

ВВЕДЕНИЕ

Для проектирования и эксплуатации гидротехнических сооружений необходимо проводить гидрологические и водохозяйственные расчеты, базирующиеся на результатах измерений в водных объектах. Измерения ведутся постоянно сетью гидрологических станций Росгидромета и временно для проектов крупных сооружений по специальным программам.

Гидрометрические работы должны быть организованы и проведены, а полученные результаты обработаны в соответствии с требованиями нормативных документов Росгидромета независимо от ведомства, осуществляющего наблюдения. Надежные гидрологические расчеты невозможны без качественной гидрометрической основы.

Необходимость данного курса лекций обуславливается тем, что последние утвержденные для использования учебники издавались в 1980-е гг., поэтому в определенной степени они устарели, так как не содержат информации о современных методах и приборах измерений.

Предлагаемый курс лекций составлен в соответствии с утвержденным Министерством образования и науки Российской Федерации учебным планом и рабочей программой для студентов, обучающихся по направлению подготовки 20.03.02 Природообустройство и водопользование, профиль «Комплексное использование и охрана водных ресурсов», квалификация — академический бакалавр.

Цель изучения дисциплины «Гидрометрия» — освоение студентами методов ведения гидрологических наблюдений, гидрометрических работ, а также способов их обработки, обобщения и анализа. Задачи дисциплины: изучение методов и приборов для количественного определения и учета различных элементов режима водных объектов суши (уровней, глубин, скоростей течения, расходов воды, наносов и донных отложений, температуры воды, ледовых явлений, физического и химического состава воды); изучение методов обработки и обобщения гидрологической информации о водных объектах и передачи их заинтересованным лицам, ведомствам и организациям.

В основу данного издания положен курс лекций, читаемый автором студентам в НИУ МГСУ.

Лекция 1

ГИДРОМЕТРИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ И ИХ ЗАДАЧИ

1.1. ЗАДАЧИ ГИДРОМЕТРИИ

Гидрометрия — раздел гидрологии, в котором рассматриваются методы измерений и наблюдений за гидрологическими характеристиками водных объектов.

Главные задачи гидрометрии: 1) систематическое изучение гидрологического режима водных объектов для получения многолетних характеристик элементов водного режима; 2) разработка методов и приборов для получения этих характеристик.

В зависимости от вида водного объекта различают морскую и речную гидрометрию. В морской гидрометрии изучают гидрологические характеристики морей и океанов, в речной — вод суши (рек, озер и водохранилищ).

Гидрометеорология — гидрометрия атмосферных вод, которую изучают в метеорологии, а гидрометрию подземных вод — в гидрогеологии.

1.2. ОРГАНИЗАЦИЯ ГИДРОМЕТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

В Российской Федерации деятельностью в области гидрометеорологии руководит Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет), которая входит в состав Министерства природных ресурсов и экологии РФ. Главные задачи этой службы в части гидрологии и гидрометрии заключаются в государственном учете поверхностных вод; ведении водного реестра в части поверхностных вод и водных объектов (сборе информации о характеристиках водных объектов, ее анализе, хранении); составлении прогнозов гидрологических явлений; научно-прикладных работах по проблемам гидрологии и гидрометрии; модернизации наблюдательной сети.

Росгидромет организует работу по созданию и ведению Единого государственного фонда данных (ЕГФД), главным исполнителем которой является Всероссийский НИИ гидрометеорологической информации — Мировой центр данных (ВНИИГМИ-МЦД) в г. Обнинске. Наблюдения ведутся в соответствии с разрабатываемыми там правилами и инструкциями. Полученные данные обрабатываются и используются, в том числе, и при проектировании водохозяйственных объектов.

В субъектах Российской Федерации деятельностью гидрологических и гидрометеорологических станций и постов руководят территориальные органы Росгидромета.

Объем и состав гидрометрических работ зависят от их цели. Систематические наблюдения ведутся на основных гидрологических постах и станциях с целью получения многолетних рядов уровней, скоростей и расходов воды и наблюдения за термическим и ледовым режимами; химическим составом воды, параметрами волн, расходами взвешенных и донных наносов, их гранулометрическим составом.

На реках и каналах оборудуют постоянно действующие гидрологические станции и посты, а на озерах и водохранилищах — гидрометеорологические, на которых проводят, кроме гидрологических, и метеорологические наблюдения.

Основные и специальные гидрометеорологические станции и посты образуют постоянно действующую гидрометеорологическую сеть, на которой наблюдения ведутся длительное время с целью гидрометеорологического обслуживания страны и ее геофизического изучения.

Специальные посты и станции, которых значительно меньше, предназначены для изучения гидрометеорологических режимов под влиянием местных условий и располагаются, например, на берегах водохранилищ и озер, в устьях крупных рек для изучения их режима. На стоковых станциях изучают процессы формирования водного баланса на водосборах.

Кроме государственной гидрометеорологической сети станций и постов, функционируют и ведомственные (например, для обеспечения работы водного транспорта, гидроэнергетики, рыбного и сельского хозяйства). Ведомственные станции и посты осуществляют свою деятельность на основании лицензий, которые получают от Росгидромета, и должны соблюдать требования его нормативных документов. Росгидромет и его территориальные органы оказывают им необходимую техническую и методическую помощь.

Гидрологические станции подразделяют на I и II разряды, гидрологические посты — на I, II и III разряды.

На гидрологических станциях I разряда изучают гидрологический режим водных объектов на своей территории, руководят прикрепленными станциями II разряда и гидрологическими постами.

Гидрологический пост — это место, специально оборудованное для проведения наблюдений, при выборе которого следует руководствоваться определенными правилами.

На гидрологических постах I разряда наблюдения ведутся за следующими элементами: уровнем воды, расходом воды, ледовым режимом, толщиной льда, снега на льду, шуги, глубиной русла и рельефом дна, уклонами водной поверхности, а также метеорологическими элементами (скоростью и направлением ветра,

температурой воздуха, влажностью воздуха, волнением, осадками). Кроме этого на них измеряют расходы взвешенных и донных наносов и их механический состав, берут пробы на химический анализ, делают снегомерные съемки, обобщают материалы исследований. На постах II разряда ведут те же наблюдения, что и на постах I разряда, за исключением измерений расходов воды и наносов, на постах III разряда измеряют только уровни, температуру и наблюдают за ледовыми явлениями.

Сроки наблюдений устанавливаются в зависимости от режима водного объекта, но за основные сроки наблюдений на постах государственной сети приняты 8 и 20 часов по местному времени.

Научным изучением гидрологических проблем, разработкой новых методов и приборов, а также их внедрением занимаются Государственный гидрологический институт (ГУ «ГГИ») и гидрометеорологические обсерватории (ГМО) (Валдайская обсерватория и на крупных водохранилищах).

На водосборах для определения поверхностного и подземного стока и других элементов водного баланса применяются водно-балансовые площадки. На них проводятся исследования влажности почвы, испарения и просачивания воды в почву и грунты с помощью влагомеров, испарителей и лизиметров.

При проектировании крупных сооружений (плотин, мостов) дополнительно проводят полевые экспедиционные исследования по специальным программам. При проведении исследований в экспедициях часто используются приборы, устанавливаемые на гидрометрическом судне, автомашине и др. По способу взаимодействия с объектом наблюдения подразделяются на контактные и неконтактные. К контактным средствам для измерения расхода воды относятся: ультразвуковая система, система определения по степени разбавления в потоке введенного вещества, а также комплекс аппаратуры для измерения расхода воды с движущегося судна; к неконтактным — аппаратура для аэрокосмических методов изучения состояния водных объектов и запасов воды в снежном покрове.

По характеру процесса измерений приборы разделяют на неавтоматические (с участием человека) и автоматические, к которым относятся самописцы уровня воды, фиксирующие результаты наблюдений в графической форме. С конца 1970-х гг. начали использовать автоматические комплексы (автоматические гидрологические посты), осуществляющие измерение нескольких гидрологических характеристик, регистрирующие полученные результаты в цифровой форме и передающие их в центры сбора информации. В настоящее время автоматические

приборы и электронные формы обобщения и представления информации приобрели большое значение на практике.

К числу гидрологических приборов, которыми оснащаются гидрологические станции и посты, относятся приборы для измерения уровня воды, глубины, скорости и направления течения, расхода воды, температуры воды, толщины шуги и ледяного покрова и различные приборы для взятия проб на химический анализ или с целью определения концентрации и состава наносов (батометры).

Гидрометрия моря базируется главным образом на данных судовых измерений, а также автоматических буйковых и гидрологических станций. Эхолотный промер глубин делается одновременно с определением места судна астрономическими методами с помощью радио- и специальных навигационных спутников Земли. Температура воды измеряется на различных глубинах, берутся пробы воды для определения ее солености и других химических, а также оптических характеристик (прозрачности). Течения на глубинах определяются с помощью вертушек, подвешиваемых к заякоренным буйам, и поплавков нейтральной плавучести с акустическим прослеживанием. Проводятся измерения высоты волн и специальные гидроакустические измерения; определяются характеристики льдов; берутся пробы грунтов и биологических образцов. Ряд измерений производится на береговых и островных станциях (уровень моря, приливы, волнение, температура и др.).

В настоящее время происходит модернизация и техническое перевооружение учреждений и организаций Росгидромета, основная цель которых — повышение качества и объема информации о текущих гидрологических условиях с целью увеличения точности прогнозов и обеспечения международных обязательств о предоставлении информации о состоянии окружающей среды. Для реализации указанных целей осуществляется следующее:

- внедрение на гидрологических постах и станциях автоматизированных гидрологических комплексов (АГК), акустических профилографов для определения скорости течения и расхода воды;
- распространение для измерений глубин эхолотов;
- широкое использование навигационного оборудования для привязки к государственной геодезической сети;
- переход на технологию получения, обработки и использования данных наблюдений не на бумажных, а на технических носителях;
- широкое внедрение для быстрой передачи информации из пунктов наблюдений современных средств связи;
- переход на современное оборудование энергообеспечения;

- обучение персонала гидрологических постов новым методам проведения работ и эксплуатации современных приборов;
- расширение использования мобильных гидрологических лабораторий.

1.3. ГИДРОМЕТРИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ

Гидрометрические изыскания проводят в три этапа (периода): подготовительный, полевой и камеральный.

Подготовительный период заключается в сборе исходных данных по району будущего строительства: сведений о бассейне реки и ее системе из карт, материалов гидрологических пунктов наблюдений и метеорологических станций и др.; данных об условиях эксплуатации существующих поблизости мостов и гидротехнических сооружений. На основе изучения полученных данных составляется план проведения гидрометрических работ.

Полевой период включает изыскательские работы по исследованию участка реки, разбивке гидрометрических створов, а также определение уровня воды; подводную съемку русла; съемку продольного профиля и определение уклона реки; наблюдения за направлением течения воды, траекториями движения льдин, определение скоростей течения и расходов воды.

Участок для наблюдений целесообразно выбирать в месте створа проектируемого сооружения. Так как обработка результатов наблюдений базируется на использовании уравнений для равномерного и плавно-изменяющегося движения, участок должен быть прямолинейным, без отклонений струй и водоворотов, с постоянной формой и размерами поперечного сечения, продольным уклоном и шероховатостью поверхности. С целью упрощения измерений и экономии времени сечения для проведения измерений назначают в местах с минимальной шириной русла и пойм.

Гидрометрические работы нужно проводить во время паводка и в период между паводками. Первый вариант дает необходимые данные и обязательно применяется при строительстве на больших реках со сложными условиями (при наличии протоков, неустойчивого русла и т.п.). При втором варианте работы более экономичны, еще и потому, что часто проводятся одновременно с другими полевыми инженерными изысканиями.

Камеральный период предназначен для обработки материалов изысканий, составления и выпуска отчетных документов.

Лекция 2 НАБЛЮДЕНИЯ ЗА УРОВНЯМИ ВОДЫ

2.1. УРОВЕНЬ ВОДЫ

Изучение изменений уровня воды на водных объектах необходимо для оценки их гидрометеорологического режима, а также при строительстве на прибрежных территориях рек гидротехнических сооружений разного назначения.

Наиболее ценную информацию можно получить на длительно и непрерывно работающих водомерных постах. Наблюдения на посту должны быть сопоставимы за весь период наблюдений между собой и с наблюдениями по другим постам.

Уровень воды — это высота водной поверхности над условной горизонтальной плоскостью сравнения, неизменной по высоте, принимаемой за «0» графика гидрологического поста. Отметка «0» графика должна быть ниже самого низкого уровня воды на 0,5 м. На рис. 1 высотное положение этой плоскости равно h_0 .

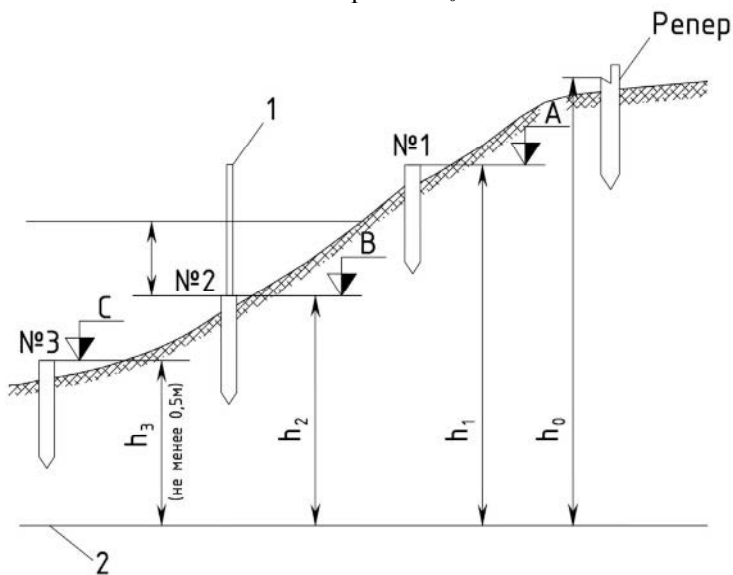


Рис. 1. Схема вычисления отметок на свайном посту:
1 — рейка; 2 — плоскость нуля водомерного поста

Наблюдения на гидрологическом посту производятся два раза в день в 8 и 20 ч для определения среднесуточных значений или чаще (по специальной программе) во время резкого изменения уровней для получения мгновенных значений.

2.2. МЕСТО РАСПОЛОЖЕНИЯ ВОДОМЕРНОГО ПОСТА

Выбранное место расположения водомерного поста должно быть недалеко от населенного пункта и удовлетворять следующим условиям:

- Режим уровней воды в месте наблюдений должен быть характерным для данного участка водного объекта.

- Участок реки должен быть прямым, не должен иметь рукавов, островов и отмелей на протяжении пяти ширин меженного русла, ширина, глубина и продольные уклоны водной поверхности на участке не должны меняться. Желательно, чтобы пойма отсутствовала или была узкой. Русло не должно подвергаться размыву, заилению и зарастать.

- Расстояние от притоков, расположенных ниже по течению, должно составлять более пяти ширин русла.

- Пост должен находиться далеко от зоны распространения подпора от притоков или искусственных сооружений, заторов или зажоров льда.

- На участке и непосредственно выше его должны отсутствовать сбросы канализационных вод, которые могут исказить естественный режим водотока.

Для выбранного участка выполняется топографическая съемка, как правило, полуинструментальная. Ширина участка определяется отметками самого высокого уровня с запасом 1,0 м. Длина участка при ширине реки в межень до 100 м должна быть равна пятикратной ширине реки, а для более широких рек — двух-трехкратной ширине меженного русла.

2.3. ТИПЫ ВОДОМЕРНЫХ ПОСТОВ

Водомерные посты бывают постоянные и временные, по конструкции они делятся на непосредственные (речные, свайные, речно-свайные) и передаточные (тросовые, автоматические дистанционные и с непрерывной регистрацией).

На водомерных постах, кроме приспособлений для непосредственного измерения уровней, имеются два постоянных высотных знака (реперы), основной и контрольный, установленных вне зоны затопления высокими водами. Основной репер нужен для проверок контрольного и привязывается к ближайшему высотному реперу государственной нивелирной сети. Контрольный репер служит для систематических проверок высотного положения измерительных устройств и располагается близко, например, в створе свайного поста. Закладывается репер на глубину не менее, чем на 0,5 м ниже границы промерзания грунта. Основные и контрольные реперы гидрологических постов должны быть привязаны к реперам государственной нивелирной сети.

Уровни на водомерном посту отсчитываются от условной горизонтальной плоскости, которая называется *нулем водомерного поста* и назначается ниже самого низкого уровня воды на 0,5 м с тем, чтобы исключить отрицательные отсчеты.

Реечный пост получил широкое распространение на водных объектах с небольшими колебаниями годовой амплитуды уровня (до 3 м). Реечный пост представляет одну или несколько вертикальных или наклонных реек с делениями через 2 см, которые прикрепляют к устоям мостов, плотин и к набережным, а в случае отсутствия этих сооружений — к специальной свае. Для обеспечения сохранности и надежности устройств в течение длительного периода наблюдений они должны быть защищены от повреждений ледоходом, плавающими бревнами и другими предметами.

Высоту уровня воды измеряют от нуля рейки (абсолютного или условного), который устанавливается нивелированием. Расстояние от нуля графика поста до нуля рейки называется *приводкой к нулю графика поста*. При недостаточной защищенности водомерного пункта от действия ветровых волн постоянную водомерную рейку необходимо оборудовать успокоителем. Установка постоянной рейки с успокоителем, рассчитанной на применение при небольшой амплитуде колебаний уровня (не более 1,5 м), приведена на рис. 2. Труба 5 является успокоителем, вместе с водомерной рейкой 4 она крепится при помощи хомутиков 6 к свае 1. Нижний конец этой трубы забивается деревянной пробкой 9, рядом имеется отверстие 8. Водомерная рейка крепится таким образом, чтобы при любом стоянии уровня и максимальном волнении место отсчета на рейке находилось над поверхностью воды и не захлестывалось волнами.

Для измерений служит металлический поплавков 7, к которому прикреплен коленчатый шток 3 из легкого металла, скользящий по рейке и проходящий через отверстие в крышке 2. Высотная отметка нуля рейки определяется нивелированием.

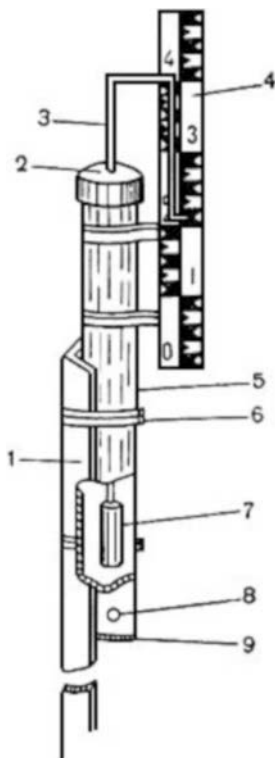


Рис. 2. Постоянная водомерная рейка с успокоителем

Периодичность наблюдений на постах часто не позволяет зафиксировать наибольший уровень. Это можно сделать с помощью рейки максимального уровня, которая имеет зубчатые кромки и снабжена поплавком с плоскими пружинами, предотвращающими опускание поплавка при снижении уровня. Эта же рейка будет фиксировать минимальный уровень, если поплавок перевернуть. Другая конструкция рейки максимального уровня представляет собой стержень с сантиметровыми делениями, покрытый мелом и вставленный в вертикальную трубу. Максимальный уровень указывает граница смытого мела.

Свайный водомерный пост (см. рис. 1) представляет собой группу свай (металлических или железобетонных), забитых в берег или дно реки в одном створе, перпендикулярном среднему направлению течения реки. Такой пост наиболее удобен на реках с высокими и пологими берегами.

Количество свай зависит от поперечного профиля берега и амплитуды колебаний уровня. Отметка головки верхней сваи должна быть на 0,5 м выше наивысшего исторического уровня, а головка нижней сваи на 0,5 м ниже возможного низшего уровня. Разность отметок головок соседних свай, как правило, не должна превышать 0,8 м. Расстояние между сваями определяется условиями удобства подхода к ним при проведении наблюдений, а глубина их забивки устанавливается в зависимости от вида грунта и глубины его промерзания.

Уровни отсчитывают по переносной рейке с делениями через 1 см, которую ставят на ближайшую к берегу сваю. Отметки головок свай определяют нивелированием и «привязывают» к отметке репера водомерного поста, который имеет отметку государственной сети.

Нивелирование гидрологического поста производят для определения высот водомерных устройств, относительно которых производят наблюдения за уровнем воды в реке. Такими устройствами для речных гидрологических постов является «0» водомерной рейки, а для свайного поста — головка свай.

Смешанные (речечно-свайные) водомерные посты устанавливают на реках с резкими переломами поперечного профиля (широкой затопляемой поймой). Они состоят из рейки, установленной на крутой части берега, и свайного поста — на пологой его части.

На реках с отвесными берегами, когда подход к воде затруднен, а также при наличии гидротехнических сооружений для наблюдения за колебаниями уровня используют передаточные устройства неавтоматические или с автоматическими счетчиками. Основная часть *тросового поста* — выносная стрела, которая устанавливается на

крутом берегу на прочной опоре. На конце стрелы со стороны реки устанавливается блок, а на береговой части — горизонтальная рейка с делениями. Рейка тарируется при различных положениях уровня воды. Через блок пропускается трос, к которому со стороны реки прикрепляется тяжелый груз в виде конуса. В момент касания иглы груза уровня воды на рейке отмечают значение уровня.

При наличии моста или другого сооружения, расположенного над рекой, на мосту закрепляется постоянная точка, высотная отметка которой определяется. Наблюдения производятся путем измерения расстояния от точки до поверхности воды путем опускания размеченного троса с грузом на конце.

2.4. САМОПИСЦЫ УРОВНЯ ВОДЫ

Самописцы уровня воды (лимниграфы) — приборы, непрерывно регистрирующие колебания уровня. Приборы устанавливают в измерительных павильонах для защиты от внешних воздействий. Поплавков или датчик уровня размещают в специальном успокоительном колодеце, который сообщается с водоемом с помощью трубы. Колодец исключает влияние горизонтальных движений воды и благодаря размеру своего входного отверстия существенно уменьшает влияние резких изменений уровня, подобных тем, которые вызываются ветровыми волнами. Поплавок самописца (рис. 3) следует за изменяющимся уровнем, перемещаясь вертикально вверх при подъеме или вниз при понижении уровня. Вертикальные движения поплавка 6 и связанного с ним троса 8 приводят в действие червячную передачу, связанную с пером 3, которое вычерчивает на диаграммной ленте, расположенной на вращающемся вокруг горизонтальной или вертикальной оси барабане 2, кривую, соответствующую движению поплавка. Часовой механизм 5 протягивает бумажную разграфленную ленту с постоянной скоростью. Благодаря совместному движению пера и диаграммной ленты вычерчивается непрерывная кривая подъема и понижения уровня. Самописец типа «Валдай» регистрирует амплитуду колебаний уровня (6 м), имеет четыре масштаба записи уровня 1 : 1; 1 : 2; 1 : 5 и 1 : 10.

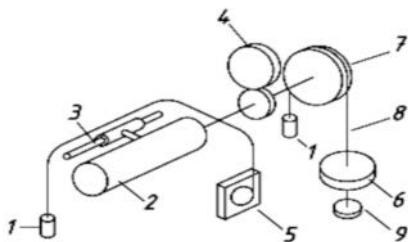


Рис. 3. Схема устройства самописца уровня воды «Валдай»:

- 1 — гиря; 2 — барабан; 3 — каретка с пером; 4 — редуктор; 5 — часовой механизм; 6 — поплавок; 7 — колесо; 8 — трос; 9 — груз

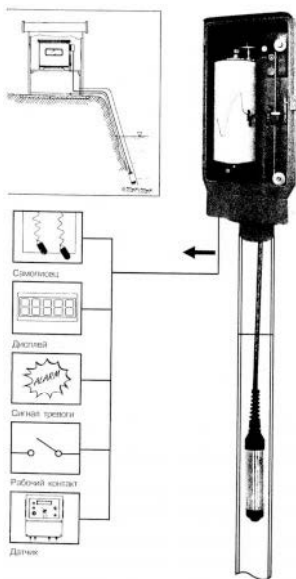


Рис. 4. Уровнемер с зондом давления и самописцем

На рис. 4 показан ленточный самописец с вертикальной осью и с электрическим приводом. Вместо поплавковой системы для измерения уровня использован зонд давления.

Средний суточный уровень при записи измерения уровня на ленте самописца определяют по площади, ограниченной линией записи, делением ее на длину записи.

Для измерений в море предназначен *мареограф* — прибор, аналогичный лимниграфу. Принципиальные схемы устройства у этих приборов сходны. У мареографа, предназначенного для измерения уровней с большой амплитудой, в зависимости от величины изменения уровня моря в данном месте, применяют большой масштаб записи: не только 1 : 10, как у лимниграфа, но и 1 : 20, 1 : 40.

В настоящее время электронные телеметрические системы позволяют автоматически передавать информацию от лимниграфов, установленных как на прибрежных станциях, так и в открытом водоеме, прямо на центральные регистраторы. Для передачи показаний на расстояния (по проводам или радио) имеются дополнительные устройства, в которых вертикальные перемещения поплавка преобразуются в электрические импульсы. В открытом море и в прибрежной зоне используются лимниграфы (мареографы) и датчики уровня, принцип действия которых основан на изменении гидростатического давления столба воды. Датчик уровня устанавливается на дно при глубинах до 250 м или крепится у подводной части гидротехнического сооружения.

2.5. ДАТЧИКИ И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

Автоматические дистанционные уровнемеры, которые устанавливают для гидрологических наблюдений, могут иметь разное устройство. Уровнемеры можно разделить на действующие непрерывно и дискретные, используемые для контроля положения уровня с заданным интервалом. По принципу действия уровнемеры разделяются на механические, гидростатические, радарные, пневматические, электрические, акустические и радиоактивные. Сигнал, передаваемый

уровнемером, попадает или на самописец, или на регистратор-накопитель информации. Затем полученные данные обрабатываются с помощью специальных программ на ЭВМ.

Механические поплавковые уровнемеры имеют чувствительный элемент в виде поплавка, плавающего на поверхности жидкости. Действие буйковых уровнемеров основано на измерении выталкивающей силы, действующей на буюк. Перемещение поплавка или буйка сообщается через механические связи или систему дистанционной передачи измерительной системе прибора.

Поплавковый уровнемер SE 200 (рис. 5) устанавливается на гидрологических постах и станциях. При изменении положения уровня воды меняется положение поплавка. Через трос, прикрепленный к поплавку, усилие передается на шкив, который начинает вращаться. Возникающее в этом случае вращательное движение преобразуется в электрический сигнал, обрабатываемый встроенным контроллером, и передающийся через интерфейс потребителю. Многоканальный логический контроллер осуществляет сбор данных от нескольких уровнемеров. С помощью специальной программы можно задавать диапазон измерений, вводить поправку при использовании поплавков разного диаметра, что позволяет получать более точные результаты.

В гидростатическом уровнемере давление столба жидкости в точке измерения уравнивается давлением столба жидкости, заполняющей измерительный прибор.

Датчик уровня ОТТ PLS (рис. 6) представляет собой встроенный датчик давления высокой точности, выполненный из керамического материала. Значение уровня определяется на основе разницы давлений на глубине погружения датчика и атмосферного. Кроме того, прибор осуществляет сбор данных о температуре и относительной плотности воды. На основе полученных данных определяется актуальный уровень воды в водоеме.



Рис. 5. Поплавковый уровнемер SE 200



Рис. 6. Гидростатический датчик уровня ОТТ PLS



Рис. 7. Радарный датчик уровня RLS

показаниям измерений и не могут повредить прибор. Диапазон измерения радарным датчиком составляет от 0,8 до 35 м. Предусмотрено сообщение с контроллером и с системой передачи данных (модемом).

Пневматический (пузырьковый или барботажный) уровнемер работает при нагнетании с помощью компрессора сжатого воздуха, давление на выходе из трубки изменяется при изменении уровня воды. Измерение уровня воды с помощью пневматического уровнемера на постоянно действующем посту показано на рис. 8.

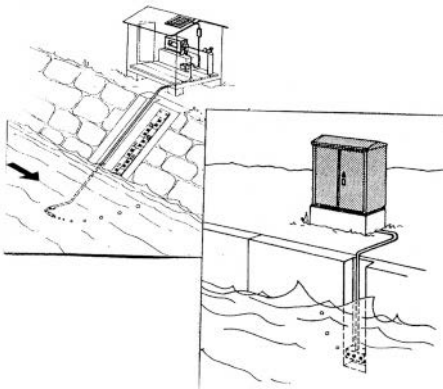


Рис. 8. Измерение уровня с помощью пневматического (барботажного) уровнемера

Измерения производятся через определенные промежутки времени, которые можно задавать в настройках прибора. После того как ОТТ CBS произвел измерение, он

В радарных уровнемерах используются датчики электромагнитных волн СВЧ диапазона, которые, достигая поверхности воды, отражаются от нее и фиксируются.

Радарный датчик RLS (рис. 7) устанавливается над поверхностью воды, например, на мостовых конструкциях или на Г-образных штангах (опорах). Так как прибор устанавливается высоко, зарастание водоема травяной растительностью и ледоход не сказываются на

Компактный переносной барботажный уровнемер ОТТ CBS для измерения уровня поверхностных вод имеет диапазон измерения от 0 до 30 м (рис. 9). Принцип действия прибора такой же: он основан на пропускании воздуха, накачиваемого встроенным поршневым насосом, через барботажную трубку, нижний конец которой погружен в воду. Давление воздуха, создаваемое на выходе из трубки, равно гидростатическому давлению столба жидкости на глубине ее погружения. По величине этого давления определяется глубина погружения

выключается до следующего измерительного цикла. Это позволяет снизить энергопотребление прибора.

Электрические уровнемеры делятся на емкостные и кондуктометрические. В емкостных уровнемерах чувствительным элементом является керамический элемент (конденсатор), емкость которого изменяется пропорционально изменению давления. Действие

кондуктометрического уровнемера основано на измерении сопротивления между электродами, помещенными в жидкость.

В акустических или ультразвуковых уровнемерах используется явление отражения акустических колебаний от плоскости раздела сред с различным акустическим сопротивлением (жидкость — газ).

В радиоактивных уровнемерах используется просвечивание жидкости гамма-лучами радиоактивных элементов, интенсивность которых зависит от объема жидкости.



Рис. 9. Компактный барботажный уровнемер OTT CBS

2.6. КРИВЫЕ ПОВТОРЯЕМОСТИ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ УРОВНЯ

Обработка измерений уровня заключается в том, что полученные данные приводят к нулю графика, вычисляют среднесуточные значения и составляют таблицы ежедневных уровней. Чтобы получить уровни заданной обеспеченности, значения уровней (365 для года) располагаются в убывающем порядке, разбиваются на интервалы (10–15) и подсчитывается число попаданий значений в интервал m . Уровни откладываются по вертикали, а по горизонтали — число попаданий в интервал в проценты и получают график повторяемости (частоты) уровня (кривая 1 на рис. 10), который показывает число суток появления уровня в пределах какого-либо заданного интервала значений. Суммируя число попаданий, получают график обеспеченности (интегральную кривую распределения продолжительности) стояния уровня (кривая 2 на рис. 10), показывающий число суток или лет, когда наблюдались уровни выше или равные уровню заданной обеспеченности. Продолжительность, выраженная в процентах от общей длительности наблюдений, называется обеспеченностью уровня.

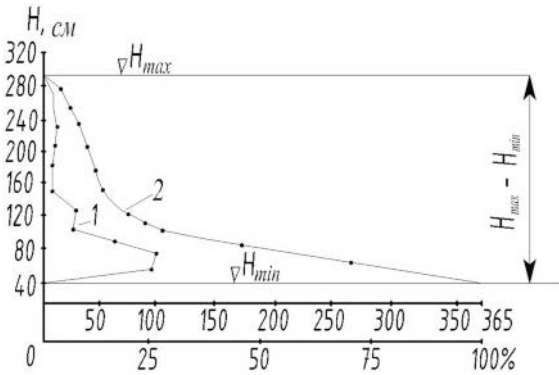


Рис. 10. Кривые повторяемости (1) и обеспеченности (2) уровня воды

2.7. УКЛОННЫЕ ПОСТЫ

Уклонные посты служат для определения перепадов и продольных уклонов водной поверхности на исследуемом участке. Значения уклона используются при переносе на створ проектируемого сооружения расчетных уровней реки с ближайшего постоянного водпоста для экстраполяции кривой $Q = Q(H)$, для определения коэффициента шероховатости русла и пойм, расходов редкой повторяемости. Особенно важно знать уклон при неустановившемся движении, когда расход определяется не только уровнем, но и уклоном, т.е. при $Q = Q(H, i)$. Однозначная связь между расходом и уровнем нарушается также при

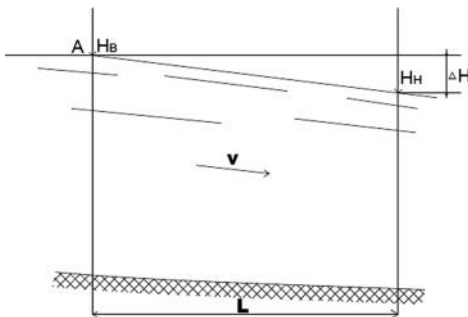


Рис. 11. Схема определения уклона воды: $H_в, H_н$ — высота уровня на верхнем и нижнем уклонных постах; L — расстояние между ними; $\Delta H, i$ — соответственно падение уровня и уклон водной поверхности

наличии на реке явлений переменного подпора перед искусственным сооружением, при половодье, заторах и зарастании русла.

Систематически действующие уклонные посты представляют собой обычные водпосты (чаще речные), расположенные на концах исследуемого участка. Расстояние L между постами может измеряться вдоль линии берега и принимается от 0,1 до 8 км в зависимости от величины

самого уклона водной поверхности и допускаемой погрешности его измерения. Для получения погрешности менее 10 % нужно принять расстояние, обеспечивающее падение водной поверхности на исследуемом участке более 20 см. Отметки нуля графика уклонных постов и основного поста следует назначать одинаковыми.

Для определения уклона одновременно по часам или по звуковому сигналу регистрируют уровни в верхнем $H_{\text{в}}$ и нижнем $H_{\text{н}}$ створах (рис. 11), вычисляют падение водной поверхности $\Delta H = H_{\text{в}} - H_{\text{н}}$, а затем и ее уклон $i = \Delta H/L$. При расстоянии между уклонными постами до 2 км уровни может измерять один наблюдатель. Если переход между постами занимает более 10 мин, то измерения по первому посту повторяют; в расчет принимают среднее значение из двух наблюдений.

2.8. СВЯЗЬ УРОВНЕЙ ВОДОМЕРНЫХ ПОСТОВ

Если два водомерных поста находятся на схожих участках реки и между ними нет значительных притоков, то можно построить график связи уровней таких постов. Для этого сначала по данным синхронных (одновременных) наблюдений на постах строят совмещенные графики колебаний уровней верхнего $H_{\text{в}}$ и нижнего $H_{\text{н}}$ постов (рис. 12), которые в значительной степени оказываются подобными, но несколько смещенными по времени. Затем на обеих кривых выделяют соответственные точки (n и n' , m и m' и т.д.) и по ним выписывают соответственные уровни H_n и $H_{n'}$, H_m и $H_{m'}$ и т.д.), т.е. пары уровней с одинаковыми фазами их колебаний (пики, впадины, изломы).

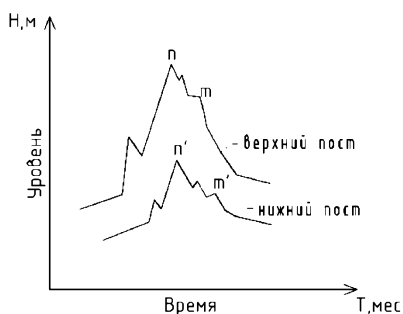


Рис. 12. Графики изменения уровней верхнего и нижнего постов

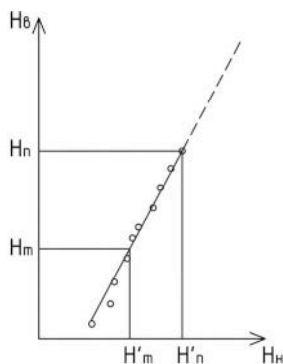


Рис. 13. График связи соответственных уровней

Далее строят график связи соответственных уровней (рис. 13), откладывая по оси абсцисс уровни нижнего водпоста $H_{\text{н}}$, а по оси ординат — соответствующие им уровни верхнего водпоста $H_{\text{в}}$.

Конец ознакомительного фрагмента.
Приобрести книгу можно
в интернет-магазине
«Электронный универс»
e-Univers.ru