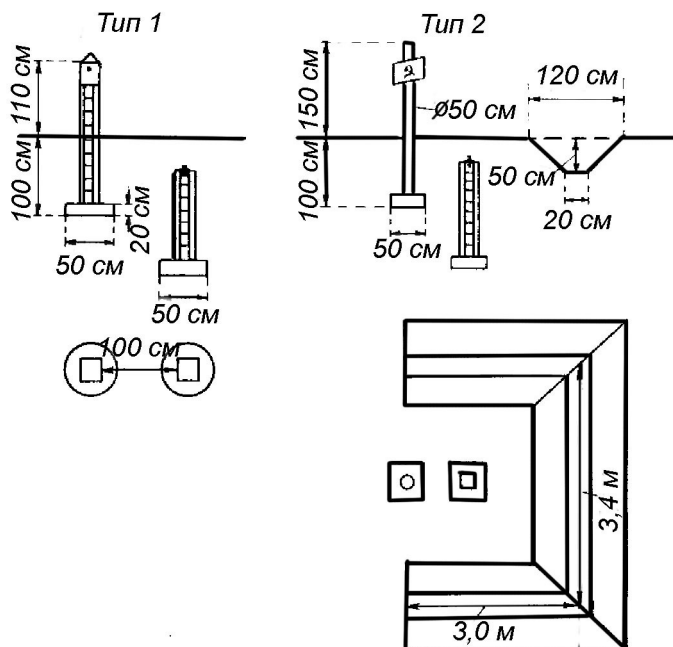


Рисунок Б.3 – Наружное оформление грунтового репера в районах сезонного промерзания грунта

Опознавательный знак у трубчатых реперов может быть также трубчатым, к верхней части которого приваривают металлическую пластину для крепления на ней болтами охранной плиты. К верхнему концу трубы приваривают заглушку. Нижний конец трубы должен иметь бетонный якорь размером 50 x 50 x 20 см (или диаметром 50 см), заглубленный в грунт на 1 м. Если используется якорь диаметром 35 см, высоту его увеличивают до 50 см, а глубину закладки на 15 см. Верхняя часть опознавательного знака должна располагаться на 1,5 м выше земной поверхности. Кроме того, выкапывается П-образная канава вокруг репера, местоположение и размеры которой показаны на рисунке Б.3 (тип 2).

Наружное оформление репера типа 4 состоит из охранной плиты, прикрепляемой болтами к верхней части репера, и кольцевой канавы диаметром (по оси ее) 1,5 м и сечением по нижнему основанию 10 см, по верхнему 60 см, по глубине 30 см.

На заболоченных территориях закладывают трубчатые реперы в виде металлических труб диаметром 60 мм, к нижнему концу которых приваривают винтовой якорь диаметром 15 – 20 см или буровой спиральный наконечник (шнел, змеевик) диаметром не менее 10 см и длиной не менее 50 см. Трубу завинчивают на такую глубину, чтобы винтовой якорь вошел в подстилающую водонасыщенный слой плотную породу не менее чем на 1 – 2 м.

Верхний конец трубы с приваренной маркой располагают на 30 см ниже поверхности земли. Оознавательный знак трубчатый. Вокруг знака сооружают деревянный сруб с размерами 100 х 100 х 60 см, заполняемый торфом или минеральным грунтом.

Стенной репер, закладываемый в стену искусственного сооружения показан на рисунке Б.4. Охранную плиту прикрепляют к стене здания рядом с репером.

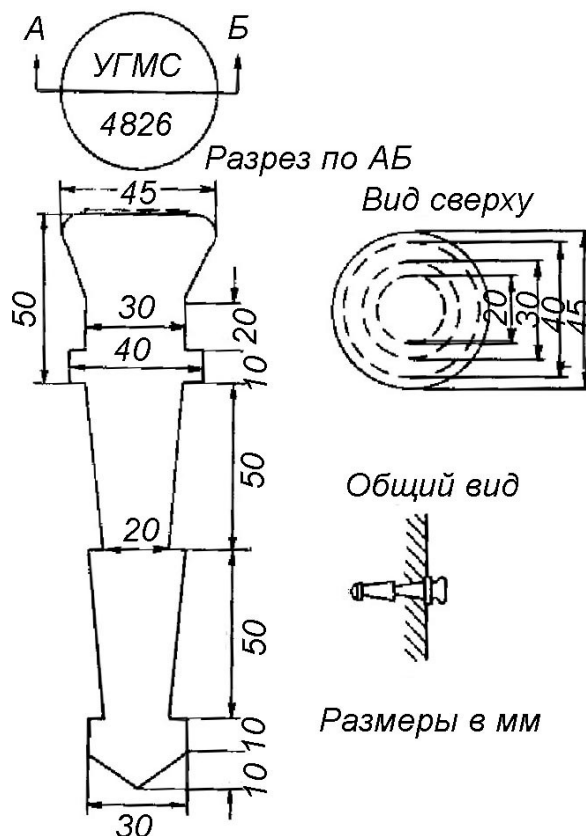


Рисунок Б.4 – Стенной репер

В качестве знаков закрепления съемочных сетей долговременного типа применяются:

- бетонный пилон размерами 12 х 12 х 90 см; в верхний конец его заделывается марка или кованный гвоздь, а в нижнюю часть пилон для лучшего скрепления с грунтом цементируются два металлических штыря;

- бетонный монолит в виде усеченной четырехгранной пирамиды с нижним основанием 15 X 15 см, верхним 10 X 10 см и высотой 90 см, с заделанной в него маркой или кованным гвоздем;

- железная труба диаметром 35 – 60 мм, отрезки рельса или уголкового железа 50 х 50 х 5 мм, 35 х 35 х 4 мм длиной 100 см с бетонным якорем в виде усеченной четырехгранной пирамиды с нижним основанием 20 х 20 см, верхним 15 х 15 см и высотой 20 см. К верхней части трубы (рельса, уголка) приваривается металлическая пластинка для надписи, внизу – металлические стержни (крестовина);

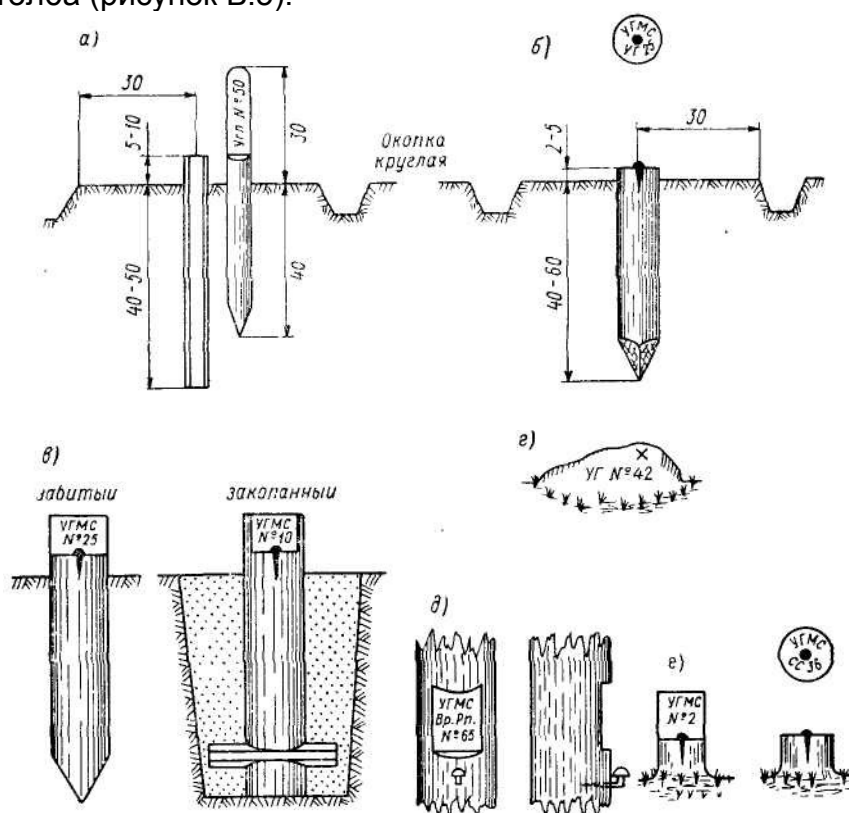
- деревянный столб диаметром не менее 15 см с крестовиной, установленный на бетонный монолит в виде усеченной четырехгранной пирамиды с нижним основанием 20 х 20 см, верхним 15 х 15 см и высотой 20 см; на верхней грани монолита делается крестообразная насечка или заделывается гвоздь. Верхнюю часть столба затесывают на конус, ниже затеса делают вырез для надписи.

- марка, штырь, болт, закрепленные цементным раствором в бетонные

основания различных сооружений, участки с твердым покрытием поверхности земли или скалы. Бетонные пилонь и монолиты закладываются на глубину 80 см. Знаки долговременного типа окапываются канавами в виде квадрата со сторонами 1,5 м, глубиной 0,3 м, шириной в нижней части 0,2 м и в верхней части 0,5 м. Над центром насыпается курган высотой 0,10 м. В заболоченной и залесенной местности и в районах многолетней мерзлоты курган заменяется срубом (1,0 x 1,0 x 0,3 м), заполненным землей.

Во всех случаях знаки долговременного типа устанавливаются в местах, обеспечивающих их сохранность, с учетом наиболее удобного их практического использования.

Временными знаками закрепления съемочного обоснования (планового и высотного) могут служить пни деревьев, деревянные кольца диаметром 5–8 см, столбы или железные трубы (уголковая сталь), забитые в грунт на 0,4–0,6 м и с установленными рядом сторожками. Временные знаки окапываются круглой канавой диаметром 0,8 м. Центр временного знака обозначается гвоздем, вбитым в верхний срез кола или столба (рисунок Б.5).



а – металлическая труба, кованный гвоздь со сторожкой; б – свайка; в – деревянный столб; г – крест (краской) на валуне; д – металлический костыль на дереве; е – штырь, кованный гвоздь в пне

Рисунок Б.5 – Типы знаков временного закрепления съемочных сетей (плановых и высотных)

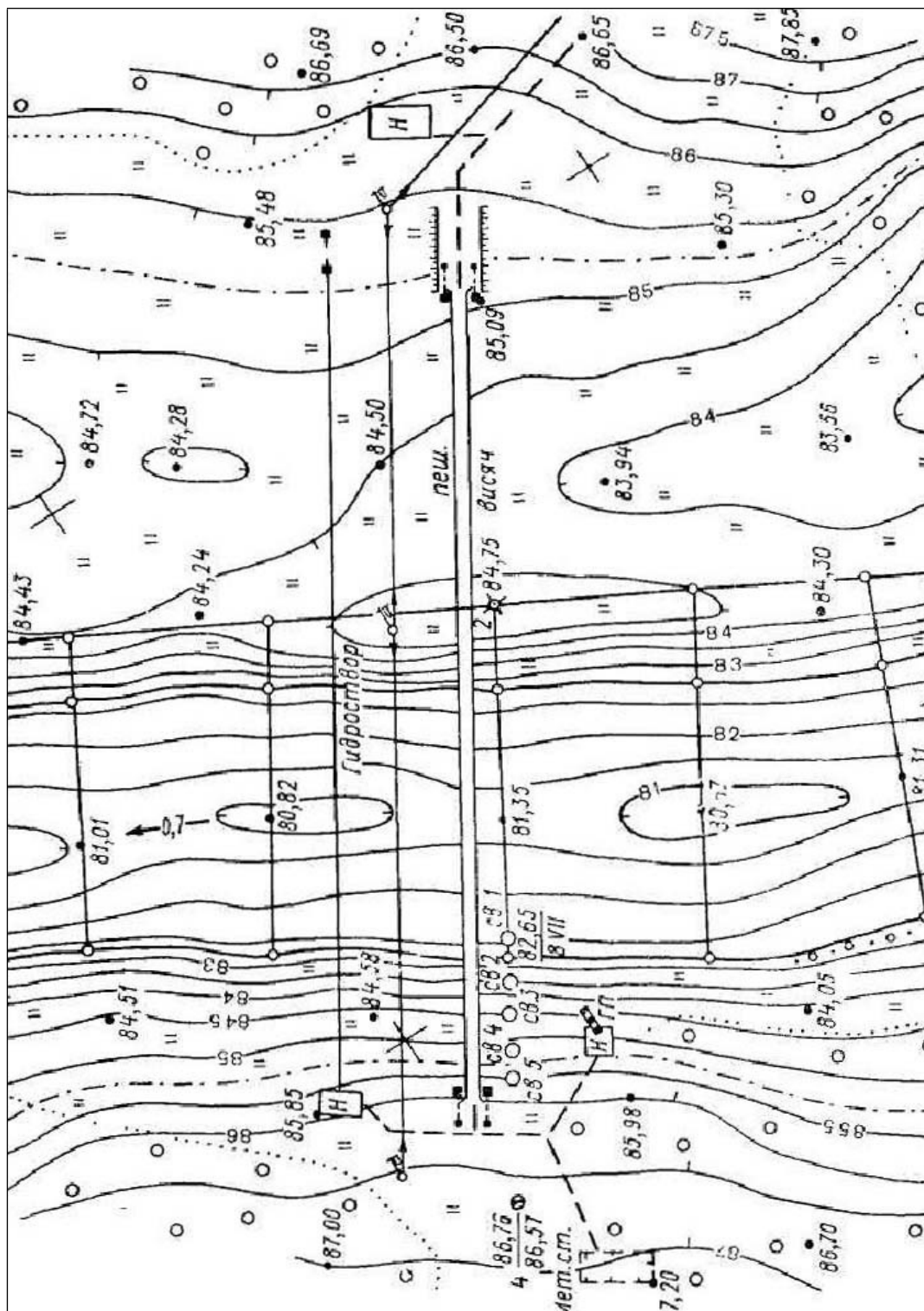
Знаки планового обоснования нумеруются порядковыми номерами с расчетом, чтобы на участке не было одинаковых номеров.

На постоянных знаках масляной краской, а на временных – пикетажным карандашом пишут начальные буквы названия организации, проводящей работу, номер закрепленного пункта (точки) и год установки знака.

На все заложенные постоянные знаки составляют кроки. Масштаб крок выбирают с таким расчетом, чтобы поместились ближайшие ориентиры, указанные в описании местоположения.

Приложение В
(обязательное)

План участка гидрологического поста (образец оформления плана)



ТКП 17.10-08/1-2008

Образец зарамочного оформления плана

Начальник сетевого подразделения
Снимал

1:500 в 1 см 5 м
Сплошные горизонтالي проведены через 0,5 м
Система высот Балтийская
Система координат условная

Мензульная съемка

Приложение Г
(обязательное)

**Пример заполнения таблицы ТГ–11 при многосрочных наблюдениях за
уровнем воды**

Река (озеро, водохранилище)

Пункт

Дата

Площадь водосбора

Отметка «О» графика

Таблица Г.1

Число	Час															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	134	122	116	102	98	95	94	92	90	88	86	92	104	122	155	185

Продолжение таблицы Г.1

Число	Час									Наибольший			Наименьший			Ср. за сутки
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	ч	мин	уровень	ч	мин	уровень	
1	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
1	158	148	132	120	113	107	102	96	90	75	00	185	10	00	86	114

Примечание. При многосрочных наблюдениях за уровнем воды (при отсутствии самописцев) для записи наблюдений используется стандартный бланк ТГ–11; графа 2 при этом делится на две части для записи величин уровня в 00 и 01 ч.

Приложение Д (обязательное)

Методика оценки коэффициента вариации и радиуса корреляции случайного процесса

1. Обозначения:

C_y – коэффициент вариации случайного процесса $y(t)$:

$$C_y = \frac{\sigma(y)}{\bar{y}}, \quad (\text{Д.1})$$

где $\sigma(y)$ – среднеквадратическое отклонение функции $y(t)$ от нормы y ;

$R(r)$ – автокорреляционная функция (АКФ) процесса $y(t)$, r – радиус корреляции процесса $y(t)$;

$y(t) \equiv v(t)$ – функция продольной составляющей скорости от времени для некоторой точки сечения потока;

$C_y \equiv K_a$ – число Кармана, среднее для сечения;

$r_k \equiv T_k$ – среднее время корреляции.

$y(t) = h(x)$ – функция глубин потока от положения промерной вертикали на продольнике;

$$C_y \equiv C_h;$$

$$r_k \equiv \xi.$$

2. Экспериментальное обоснование

При оценке K_a и T_k на трех характерных вертикалях в гидростворе (на стрежне, расстоянии от уреза 0,2В и 0,8В) следует измерить скорость потока $v(t)$ на заглублении 0,6h однооборотной вертушкой при непрерывной регистрации суммы оборотов с интервалом $\Delta t = 5$ с в течение 300 с.

При оценке C_h и ξ на трех характерных продольниках (на стрежне, расстоянии от уреза 0,2В и 0,8В) выполняются промеры глубин $h(x)$ с постоянным шагом $\Delta x \sim 0,5h_{\text{ср}}$ не менее чем в 50 точках ($h_{\text{ср}}$ – средняя глубина продольника).

3. Вычисление характеристик C_y и r_k

Основной способ:

По эмпирической выборке $y(t)$ с помощью ЭВМ (на основе стандартного программного обеспечения) рассчитывается АКФ $R(r)$.

Расчет $R(r)$ можно выполнить и вручную по приближенной формуле

$$R(r) = \frac{\sum_{i=1}^{N_r} \Delta y_i \Delta y_i'}{N_r [\sigma(y)]^2}, \quad (\text{Д.2})$$

где r – сдвиг исходного ряда $y(t)$ (смещение относительно самого себя на $r/\Delta t$ членов);

Δy_i и $\Delta y_i'$ – отклонения исходного и сдвинутого рядов на участке взаимного перекрытия от нормы $\bar{y}$ – среднего арифметического исходного ряда $y(t)$;

N_r – длина участка (количество членов) взаимного перекрытия исходного и сдвинутого рядов.

Вычисления по формуле Д.1 рекомендуется производить при сдвигах $r/\Delta t = 1, 2, 3, \dots, 10$, что позволяет получить 11 значений $R(r)$. При сдвиге $r/\Delta t = 0$ $R(r) = 1$.

Радиус корреляции r_k является интегралом от значений АКФ $R(r)$ на интервале r от 0 до плюс ∞ . Для практики достаточно рассчитать r_k на интервале $(r/\Delta t)$ от 0 до 10 по приближенной формуле

$$r_k = \Delta t [1 + R(\Delta t) + R(2\Delta t) + \dots + R(10\Delta t)], \quad (\text{Д.3})$$

где Δt – принятый интервал дискретизации процесса $v(t)$ или $h(x)$, соответственно в секундах или в метрах.

Расчет $\sigma(y)$ в формулах (Д.1) и (Д.2) выполняется по полным рядам (длиной $N \geq 50$ членов) по формуле

$$\sigma(y) = \left(\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N \Delta y_i^2 \right) \quad (\text{Д.4})$$

Упрощенный способ

Оценка C_y : рассчитывается среднее из двух наибольших отклонений ряда от нормы вычисляется $\sigma(y) \sim 0,5 \Delta y_{\text{макс}}$; определяется C_y по формуле (Д.1).

Оценка r_k :

определяется средний период T колебаний ряда $y(t)$ относительно нормы $\bar{y}$; вычисляется $r_k \sim 0,5T$.

Значения C_y и r_k для всего сечения рассчитываются как среднее арифметическое из значений, полученных на трех характерных вертикалях (для K_a и r_k) или продольниках (для C_h и ξ).

Приложение Е
(обязательное)

Поправки на длину троса

Таблица Е.1 – Поправки на длину подводной части троса (в метрах со знаком минус)

Измеренная глубина, м	Угол отклонения троса от вертикали, градус													
	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
1	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,07
2	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,13	0,14
3	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,09	0,11	0,13	0,14	0,16	0,19	0,21
4	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,18	0,19	0,21	0,25	0,28
5	0,03	0,03	0,05	0,06	0,08	0,10	0,12	0,15	0,17	0,22	0,24	0,27	0,31	0,35
6	0,05	0,05	0,05	0,10	0,10	0,10	0,15	0,20	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,40
7	0,05	0,05	0,05	0,10	0,10	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,30	0,40	0,45	0,50
8	0,05	0,05	0,05	0,10	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,35	0,45	0,50	0,55
9	0,05	0,05	0,10	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,40	0,50	0,60	0,65
10	0,05	0,10	0,10	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,40	0,50	0,60	0,65
11	0,10	0,10	0,10	0,20	0,20	0,20	0,30	0,30	0,40	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80
12	0,10	0,10	0,10	0,20	0,20	0,30	0,30	0,40	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,80
13	0,10	0,10	0,10	0,20	0,20	0,30	0,30	0,40	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
14	0,10	0,10	0,10	0,20	0,20	0,30	0,30	0,40	0,50	0,60	0,60	0,70	0,90	1,00
15	0,10	0,10	0,20	0,20	0,30	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,70	0,80	1,00	1,10
16	0,10	0,10	0,20	0,20	0,30	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,70	0,80	1,00	1,10
17	0,10	0,10	0,20	0,20	0,30	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,70	0,80	1,00	1,20
18	0,10	0,10	0,20	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,80	1,00	1,00	1,30
19	0,10	0,10	0,20	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,80	0,90	0,90	1,00	1,20	1,40
20	0,10	0,10	0,20	0,30	0,30	0,40	0,50	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10	1,30	1,50

Таблица Е.2 – Поправки на длину надводной части троса (в метрах со знаком минус)

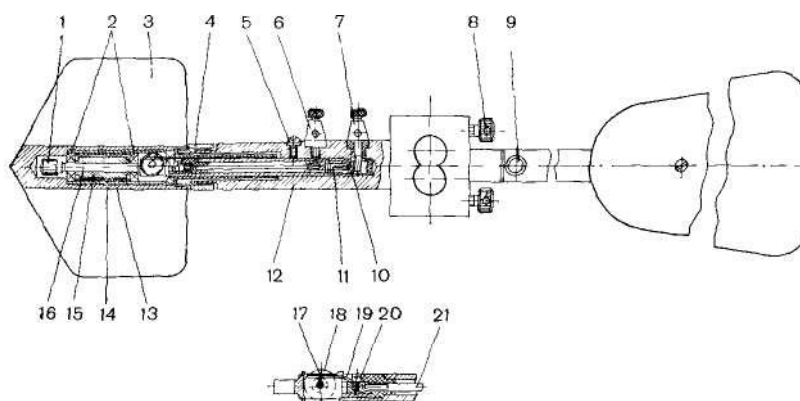
Высота точки закрепления каната над поверхностью воды Н, м	Угол отклонения каната от вертикали, градус													
	5	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
1	0,00	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,09	0,11	0,13	0,16	0,18	0,21
2	0,01	0,03	0,04	0,06	0,08	0,10	0,13	0,16	0,19	0,22	0,26	0,31	0,36	0,41
3	0,01	0,04	0,07	0,09	0,12	0,16	0,19	0,24	0,28	0,34	0,40	0,46	0,54	0,62
4	0,02	0,06	0,09	0,12	0,16	0,21	0,26	0,32	0,38	0,45	0,53	0,62	0,72	0,82
5	0,02	0,08	0,11	0,16	0,20	0,26	0,32	0,40	0,47	0,56	0,66	0,78	0,90	1,03
6	0,03	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,40	0,45	0,55	0,65	0,80	0,95	1,05	1,25
7	0,05	0,10	0,15	0,20	0,30	0,35	0,45	0,55	0,65	0,80	0,90	1,10	1,25	1,45
8	0,05	0,10	0,20	0,25	0,35	0,40	0,50	0,65	0,75	0,90	1,05	1,25	1,45	1,65
9	0,05	0,15	0,20	0,30	0,35	0,45	0,60	0,70	0,85	1,00	1,20	1,40	1,60	1,85
10	0,05	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	0,65	0,80	0,95	1,10	1,30	1,55	1,80	2,05
11	0,08	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,3
12	0,08	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,1	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5
13	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7	0,9	1,0	1,2	1,5	1,7	2,0	2,3	2,7
14	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,9	1,1	1,3	1,6	1,8	2,2	2,5	2,9
15	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,3	2,7	3,1
16	0,1	0,2	0,4	0,5	0,7	0,8	1,0	1,3	1,5	1,8	2,1	2,5	2,8	3,3
17	0,1	0,3	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,6	1,9	2,2	2,6	3,0	3,5
18	0,1	0,3	0,4	0,6	0,7	0,9	1,2	1,4	1,7	2,0	2,4	2,8	3,2	3,7
19	0,1	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	1,8	2,1	2,5	2,9	3,4	3,9
20	0,1	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	1,3	1,6	1,9	2,2	2,6	3,1	3,6	4,1

Таблица вычислена по формуле: $\Delta_1 = \left(\frac{1}{\cos \alpha} - 1 \right) H$

Приложение Ж (обязательное)

Описания и указания по сборке и разборке гидрометрических вертушек

Принцип действия гидрометрических вертушек основан на наличии закономерной связи между скоростью вращения лопастного винта вертушки и скоростью набегающего потока. Если изобразить эту связь графически, отложив по горизонтальной оси число оборотов в секунду лопастного винта, а по вертикальной оси – скорость потока, то на большей части графика она будет иметь вид прямой линии и лишь в области малых скоростей (обычно менее 0,20 м/с) будет нарушаться из-за наличия трения в подшипниках. Величина трения зависит от особенностей каждой вертушки и не является постоянной. Для установления связи между скоростью течения воды и скоростью вращения лопастного винта каждая выпускаемая заводом вертушка тарируется.



1 – осевая гайка; 2 – радиальноупорные шарикоподшипники; 3 – лопастный винт; 4 – муфта; 5 – стопорный винт; 6 – массовая клемма; 7 – изолированная клемма; 8 – зажимные винты; 9 – винт для крепления хвостового оперения; 10 – гнездо штепселя; 11 – штепсельный штифт оси; 12 – корпус вертушки; 13 – наружная втулка; 14 – гильза с червячной втулкой; 15 – внутренняя распорная втулка; 16 – ось ходовой части; 17 – контактный штифт; 18 – червячная шестерня; 19 – контактная пружина; 20 – контактный винт; 21 – электропроводный стержень

Рисунок Ж.1 – Общий вид вертушки ГР-21 (в разрезе)

Гидрометрические вертушки ГР-21 и ГР-21М одного класса, но несколько различаются компоновкой ходовой части.

Гидрометрическая вертушка ГР-21 состоит из следующих основных частей: а) корпуса; б) хвостового оперения; в) ходовой части с контактным механизмом и лопастным винтом; г) сигнального устройства.

Корпус гидрометрической вертушки 12 (рис. 1) служит для сочленения частей вертушки, для крепления ее на штанге или вертлюге и для подключения сигнальной цепи. Корпус вертушки в своей передней части имеет полость, в которую вставляется ось собранной ходовой части 16 и крепится в ней стопорным винтом 5. Две клеммы 6 и 7 служат для подключения проводов сигнальной цепи.

В тыльной части корпуса имеется втулка для крепления вертушки на штанге или на подвеске – вертлюге (в случае работы с тросом) зажимными винтами 8. К тыльной части корпуса винтом 9 крепится хвостовое оперение. Сбоку втулка имеет фигурное отверстие с указателем для снятия отсчета высоты положения оси вертушки на штанге.

Хвостовое оперение вертушки служит для установления оси вертушки по течению. Оно состоит из штока и двух симметрично расположенных на конце его профилированных пластин, обращенных вогнутостью наружу.

Ходовая часть вертушки состоит из оси 16 с контактным механизмом, двух радиально – упорных подшипников 2, внутренней распорной втулки 15, наружной втулки 13, осевой гайки 1. Ходовая часть входит в цилиндрическую полость лопасти 3 и крепится в ней муфтой 4.

Контактный механизм в свою очередь состоит из червячной шестерни 18 с двадцатью зубцами, контактного штифта 17, контактной пружины 19, контактного винта 20 для крепления контактной пружины, электропроводного стержня 21, изолированного от массы корпуса и соединяющего контактную пружину с гнездом – штепселя 10.

Контактный механизм вертушки дает одно замыкание электрической сигнальной цепи за один полный оборот червячной шестеренки, имеющей 20 зубьев; поэтому одно замыкание цепи совершается через 20 оборотов лопастного винта.

Сигнальное устройство, состоящее из клеммной панели, звонка (лампочки) переключателя и сигнальных проводов служит для преобразования электрического импульса в звуковой или световой сигнал.

Электрический ток от отрицательного полюса батареи, состоящей из двух гальванических элементов, подводится к клемме со – знаком минус (–) на клеммной панели ящика, откуда по проводу подходит к изолированной клемме 6 вертушки, затем к штепсельному гнезду 10 по стержню штепселя 21, по контактной пружине 19 на контактный штифт 17, на шестеренку 18, через нее на массу оси, затем на массу корпуса вертушки 12 и на массовую клемму 7. Далее с массовой клеммы по второму проводу ток идет на клемму панели со знаком плюс (+), от которой через электрический звонок или лампочку накаливания – к положительному полюсу батареи.

Сборка вертушки производится в следующем порядке. На ось 16 последовательно надеваются внутренняя обойма шарикоподшипника (с сепаратором и шариками) 2, наружная обойма шарикоподшипника заплечиками вверх, внутренняя распорная втулка 15, наружная распорная втулка 13, наружная обойма шарикоподшипника заплечиками вниз с внутренней обоймой шарикоподшипника 2 и навинчивается осевая гайка крепления подшипников. Затем на ось надевается гильза 14 с червячной втулкой. Ось в сборе вставляется в полость лопастного винта 3, заполненную предварительно маслом на 5 – 6 мм выше уступа в глубине полости, и закрепляется гайкой 4, которая надевается на ось со стороны штепсельного штифта. При вводе оси в полость лопастного винта необходимо ввести штифтик на конце гильзы в гнездо в плече уступа полости лопастного винта.

В случае сборки для хранения на свободный конец оси надевается предохранительный чехол. При сборке вертушки для работы штепсельный штифт оси 11 вставляется в штепсельное гнездо 10 в корпусе 12. Если штепсельный штифт сжат, концы его осторожно раздвигают ножом, чтобы он плотно входил в контактное гнездо. Вставленная в корпус ось с лопастным винтом закрепляется винтом 5. Следует убедиться, что ось закреплена и не может быть вынута из корпуса.

К неизолированной клемме 6, замыкаемой на массу вертушки, присоединяется положительный полюс (+) батареи.

Разборка вертушки производится в порядке, обратном сборке.

Не допускается: вывинчивать из корпуса изолированную клемму 7, вынимать контактный штифт 17, укрепленный на червячной шестерне 18, и вывинчивать токопроводящий изолированный стержень 21, соединяющий контактную пружину 19 со штепсельным штифтом 11. В случае необходимости замены контактной пружины 19 отвинчивается винт 20.

Наименование деталей — аналогично ГР–21;

Вертушка ГР–21 М отличается от вертушки ГР–21 лишь конструкцией отдельных

деталей. В частности, в ней отсутствует деталь 14 — гильза с червячной втулкой. Все операции по сборке, относящиеся к вертушке ГР-21, сохраняются и для этой вертушки.

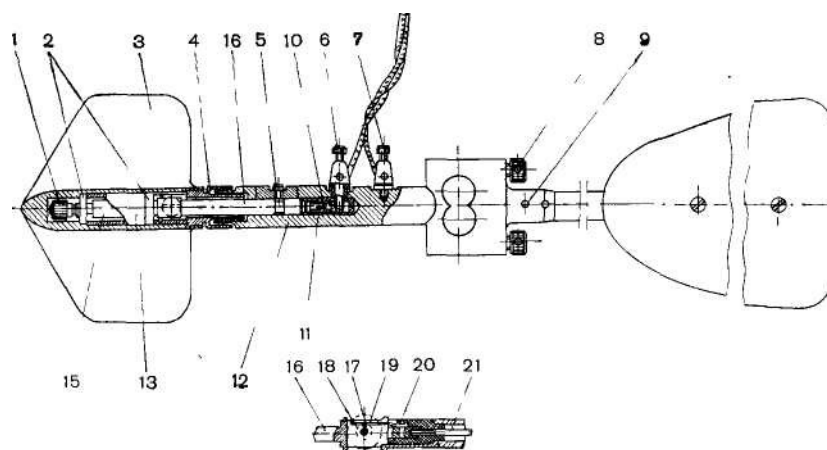


Рисунок Ж.2 – Общий вид вертушки ГР-21М (в разрезе)

Приложение К (обязательное)

Правила обращения и ухода за гидрометрическими вертушками

Каждая вертушка должна иметь паспорт со списком принадлежностей и запасных частей и тарифовочную таблицу. Если вертушка получена в плохом состоянии или отсутствуют какие – либо принадлежности и запасные части, перечисленные в списке, наблюдатель письменно сообщает об этом в сетевое гидрологическое подразделение.

Производить какой – либо ремонт вертушки самому наблюдателю не разрешается. О повреждении вертушки следует немедленно сообщить на сетевое гидрологическое подразделение для замены ее другой

Каждую вертушку в определенные сроки (по указанию начальника подразделения) в зависимости от условий работы в створе отправляют на тарировку.

В случае повреждения или подозрения о неисправности вертушки (например, при работе наблюдатель уронил вертушку и лопастный винт немного погнулся) ее высылают в сетевое гидрологическое подразделение для замены другой, не дожидаясь срока отправки на очередную тарировку.

Если повреждение произошло или возникло подозрение, что вертушка повреждена во время измерения расхода воды, это отмечают в книжке расхода с указанием, на каких вертикалях измерения производились неисправной вертушкой. Если повреждение обнаружено перед измерением расхода и есть основание предполагать, что оно произошло во время предыдущего измерения, запись об этом делают в книжке измерения предыдущего расхода

С гидрометрической вертушкой следует обращаться бережно, оберегая ее от механических повреждений и ржавчины, своевременно и строго выполняя изложенные ниже правила обращения и ухода

Разборку, чистку и сборку вертушки наблюдатель должен выполнять сам, ни в коем случае не доверяя это другим лицам

Об устройстве каждого применяющегося типа вертушки наблюдатель должен получить подробные разъяснения от инструктирующего его специалиста и в процессе учебной разборки и сборки хорошо ознакомиться со всеми частями вертушки и особенностями ухода и обращения с ней.

Разборку и сборку вертушки дома и на реке следует производить осторожно, над куском материи или плотной бумаги с загнутыми краями, чтобы не утерять какую–либо мелкую деталь.

Сразу же после измерения расхода воды на берегу реки вертушку обтирают сухой мягкой тряпкой и убирают в ящик

По возвращении после измерений в помещение наблюдатель в тот же день чистит вертушку и промывает чистым керосином. Вычищенные керосином стальные и железные части должны быть насухо вытерты и обсушены, так как оставшийся керосин может вызвать появление ржавчины

Хвост и подвеску насухо вытирают тряпкой, а затем обтирают тряпочкой, слегка смоченной в масле. Масло для заливки ходовой части следует применять трансформаторное, получаемое с сетевого гидрологического подразделения. Применять другое масло запрещается, так как оно может содержать вредные примеси, вызывающие окисление или образующие сгустки, что отразится на точности показаний вертушки. Чистить и обтирать каждую часть вертушки следует особенно аккуратно, чтобы не погнуть и не испортить. Внутренние части вертушки промывают струей керосина из резиновой груши или ершиком.

Груз, лебедку, штангу и другое вспомогательное оборудование вертушки после

работы в тот же день насухо обтирают и затем протирают тряпкой, слегка смоченной в масле. Трос также обтирают масляной тряпкой. Электрические провода после окончания измерений отключают от электроэлементов, высушивают и наматывают на катушку или аккуратно, без петель, свертывают в бухту.

При сборке вертушки нужно обращать внимание на то, чтобы каждый раз степень завинчивания винта, укрепляющего ось вертушки, или гайки, зажимающей шайбы шарикоподшипников, была одинакова.

Перед каждым измерением расхода воды тщательно осматривают все ходовые части (ось и подшипники), проверяют чистоту, исправность механизма и правильность сборки вертушки.

При правильной сборке вертушки лопастный винт в нормальном и слегка наклонном положении должен от легкого дуновения сделать несколько оборотов. Если лопастный винт вращается туго, вертушку следует разобрать, снова очистить, промыть ходовую часть и заменить масло.

Вертушки ГР-21 и ГР-21М перед каждым измерением расхода воды при скоростях течения меньше 0,5 м/с после проверки вращения лопастного винта от дуновения дополнительно испытывают в отношении сохранения постоянства трения, которое зависит от состояния оси и подшипников и от сопряжения отдельных частей механизма вертушки. В случае появления в подшипниках ржавчины, искривления оси и т. д. трение значительно увеличивается и показания вертушки, в особенности при малых скоростях, становятся неточными. В этом случае вертушка подлежит замене и ремонту.

Испытание вертушки на постоянство трения производят в помещении или защищенном от ветра месте по способу выбега в следующем порядке.

Вертушку закрепляют на штанге на высоте 1,1 м от пола. На соединительную гайку вертушки (рис. ж 1, деталь 4) навивают нить длиной 100 см с грузиком массой 75 – 100 г. Нитку навивают в один ряд путем вращения лопастного винта в сторону, противоположную его вращению при работе. Начало нити прижимают к гайке вторым витком. После того как вся нить до ушка грузика будет навита на гайку, груз опускают. В момент, когда вся нить сойдет с гайки и грузик упадет на пол, пускают в ход секундомер. Лопастный винт начинает свободно вращаться. В момент полной остановки лопастного винта секундомер останавливают. Время записывают с точностью до 1 с.

Испытание производят дважды в теплом помещении, так как при низких температурах масло сгущается и продолжительность свободного вращения заметно уменьшается. Приспособлением для испытания наблюдателя снабжает сетевое гидрологическое подразделение.

Разница в продолжительности свободного вращения по двум испытаниям не должна превышать 20 процентов. Если разница получится больше, вертушку разбирают, тщательно просматривают, при необходимости заново чистят, заменяют масло и испытание повторяют дважды.

Полученное время продолжительности (меньшее из двух) свободного вращения лопастного винта сравнивают со временем, указанным в тарифовочной таблице.

Продолжительность свободного вращения (в секундах), указанная в тарифовочной таблице, обозначается T_0 , а продолжительность вращения перед данным измерением расхода – T с индексом, показывающим порядковый номер измерения этой вертушкой расхода воды, например, T_5 , T_{10} и т. д.

Если продолжительность свободного вращения перед измерением данного расхода воды по сравнению с T_0 уменьшится не более чем в 1,5 раза, вертушка признается исправной и ею допускается измерение всех значений скоростей начиная с 0,08 м/с.

Если продолжительность вращения уменьшится от 1,5 до 2,5 раза (например

$\frac{T_0}{T_{21}} = \frac{25}{13} = 1,9$), то вертушка при измерении скоростей течения меньше 0,25 м/с будет давать значительные погрешности и ею можно измерять скорости течения только более 0,25 м/с.

Если продолжительность вращения уменьшится более чем в 2,5 раза (например, $\frac{T_0}{T_{21}} = \frac{25}{9} = 2,8$), такая вертушка признается непригодной для измерения скоростей меньше 0,5 м/с.

Во всех случаях получения в результате испытаний значительных отклонений продолжительности свободного вращения перед измерением расхода воды по сравнению с T_0 (более чем в 1,5 раза) следует убедиться, хорошо ли вычищена вертушка и правильно ли она собрана. После проверки испытание следует повторить.

Об уменьшении продолжительности свободного вращения лопастного винта более чем в 1,5 раза следует немедленно сообщить на станцию.

При измерении скоростей течения больше 0,5 м/с испытание по способу выбега не производится, но вертушка обязательно должна быть проверена в соответствии с указаниями п. 11 настоящих правил.

Результаты испытаний записываются в раздел «Обстановка работы» книжки расхода в сведениях о вертушке.

Пример записи $\frac{T_0}{T_{21}} = \frac{25}{18} = 1,4$

Перед измерением расхода воды проверяют также исправность электрических элементов, проводов и регулируют сигнальное устройство (звонок, зуммер).

В первую очередь осматривают и очищают от окислов и грязи винты и гайки всех контактов и концы проводов.

Для проверки электрических элементов при отсутствии специального прибора (ампервольтметра) применяют лампочку от карманного фонаря. От одного элемента нить лампочки должна докрасна раскалиться, от двух элементов, соединенных последовательно, лампочка должна хорошо светиться.

Убедившись, что элементы исправны, присоединяют их непосредственно к сигнальному устройству.

В случае слабого или прерывистого сигнала звонка при замкнутом контакте контактного устройства вертушки производят регулировку контактов специальным имеющимся на нем винтом, который, после того как будет достигнут громкий и ровный звук, закрепляют контргайкой.

Для проверки проводов их соединяют с гальваническим элементом и сигнальным устройством. В случае отсутствия сигнала провод проверяют на обрыв, соединяют его части или заменяют запасным, новым проводом.

После проверки и регулировки сигнальной электрической системы производят испытание действия контактного механизма вертушки.

Для этого вертушку включают согласно электрической схеме. При вращении рукой лопастного винта во время контакта должен получаться четкий (громкий для звукового и ясный для светового) ровный сигнал.

В случае неудовлетворительных сигналов (слабых, прерывистых) следует прежде всего убедиться в надежности всех контактов (соединений) электрической цепи, находящихся вне контактной камеры. Если окажется, что все внешние контакты надежны, а сигналы остаются неудовлетворительными, открывают контактную камеру вертушки, промывают керосином, сушат ее и снова вращением лопастного винта устанавливают контактную пружину на штифтик. Если и после промывки сигналы будут неудовлетворительными, необходимо произвести

регулировку контактного устройства вертушки.

Регулировку контактного устройства вертушки наблюдатель производит самостоятельно только при условии, что такая регулировка выполнялась им неоднократно в присутствии обучающего его инженера или техника.

Если наблюдатель недостаточно хорошо освоил эти правила и не имеет практического навыка, то о неудовлетворительной работе контактного устройства следует срочно сообщить на станцию.

Для проверки работоспособности вертушки ГР–99 необходимо:

1) собрать вертушку, для чего установить ходовую ее часть в корпусе и закрепить зажимным винтом. Лопастный винт должен легко вращаться и после нескольких оборотов плавно остановиться, что свидетельствует о правильной сборке и чистоте ходовой части;

2) проверить с помощью вольтметра, размещенного на клеммной панели, напряжение источников питания счетчика оборотов. Оно должно быть не менее 20 В;

3) проверить работоспособность прибора в целом, для чего подключить сигнальный провод и провода питания, согласно клеммным обозначениям. Включить тумблера на клеммной панели и плате счетно – импульсного механизма. При вращающейся ходовой части включить секундомер и счетчик рычажком, установленным на плате счетно – импульсного механизма. Включение должно произойти синхронно. Счетчик должен отсчитывать обороты вертушки. При повторном нажатии на рычажок счетчик и секундомер должны синхронно остановиться.

В целях сохранности магнитоуправляемого контакта ходовая часть хранится в специальной втулке укладочного ящика.

Приложение Л
(обязательное)

**Перечень видов состояния водного объекта,
за которыми должны производиться наблюдения на гидрологических постах**

Таблица Л.1

Код	Название явления (вида, состояния водного объекта)	Определение понятия
1. Ледовые явления (группа 5)		
1.1. Образование и разрушение ледяного покрова (соответствует периодам замерзания и вскрытия)		
511	Сало	Поверхностные первичные ледяные образования, состоящие из иглообразных и пластинчатых кристаллов льда, по внешнему виду напоминающие пятна застывшего жира на воде. Появляются с наступлением отрицательных температур воздуха
512	Снежура	Плавающие в воде комковатые скопления снега в виде рыхлой вязкой массы. Образуется при обильном выпадении снега на охлажденную водную поверхность
513	Забереги (первичные, наносные);	Полосы льда, смерзшиеся с берегами рек и водоемов при незамерзшей основной части водного пространства. Покрытость водного пространства заберегами измеряется в баллах
514	Припай, шириной более 100 м—для озер и водохранилищ	Полосы льда, смерзшиеся с берегами озер и водохранилищ, шириной более 100 м
515	Забереги нависшие	Полосы льда, смерзшиеся с берегами и несоприкасающиеся с водной поверхностью, образуются в результате снижения уровня воды
516	Ледоход; для озер и водохранилищ — дрейф льда;	Движение льдин, ледяных полей, спрессованных глыб снега и других ледяных образований под действием течения или ветра
517	Ледоход, лед из притока, озера, водохранилища	См. 516. Наблюдается позже прохождения льда основной реки (местного ледохода). Ледяной материал часто отличается по внешнему виду (цвет, размеры)
518	Ледоход поверх ледяного покрова	См. 516. Наблюдается обычно в весенний период на промерзающих реках или реках с мощным ледяным покровом, смерзшимся с берегами. Особенно часто встречается на горных реках и реках, текущих с юга на север
519	Шугоход	Движение шуги по поверхности или внутри водного потока. Покрытость водного пространства шугой (густота) измеряется в баллах
520	Внутриводный лед	Скопление первичных кристаллов льда различных размеров и формы, разрозненных или смерзшихся между собой в виде губчатой, рыхлой непрозрачной массы. Образуется при переохлаждении воды и интенсивном перемешивании на различных глубинах и дне
521	Пятры	Скопление донного льда, прочно скрепленное с дном реки и достигшее водной поверхности; часто имеет грибовидную форму
522	Осевший лед	Лед, осевший на дно в прибрежной зоне, у островов и на отмелях при понижении уровня воды
523	Навалы льда на берегах (ледяные навалы)	Нагромождения льдин на берегах и в пойме рек, на берегах озер и водохранилищ. Образуется на реках в период ледохода и при заторах. На водохранилищах навалы формируются под влиянием ветра
524, 525, 526	Ледяная перемычка	Короткий участок ледяного покрова, образующийся на малых реках, в местах смыкания заберегов, а на больших реках вследствие остановки и смерзания плывущих льдин и шуги. Может

	наблюдаться в створе поста (524), выше него (525) или ниже (526)

Продолжение таблицы Л.1

Код	Название явления (вида, состояния водного объекта)	Определение понятия
530, 531	Затор льда	Нагромождение льда в русле реки, вызывающее стеснение живого сечения и существенный подъем уровня воды выше данного скопления. Относительно поста затор может находиться выше (530) или ниже (531). В зависимости от этого на посту наблюдается соответственно резкий спад или подъем уровня
532	Затор льда искусственно разрушается	Разрушение затора с помощью бомбардировки, подрыва, ледокола или других технических средств
534, 535	Зажор льда	Скопление шуги и мелкобитого льда в русле реки, вызывающее стеснение живого сечения и существенный подъем уровня выше данного скопления. Относительно поста зажор может находиться выше (534) или ниже (535). В зависимости от этого на посту наблюдается соответственно резкий спад или подъем уровня
536	Зажор льда искусственно разрушается	Разрушение зажора с помощью технических средств или иных воздействий
537	Вода на льду	Скопление стоячей воды на ледяном покрове, образующееся во время оттепелей от таяния снега на льду, от берегового стока талой воды или за счет воды, выступившей из – под ледяного покрова
538	Вода течет поверх льда	Поток воды на ледяном покрове вдоль берегов или по всей ширине. Наблюдается при наледях, во время оттепелей перед вскрытием
539	Закраины	Полосы открытой воды вдоль берегов, образующиеся перед вскрытием в результате таяния льда, отхода его от берегов, повышения уровня воды
540	Лед потемнел	Изменение цвета ледяного покрова перед вскрытием после того, как снег на льду растаял
541	Снежница	Неподвижная вода на льду, образующаяся в результате таяния снега при длительных оттепелях
542	Лед подняло (вспучило)	Всплытие ледяного покрова без его разламывания при повышении уровня воды. Возможно отделение льда от берегов
543	Подвижка льда	Небольшие перемещения ледяного покрова на отдельных участках реки (водоема) под действием течения, ветра, а также подъема уровня
544	Разводья	Пространства открытой воды в ледяном покрове, образующиеся в результате подвижек льда
545	Лед тает на месте	Очищение реки (водоема) ото льда без ледохода, путем теплового разрушения льда. Наблюдается на малых реках, а также озерах и водохранилищах
546	Забереги остаточные	Полосы неподвижного льда, оставшиеся у берегов весной при разрушении ледяного покрова
547	Наслуд	Лед, образующийся при замерзании талой воды на ледяном покрове после оттепели
548	Битый лед – для озер, водохранилищ, устьевых участков рек	Плавающие льдины неправильной формы. Различают крупнобитый (размером от 20 до 100 м в поперечнике) и мелкобитый (размером от 2 до 20 м) лед
549	Блинчатый лед — для озер, водохранилищ, устьевых участков рек	Льдины округлой формы диаметром от 0,5 до 2 — 3 м, имеющие по краям валик из измельченного льда
550	Ледяные поля – для озер, водохранилищ,	Отдельные плывущие льдины или участки ледяного покрова, имеющие большие размеры, порядка десятков и сотен метров в

	устьевых участков рек	поперечнике
551	Ледяная каша — для озер, водохранилищ, устьевых участков рек	Скопление мелкораздробленного льда с включением снежуры, шуги, сала

Продолжение таблицы Л.1

Код	Название явления (вида, состояния водного объекта)	Определение понятия
552	Стамуха	Торосистое образование, осевшее на мели при разрушении ледяного покрова. На больших озерах и в устьях рек высота надводной части стамухи может достигать до 10 м, на средних водоемах – не превышает 3 м
553	Лед относит (отнесло) от берега — для озер, водохранилищ	В соответствии с названием
554	Лед прижимает (прижал) к берегу — для озер, водохранилищ	В соответствии с названием
1.2. Ледостав — неподвижный ледяной покров на поверхности водотока или водоема		
563	Ледостав неполный	Участки с ледяным покровом, образованным путем смерзания заберегов, чередуются с участками чистой воды. Для озер и водохранилищ у берегов — ледостав, на середине — чисто
564	Ледяной покров с полыньями (промоинами, пропаринами)	В ледяном покрове остались (или вновь образовались) пространства с открытой водной поверхностью. Наблюдается в местах с быстрым течением, в местах выхода грунтовых вод, нижних бьефах ГЭС, в местах сброса теплых вод промышленных предприятий и в истоках рек
565	Ледостав, ровный ледяной покров	В соответствии с названием
566	Ледостав, ледяной покров с торосами	Ледяной покров, имеющий на поверхности нагромождения смерзшихся льдин, образовавшихся в результате подвижек и сжатия ледяного покрова
567	Ледяной покров с грядами торосов для водохранилищ	Ледяной покров, имеющий на поверхности нагромождения смерзшихся льдин в форме валов высотой более 1 м, простирающихся на несколько километров
568	Шуговая дорожка	Часть ледяного покрова, образовавшаяся из смерзшейся шуги в виде продольной полосы между заберегами. Лед шуговой дорожки обычно торосистый
569	Подо льдом шуга	Скопления под ледяным покровом неподвижной или малоподвижной шуги (внутриводного льда)
570	Трещины в ледяном покрове	Разрывы в ледяном покрове, образующиеся под влиянием колебаний температур воздуха и уровня воды, подвижек и других причин
571	Наледь	Ледяное образование, возникшее в результате выхода воды на поверхность льда и ее замерзания. Возникает вследствие стеснения водного сечения нарастающим ледяным покровом и промерзания русла в мелких местах. Наледь может возникнуть в результате выхода грунтовых вод и их замерзания
572	Лед нависший (ледяной мост)	Участок ледяного покрова, отделившийся от водной поверхности при понижении уровня воды и опирающийся на берега. Образуется вследствие резкого падения уровня при ледоставе
573	Лед ярусный	Ледяной покров, состоящий из отдельных слоев, между которыми находится вода или воздушная прослойка. Наблюдается либо на реках с интенсивными колебаниями уровня воды, когда на водной поверхности, возникшей над ледяным покровом, успевает образоваться новый ярус ледяного покрова; либо при неоднократных перегрузках ледяного покрова снегом и частичного промерзания разлившейся по поверхности льда воды
574	Лед на дне	Лед на дне водного потока, оставшийся вследствие предшествующего промерзания реки, либо предшествующего

	смерзания с дном осевшего льда

Продолжение таблицы Л.1

Код	Название явления (вида, состояния водного объекта)	Определение понятия
575	Река (озеро) промерзла	Все сечение реки до дна заполнено льдом. Наблюдается первоначально на мелководных участках реки и является результатом прекращения поверхностного руслового стока воды вследствие уменьшения или полного истощения подземного питания. При этом сток может перейти в подрусловый или наледный
576	Лед искусственно разрушен (ледоколом, взрыванием и другими техническими средствами)	В соответствии с названием. Должно быть пояснено вторым состоянием водного объекта, показывающим, что наступило после искусственного разрушения льда
577	Наледная вода	Скопление стоячей или текущей воды, наблюдающееся во время сильных морозов и приводящее к образованию наледи
2. Дополнительные сведения о состоянии водного объекта (группа 6)		
600	Чисто	Отсутствие на участке поста ледяных образований, лесосплава, водной растительности, русловых и береговых деформаций, снежных завалов, резких изменений характера течения, вызванного как природными явлениями, так и хозяйственными мероприятиями
2.2. Заращение		
622	Растительность у берега	Растительность у берегов или на затопляемой пойме при подымавшемся уровне, влияющая на условия протекания воды
623	Растительность по всему сечению потока	Водная растительность распространена по длине и ширине участка реки сплошь
624	Растительность по сечению потока пятнами	Водная растительность распространена на участке поста в русле пятнами
625	Растительность стелется по дну	В соответствии с названием
626	Растительность у гидроствора выкошена	В соответствии с названием. Растительность выкашивается для измерения расхода воды. Указывается в КГ–1М(Н), если гидроствор совмещен со створом гидрологического поста или находится в непосредственной близости от него
627	Растительность легла на дно (осенью)	В соответствии с названием. Этот момент важен, так как полегшая растительность оказывает меньшее сопротивление потоку
628	Растительность занесена илом (во время спуска рыбных прудов и т. д.)	В соответствии с названием
629	Растительность погибла в результате загрязнения реки	В соответствии с названием
2.3. Русловые процессы.		
635, 636, 637	Обвал (оползень) берега — выше, в створе или ниже створа соответственно	Отрыв и падение (сползание) в русло больших масс грунта, слагающих берег. Относительно поста обвал (оползень) может находиться выше, в створе или ниже. В зависимости от этого на посту может наблюдаться спад или подъем уровня. Явление относится к числу береговых деформаций
638	Дноуглубительные работы в русле	Вид хозяйственного воздействия на русло, связанный с изъятием грунта из русла реки. Может осуществляться землечерпанием, средствами гидромеханизации. Относится к числу донных деформаций
639	Намывные работы в русле	Вид хозяйственного воздействия на русло, связанный с введением дополнительного грунта в русло реки. Осуществляется обычно

		средствами гидромеханизации. Грунт для намывки берется из других частей русла, поймы или берега. К этому виду работ относится также обвалование (ограждение русла земляными валами, располагающимися вдоль реки; применяется для предохранения местности от затопления). Относится к числу донных деформаций

Продолжение таблицы Л.1

Код	Название явления (вида, состояния водного объекта)	Определение понятия
640	Проведена расчистка русла	Мероприятие, направленное на придание руслу более правильной геометрической формы. Применяется для улучшения условий судоходства. На малых реках проводится для повышения точности измерения расходов воды
641	Русло реки сужено на гидростворе для измерения расхода воды	В соответствии с названием. Отмечается в книжке КГ–1М(Н), если гидроствор расположен в створе поста или непосредственной близости от него
642, 643	Коса	Низкая намывная полоса суши, причлененная одним концом к берегу. Сложена песком, галькой и другими легко размываемыми грунтами. Коса может в результате руслового процесса как образоваться (642), так и размыться (643)
644, 645	Осередок	Отделенные от берега скопления наносов в русле реки в виде невысоких, обычно лишенных растительности, затопленных или частично обнаженных подвижных островов и отмелей, преимущественно продолговатой, вытянутой формы. Осередок образуется (644) или размывается (645) в результате руслового процесса
646, 647	Остров	Участок суши, окруженный водой, обычно покрытый растительностью. Остров в результате руслового процесса может как образоваться, так и размыться. Острова, в отличие от осередков, затопляются только при редко наблюдаемых уровнях воды
648	Смещение русла в плане	Блуждание русла в пределах долины реки. Проявление руслового процесса, относимое к плановым деформациям
2.4. Прочие сведения		
652, 653, 654	Снежный завал	Перекрытие русла реки массой снега, нанесенной ветром. Относительно поста может располагаться выше (652), ниже (654) или в створе (653)
655	Прорыв снежного завала	Разрушение текущими водами снежного завала, перекрывшего русло реки
660	Река пересохла	Полное прекращение стока в русле реки; наступает в периоды, когда вследствие большой водопоглощающей способности почвы от дождей не возникает сколько-нибудь значительного поверхностного стока
661	Волнение слабое, 1 балл	На больших реках высота волны от 0,1 до 0,25 м.
662	Волнение умеренное, 2–3 балла	На больших реках на поверхности волны появляются пена и гребешки. Высота волны 0,26—1,25 м.
664	Стоячая вода (перемёрз или пересох расположенный выше или ниже перекат)	Вода, заполняющая плесовый участок русла реки при отсутствии стока вследствие пересыхания (промерзания) реки на перекате или перекрытия русла глухой перемычкой (временной плотиной)
665	Стоячая вода подолдом	То же при наличии ледостава
666	Прекратилась лодочная переправа	В соответствии с названием. При описании состояния водного объекта эти сведения сообщаются как вспомогательные и обязательно сопровождаются данными о других состояниях водного объекта
668	Началось пешее сообщение	В соответствии с названием
669	Началось движение	В соответствии с названием

	транспорта по льду	
670	Прекратилось транспорта по льду	В соответствии с названием
671	Началась лодочная переправа	В соответствии с названием

Окончание таблицы Л.1

Код	Название явления (вида, состояния водного объекта)	Определение понятия
672	Подпор от озера, реки	В соответствии с названием
673	Начало навигации	В соответствии с названием
674	Конец навигации	
2.5. Хозяйственные мероприятия		
677, 678	Забор воды	Изъятие воды из водного объекта для использования ее в хозяйственных или бытовых целях. Сооружение водозабора может находиться выше (677) или ниже (678) поста
679, 680	Забор воды прекратился	В соответствии с названием. Отменяет действие предыдущих явлений 677, 678
681, 682	Сброс воды	Возврат в водный объект вод, ранее изъятых из него, другого бассейна, подземных вод для использования в хозяйственных или бытовых целях. Сбросное сооружение может находиться выше (681) или ниже (682) поста
683	Сброс воды прекратился	В соответствии с названием. Отменяет действие предыдущих явлений 681, 682
685, 686	Плотина (перемычка, запруда, дамба)	Гидротехническое сооружение, перегораживающее реку. Выше сооружения создает подпор (повышение уровней). Ниже сооружения может быть сухое русло, заполненное водой, сбрасываемой через плотину. Плотина относительно поста может находиться выше (685) или ниже (686) по течению реки
687, 688	Разрушена плотина (перемычка, запруда, дамба)	В соответствии с названием. В результате разрушения образуется волна — снижение уровня выше сооружения и повышение ниже. После прохождения волны код не употребляется
689	Подпор от засорения русла. Подпор от мостовых переправ	Повышение уровня воды, сопровождаемое уменьшением скорости течения и уклонов в некотором сечении или на участке потока. Причинами возникновения подпора могут быть: повышение уровня в расположенном ниже озере, на впадающем ниже притоке при прохождении паводка, наличие в русле любых как искусственных, так и естественных препятствий
691	Попуски воды из озера, водохранилища	Искусственные сбросы воды из водохранилища, характеризующиеся резким изменением гидравлических характеристик в течение сравнительно короткого периода времени; осуществляются для целей энергетики, а также для повышения или понижения расходов, уровней и глубин нижележащих участков в связи с запросами народного хозяйства, судоходства, орошения, водопользования и т. д.

Приложение М
(обязательное)

**Перечень оборудования и материалов
для обработки проб наносов и донных отложений**

Таблица М.1

Наименование оборудования	Единица измерения	Количество
Шкаф для фильтрования проб воды со взвешенными наносами	комплект	1
Прибор Куприна для фильтрования под давлением	„	1
Дождемерные стаканы емкостью до 500 мл	шт.	2
Мерные цилиндры емкостью до 10 мл	„	2
Палочки стеклянные	кг	0,2
Трубки резиновые диаметром 0,5—1,0 см для сифона	„	0,2
Сифоны стеклянные	шт.	3
Бутылки белого стекла без плечиков емкостью 3 л	„	20
Бутылки белого стекла без плечиков емкостью 1 л	„	100
Фарфоровые чашки диаметром 14—20 см	„	20
Термометр комнатный	„	1
Термометр для воды без оправы	„	1
Станки-полки для фильтрования, 5-местные	„	2*
Марля или другая тонкая ткань	м	7*
Весы технические Т-200 или Т-1000	шт.	1
Разновес технический для весов Т-200 и Т-1000	комплект	1
Таз алюминиевый для мытья посуды	„	1
Этикетки к пробам наносов	бланк	200
Этикетки к пробам донных отложений		10
Фильтры беззольные с белой лентой диаметром 11—13 см, взвешенные и уложенные каждый в отдельный конвертик из восковой бумаги	шт.	300
Конвертики из восковой бумаги	„	50
Мешочки из плотной ткани или полиэтиленовые для проб донных отложений	„	10
Формалин или хлороформ для консервации проб взвешенных наносов, предназначенных для определения крупности	мл	100
Хлористый кальций, 20-процентный раствор	„	1000
Карандаши восковые	шт.	5
Ерш для мытья стеклянной посуды	„	2
Полотенца	„	2
Полевая книжка для записи проб наносов (для заполнения в двух экземплярах)	бланк	24
То же, вкладыш		100
Примечание: Предусматривается на случай частых определений расходов взвешенных наносов детальным способом для ускорения работы, либо при отсутствии на посту шкафа для фильтрования.		

Приложение Н
(обязательное)

**Перечень оборудования
для обеспечения лабораторной обработки проб наносов**

Таблица Н.1

Наименование оборудования	Единица измерения	Количество
а) Общие для всех методов анализа и видов работ		
Весы аналитические на 200 г	Комплект	1
Весы химико–технические на 0,5 или 1 кг	»	1
Разновес аналитический на 100 г	»	1
Разновес химико–технический на 0,5 или 1 кг	»	1
Сушильный шкаф с электрообогревом на 105–110 ° С	шт.	1
Технический термометр к сушильному шкафу до 200 ° С		
Эксикатор диаметром 250 мм	»	1
Баня водяная или песчаная	»	1
Электроплитка		
Секундомер	»	2
Щипцы тигельные	»	6
Аппарат для получения дистиллированной воды	»	1
Пробирки химические	»	1
Стойка для пробирок	»	1
Штатив с лапками	»	10
Воронки стеклянные или пластмассовые диаметром 70 мм		
Термометр комнатный	»	1
Термометр для воды без оправы	»	20
Гигрометр	»	1
Лупа ручная		
Рулетка металлическая, двухметровая	»	1
Груша резиновая – промывалка	»	1
Карандаш для стекла	»	1
Пробки резиновые всех размеров	»	1
Чашки фарфоровые диаметром 14–20 см для выпаривания	»	2
	»	5
	кг	3
	шт	20
б) Для пипеточного метода		
Пипеточная установка	Комплект	1
Цилиндры стеклянные диаметром 50–60 мм емкостью 1 л (или 0,9–1,2 л)	шт.	6
Пипетка стеклянная Мора емкостью 25 мл	»	1
Сушильные стаканчики (бюксы) низкие высотой 30 мм и диаметром 80–50 мм	»	
Фарфоровая чашка диаметром 9–10 см	»	30
Колба коническая емкостью 1 л	»	6
Холодильники стеклянные		
		6
в) Для метода фракциометра		
Фракциометр с подставкой и зажимами	Комплект	1
Колба коническая емкостью 50 мл	шт	1
Фарфоровые чашки диаметром 5–6 см		28

Продолжение таблицы Н.1

г) Для ситового метода		
Набор сит	Комплект шт.	1
Ступка фарфоровая диаметром 140 мм с пестиком		1
Резиновый наконестыльник (на пестик) Фарфоровые чашки диаметром 9–10 см	»	1
	»	7
д) Реактивы (из расчета на 1000 анализов)		
Хлористый кальций гранулированный	г	500
Хлористый кальций кристаллический	г	500
Соляная кислота концентрированная (химически чистая)	л	5
Азотная кислота концентрированная (химически чистая)	л	1
Азотнокислое серебро		
Хлористый барий	г	100
Щавелевокислый аммоний	г	250
Аммиак (25 %-ный раствор)	г	500
	л	10
е) Для определения плотности частиц наносов		
Пикнометры емкостью 50 – 100 см ³ Воронки химические стеклянные диаметром 3 см	шт.	6
	»	1
ж) Для определения плотности смеси наносов в естественном залегании		
Мерные цилиндры градуированные емкостью 100 см ³	шт.	10
То же, емкостью 500 см ³	»	10
з) Для определения органической части наносов		
Муфельная печь	шт.	1
Тигель фарфоровый с крышкой	»	10
Примечание: Стеклянная посуда приводится без запаса на случай боя.		

Приложение П
(обязательное)

**Правила обращения и ухода за установками и приборами
для лабораторной обработки проб наносов**

Точные лабораторные определения количества наносов и их состава обеспечиваются, если оборудование, приборы и посуда содержатся в полной исправности и чистоте. По окончании работы приборы тщательно моются пресной чистой водой, металлические части обтираются сухой тряпкой, а посуда дважды промывается дистиллированной водой, сушится в теплом воздухе или на специальной полке для сушки посуды и убирается в шкаф, защищенный от пыли и загрязнения.

2. Шкаф для фильтрования проб воды со взвешенными наносами применяется на сетевое гидрологическое подразделение и постах и предназначен для:

- 1) производства в нем автоматического фильтрования проб;
- 2) высушивания фильтров с наносами;
- 3) хранения оборудования и материалов, применяемых при фильтровании.

Применение шкафа имеет целью устранить возможность загрязнения фильтров и обеспечить удобство работы. Шкафы могут изготавливаться местными средствами.

Шкаф (высотой 1000 мм, шириной 1020 мм и глубиной 305 мм) имеет четыре отделения. Нижнее отделение высотой 670 мм служит для фильтрования, левое высотой 330 мм, шириной 205 мм и правое шириной 250 мм, боковые верхние отделения — для сушки фильтров с наносами, а верхнее центральное — для размещения оборудования.

Сита употребляются для подразделения наносов по гранулометрическому составу на фракции 10 – 5, 5 – 2, 2 – 1, 1 – 0,5 мм или на фракции 10 – 5, 5 – 2, 2 – 1 мм, когда частицы мельче* 1 мм предназначаются на анализ методом фракциометра. Сита выпускаются в виде набора.

Набор состоит из пяти сит цилиндрической формы, вставляемых одно в другое в виде колонки в порядке убывания размера отверстий сверху вниз. Нижнее сито вставляется в коробку (дно набора), а верхнее накрывается крышкой.

Дно каждого сита образовано плоской пластинкой, в которой имеются круглые отверстия определенного диаметра, а именно: для первого сита – 10 мм, для второго – 5 мм, для третьего – 2 мм, для четвертого – 1 мм и для пятого – 0,5 мм.

На наружной поверхности каждого сита на диаметрально противоположных сторонах имеются ручки, предназначенные для удобства разъединения сит. Там же показаны заводской номер набора, порядковые номера сит в комплекте и размеры отверстий сит. На крышке набора выбита марка завода – изготовителя с указанием года выпуска изделия.

Набор сит рассчитан на длительное использование в условиях стационарной и полевой лабораторий.

В процессе работы необходимо обращаться с ситами бережно:

- воспрещается проталкивать пальцем или иглою застрявшие в отверстиях частицы; рекомендуется краем опрокинутого сита слегка несколько раз ударить над листом бумаги о поверхность стола, а затем протолкнуть частицы во внутрь жесткой волосяной щеточкой;

- не допускается образование вмятин в стенках корпусов сит и в дне с отверстиями во избежание застревания мелких частиц или просыпания их при тряске сит через образующиеся щели в местах соединения сит в колонку;

- после работы сита промываются и просушиваются, после чего чистятся волосяной щеточкой;

- сита хранятся собранными в комплект в сухом помещении.

Фракциометр является лабораторным прибором, позволяющим подразделить наносы по гранулометрическому составу на фракции 1 – 0,5; 0,5 – 0,2; 0,2 – 0,1; 0,1 – 0,05 мм на основе способности твердых частиц падать в стоячей воде со скоростью, пропорциональной массе каждой частицы.

Установка прибора. Место для расположения прибора выбирается на прочной стене, не подвергающейся сотрясениям, наиболее освещенное с целью лучшего просматривания падения отдельных песчаных частиц, но только не в поле падения солнечных лучей и не вблизи очагов обогрева и охлаждения воздуха вокруг фракциометра во избежание появления конвекционных токов в воде.

Фракциометр устанавливается в рабочем положении так, чтобы трубка с воронкой находилась в вертикальном положении. Для этого деревянное основание при помощи петель крепится надежно к стене лаборатории. При установке фракциометра тщательно проверяется по отвесу вертикальность положения трубки с воронкой.

Уход за прибором заключается в следующем. Весь прибор необходимо оберегать от запыления. Стекланные части прибора должны быть чистыми. После каждого анализа через прибор пропускается чистая водопроводная или отфильтрованная вода. Периодически труба фракциометра, особенно в конической части, прочищается ершом на длинном стержне. Хранится фракциометр в перерывах между производством анализов прикрытым сверху бумажной крышкой.

Если вследствие боя нижних стекланных трубок и пробирки приходится их заменять другими, следует учитывать, что концы стекланных трубок должны быть обрезаны перпендикулярно к оси, оплавлены на огне и не должны иметь щербин и сколов. Резиновые трубки не должны иметь царапин и порезок.

Металлические части следует оберегать от коррозии. Шарниры лап должны легко (без усилия) вращаться в горизонтальной плоскости, зажимные рычаги – плотно перекрывать резиновые трубки.

Подготовка прибора к работе заключается в проверке чистоты стекланных частей прибора, прочности лап и надежности крепления ими трубы фракциометра. Осмотром и пробным испытанием проверяются зажимные рычаги на перекрытие резиновых трубок.

Фракциометр наполняется водопроводной или другой пресной, совершенно чистой водой, прополаскивается 2 – 3 раза, после чего прибор готов к работе.

Для выполнения анализов к основному оборудованию добавляются следующие дополнительные предметы из оборудования лаборатории:

- одна фарфоровая чашечка и резиновый пестик для взятия и растирания навески;
- одна колбочка коническая емкостью 50 мл для взбалтывания в руках и перевода во фракциометр навески с водой;
- четыре фарфоровые чашечки или стекланные низкие бюксы, заранее взвешенные, для сбора выделенных на фракциометре фракций и выпаривания воды (из расчета на анализ одной пробы);
- промывалка для смывания остатков частиц на стенках резиновых и стекланных трубок;
- термометр для измерения температуры воды, вводимой в расчет сроков отделения фракций;
- секундомер.

Пипеточная установка применяется при гранулометрических анализах пипеточным методом наносов и грунтов. Она, не меняя существа этого метода, служит для ускорения процесса производства и улучшения качества анализов.

Пипеточная установка состоит из штатива, аспиратора, крана, смывного сосуда, пипетки, цилиндра, бюксов и мешалки.

Установка и подготовка прибора к взятию проб. Пипеточная установка ставится на низенький (высотой 40 – 45 см) прочный и совершенно устойчивый столик или, что лучше для спокойного оседания частиц в цилиндрах, на полку, привинчиваемую к кронштейнам, вделанным в капитальную стену.

Правильность установки штатива прибора контролируется с помощью обычного отвеса на вертикальность стойки и обеспечивается подъемными винтами на основании. В результате достигается вертикальное положение цилиндров и пипетки.

Цилиндры, бюксы, пипетка и смывной сосуд перед употреблением тщательно обмываются мыльной водой и ополаскиваются чистой, а затем дистиллированной водой. Заранее определяется масса бюксов с крышечками. Все взвешивания при пипеточном методе анализа производятся на аналитических весах с точностью до 0,0001 г. Новые бюксы предварительно прогреваются в течение 2 ч в термостате при 105 – 110 ° С (крышки открыты) и остужаются в эксикаторе (крышки закрыты).

Краны аспираторных сосудов открываются, а кран пипетки должен находиться в положении полного перекрытия между метками ВЗ и ВК.

Подготовленные к анализу суспензии переводятся в цилиндры и доливанием дистиллированной воды их объем доводится до метки (1 л).

Цилиндры ставятся на основание пипеточной установки.

Суспензия в крайнем цилиндре тщательно взбалтывается мешалкой движениями вниз и вверх. При окончании взбалтывания мешалка вынимается из цилиндра и включается секундомер; с этого момента ведется счет времени для взятия пипеткой первой пробы суспензии.

Пипетка опускается на определенную глубину, отмеченную на ней, и по истечении определенного времени указатель крана переводится в положение ВК, при котором пипетка соединяется с верхним сосудом аспиратора, где имеется вакуум и отбирается проба суспензии. После заполнения пипетки до черты указатель быстро переводится налево в положение полного перекрытия вакуума, и засасывание пробы в пипетку прекращается. Пипетка вынимается из цилиндра, и взятая проба переливается в бюкс. Для этого кран приводится в положение ВЗ, при котором пипетка соединяется с атмосферой. После этого переводом крана пипетка соединяется со смывным сосудом, наполненным дистиллированной водой. Вода, вытекая из этого сосуда, смывает оставшиеся на стенках пипетки частицы в тот же бюкс.

Если пипеткой отбираются четыре пробы, работу на пипеточной установке рациональнее проводить в следующем порядке: сначала во всех цилиндрах берутся последовательно две пробы с последующим взбалтыванием суспензии для отстоя третьей пробы перед переходом на соседний цилиндр, с расчетом удобства отсчета времени по одному секундомеру. Остальные пробы отбираются «круговым» способом, по одной из всех цилиндров.

Уход за пипеточной установкой. Все части комплекта пипеточной установки должны находиться в полной чистоте и отвечать требованиям, предъявляемым к лабораторному оборудованию.

По окончании работы на пипеточной установке ее металлические поверхности протираются насухо чистой тряпкой. Металлические части, не покрашенные снаружи, протираются машинным маслом во избежание появления на них ржавчины.

Аспираторные сосуды один раз в полгода освобождаются от воды, тщательно прополаскиваются чистой пресной водой. Рекомендуются их наполнять всегда кипяченой или дистиллированной водой во избежание образования в сосудах осадка. Герметичность обоих сосудов и крана проверяется по удержанию всего объема воды в верхнем сосуде при оставлении на ночь установки в подготовленном к анализам состоянии (кран в положении между метками ПР и ВЗ или ВЗ и ВК).

В случае сброса воды в нижний сосуд прежде всего оба сосуда с закрытыми

отверстиями ставятся попеременно дном и верхом на поверку на течь в течение 4 ч. По обнаружении отверстия оно запаивается. Если сосуды не дают течи, то восстанавливается нарушенная герметичность крана.

Кран разбирать не разрешается. В случае нарушения в нем герметичности или плавности хода слегка поджимается или ослабляется задняя пружинка.

Смывной сосуд перед его заполнением каждый раз тщательно промывается и прополаскивается дистиллированной водой. При образовании течи отверстие запаивается.

Пипетка, бюксы и цилиндры должны содержаться в полной чистоте, как всякая химическая посуда.

При взвешивании для высушивания воздуха в витрине аналитических весов или в эксикаторе употребляется гранулированный (пористый препарат) хлористый кальций ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Хлористый кальций обладает способностью интенсивно поглощать воду даже из воздуха. Для обезвоживания уже употреблявшегося для просушки хлористого кальция его прокаливают на железной или другой сковороде. Соль насыпается слоем не толще 1—2 см и подогревается сильным пламенем горелки. Вначале соль расплавляется, выделяется вода и затем происходит постепенное испарение ее. При этом, если соль была очень влажной, водяной пар, прорываясь сквозь толщу соли, разбрызгивает ее, поэтому рекомендуется не насыпать очень большого слоя. Когда вся вода испарится, прокаливание продолжают еще некоторое время, затем разбивают спекшуюся соль на более мелкие куски и еще теплую кладут в заранее заготовленную совершенно сухую банку. Банка должна быть закрыта герметически, чтобы в нее не проникал воздух, всегда содержащий некоторое количество водяного пара. Если банка закрывается корковой пробкой, она сверху должна быть тщательно залита парафином или воском.

Библиография

- [1] Водный кодекс Республики Беларусь, 1998 г. № 191–3
- [2] ВМО - № 168 Руководство по гидрологической практике. Сбор и обработка данных, анализ, прогнозирование и другие применения, 1994 г.
- [3] ВМО - № 42 Технический регламент. Гидрология. Том III, 2006 г.
- [4] ВМО - № 544 Наставление по глобальным системам наблюдений, Всемирная метеорологическая организация, 2003 г.
- [5] Закон Республики Беларусь «О гидрометеорологической деятельности» от 9 января 2006 г. № 93-3
- [6] Гидрологический словарь. Ленинград. Гидрометеиздат, 1964 г.
- [7] Ресурсы поверхностных вод СССР. Описание рек и озер. Том 5. Белоруссия и верхнее поднепровье. Часть II Ленинград–Гидрометеиздат–1971 г.
- [8] Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 5. Белоруссия и верхнее поднепровье. Часть I. Ленинград–Гидрометеиздат–1966 г.
- [9] Геодезия. Н.И. Модринский. Ленинград. Гидрометеиздат, 1972 г.
- [10] Правила по охране труда при производстве наблюдений и работ в системе государственной гидрометеорологической службы Республики Беларусь
Постановление Минприроды от 29.12.2007 №108
Национальный реестр правовых актов № 8/19258
- [11] ТУ 25-19-1440-78 г. Самописец поплавковый «Валдай» «СУВ – М». Техническое описание и инструкции по эксплуатации
- [12] ТУ 25-11-1441-78 г. Самописец поплавковый ГР – 38. Техническое описание и инструкции по эксплуатации с паспортом
- [13] ТУ 03-378-84г. Бур ледовый ручной ГР – 113
- [14] ТУ 25-04-2573-75 г. Прибор фильтровальный ГР – 60
- [15] ISO TS 3716: 2006 Гидрометрия. Функциональные требования и характеристики батометров для определения взвешенных наносов
- [16] ТУ 52-08-322-77 г. Дночерпатель штанговый ГР 91 –000ПС