

5 ИНЖЕНЕРНО-ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ОБСЛЕДОВАНИЯ

5.1 Классификация рек по степени гидрологической изученности. Реки-аналоги

5.2 Состав морфометрических исследований

5.3 Определение редко повторяющихся горизонтов высокой воды

5.4 Назначение коэффициентов ровности (шероховатости) русла и пойм

5.5 Инженерно-гидрологические обследования во время половодья или паводка

Инженерно-гидрологические исследования заключаются в сборе материалов, характеризующих режимы работы водотока. Объем и способы их зависят от сложности гидрологических условий в месте перехода водотока, а также от изученности реки.

Инженерно-гидрологические обследования производят двух видов:

- обследования реки при уровне меженных вод (УМВ) – морфометрические;
- гидрометрические обследования при уровне высоких вод (УВВ) во время половодья и паводка.

5.1 Классификация рек по степени гидрологической изученности. Реки-аналоги

По гидрологической изученности реки разделяются на 4 вида:

1. *Хорошо изученные* – реки, на которых наблюдения за уровнями воды и соответствующими им расходами проводились непрерывно на протяжении 20 лет и более. При этом место перехода реки находится вблизи створа одного из водомерных постов. Кроме того, выше и ниже выбранного места перехода располагаются существующие водомерные посты.

2. *Удовлетворительно изученные* – реки, на которых в месте перехода отсутствуют гидростворы с многолетними наблюдениями, но представляется возможность судить об уровнях воды по данным многолетних водомерных постов, расположенных выше и ниже по течению от места створа будущего перехода.

3. *Малоизученные* – реки, у которых отсутствуют данные об уровнях и расходах в районе будущего перехода. В этом случае пользуются данными водомерных постов, расположенных на значительном удалении от места будущего перехода и имеющих продолжительность наблюдений не менее 15 лет. При этом используются данные, полученные на реках-аналогах.

4. *Неизученные* – реки, по которым гидрометрических наблюдений не проводилось, водомерных постов не имеется, и нет данных по рекам-аналогам.

Для выбора рек-аналогов необходимы следующие условия:

- возможная географическая близость расположения бассейнов;
- однородность условий формирования стока (однотипность почв и гидрологических условий, по возможности близкая степень заозеренности, залесенности, заболоченности);
- площади бассейнов не должны отличаться друг от друга более чем в 10 раз, а их средние высоты – более чем на 300 м;
- отсутствие факторов, искажающих естественный речной сток (взятие воды на орошение, устройство плотин и др.).

Для хорошо и удовлетворительно изученных рек, как правило, гидрометрические наблюдения при высоких водах не производят. На малоизученных и неизученных больших реках, наряду с морфометрическими обследованиями, должны проводиться и гидрометрические наблюдения.

5.2 Состав морфометрических исследований

Морфометрические исследования не требуют длительных трудоемких наблюдений, по сравнению с обследованиями при УВВ. В результате морфометрических обследований определяют:

- 1) Характерные уровни воды в реке:
 - УВВ;
 - горизонты высокого ледохода (наивысший уровень ледохода, создающего наибольшие изгибающие моменты в свайных ростверках мостовых опор);
 - горизонты высокой подвижки льда;
 - горизонты низкой подвижки льда;
 - горизонты меженных вод (УМВ).

2) коэффициенты шероховатости русел и пойм;

3) ледовый режим реки;

4) характер руслового процесса.

При морфометрических обследованиях выполняют следующие съёмки:

- съёмка продольного профиля реки на участке перехода;

- определение уклонов водной поверхности;

- разбивка и съёмка морфометрических створов.

Морфостворы необходимы для определения расходов воды. Морфоствор перпендикулярен течению воды. Морфологическими характеристиками створа являются:

- распределение глубины воды по его ширине;

- сопротивление движению воды в разных частях створа (русла, протоки, пойм), оцениваемых коэффициентом шероховатости.

Число морфостворов должно быть не менее 3.

Эти съёмки производятся одновременно с топографо-геодезическими работами и увязываются с ними.

5.3 Определение редко повторяющихся горизонтов высокой воды

1) **По многолетним данным водомерных постов.** Если имеются данные наблюдений за срок, превышающий 15 лет. По этим данным строятся кривые связей уровней воды в различных створах. При отсутствии водомерного поста вблизи от створа мостового перехода производится перенос уровня, установленного на вышерасположенном или нижерасположенном водомерном посту, по величине уклона реки.

2) **Опрос старожилов.** Составляется специальный акт, в котором фиксируются отметки, показанные старожилами на местности. При установлении УВВ этим способом остаётся невыясненной вероятность превышения зафиксированного высокого горизонта. Для этого желательно также опросным путём получить данные о горизонтах за другие годы, когда уровни стояли ниже.

3) **Визуальный метод фиксирования уровня по следам на местности.** Следами на местности являются:

- Отложения наносника (сучки, трава, ил) на пологих берегах, кустарнике, деревьях.

Следы на деревьях относятся к паводкам ВП 10-20%.

- Отложения взвешенных речных наносов.

- Следы нефти на коре деревьев или крутых берегах.

- Полоса смыва «загара» на скальных берегах.

Нижняя наиболее яркая полоса смыва «загара» относится к среднему паводочному горизонту, а слабо выраженная верхняя полоса – к горизонту с вероятностью превышения 10%, 5%. Следы смыва загара более редких паводков обычно не сохраняются, как и следы на размываемых крутых берегах.

- Следы подмыва крутых нескальных берегов.

- Границы распространения пойменной



растительности в степных засушливых районах.

- Следы на зданиях и сооружениях



Граница между пляжем и крутым берегом относится к среднему паводочному горизонту.

5.4 Назначение коэффициентов ровности (шероховатости) русла и пойм

Средние скорости течения и расход воды в живом сечении реки и частях морфоствора определяются по уравнению равномерного движения жидкости в открытом русле

$$v = mh^{2/3} \sqrt{i},$$

где m – коэффициент ровности, h – средняя глубина потока, i – уклон водной поверхности.

При оценке шероховатости пойм нужно учитывать характер и густоту растительного покрова на пойме, наличие староречий, промоин, косоструйность течения, характер грядовых скоплений наносов, наличие валунных или каменистых отложений.

Коэффициенты шероховатости назначают по специальным таблицам (классификация М.Ф. Срибного). Например, для естественных русел в весьма благоприятных условиях (чистое, прямое, незасоренное, земляное со свободным течением) коэффициент шероховатости $n=0,025$,

а коэффициент ровности $m = \frac{1}{n} = \frac{1}{0,025} = 40$. Для значительно засоренных, извилистых и

частично заросших или каменистых с беспокойным течением русел коэффициент

шероховатости $n=0,04$. А коэффициент ровности $m = \frac{1}{n} = \frac{1}{0,04} = 25$.

5.5 Инженерно-гидрологические обследования во время половодья или паводка

Наблюдения при высоких водах проводятся для проектирования мостовых переходов через крупные реки и дополняют ранее проведенные морфометрические обследования.

Во время высоких вод проводятся следующие гидрометрические работы:

- определяются скорости течения путем непосредственных измерений;
- измеряются уровни воды;
- устанавливаются направления струй и траекторий движения судов, плотов и льдин.

Для указанных работ необходимо до наступления половодья (паводка) провести соответствующую подготовку: разбить гидростворы, соорудить водомерные посты, построить наблюдательную вышку, оборудовать плавучие средства.

1. **Разбивка гидрометрических створов.** Гидростворы намечаются перпендикулярно течению воды. При широком разливе реки и заметном различии в направлениях течения в русле и на пойме гидроствор в плане может быть ломаным.

Число гидростворов зависит от характера реки на участке мостового перехода. Если русло делится на рукава, либо ширина поймы резко меняется или на ней имеются протоки и озера, то разбиваются несколько гидростворов. Обычно два-три, чтобы проследить изменение скоростей течения не только по ширине, но и вдоль потока и выяснить перераспределение расхода воды между руслом и поймой. В простых ситуационных условиях (прямой участок реки, однообразная пойма) допустимо ограничиться одним гидроствором. Когда назначается несколько гидростворов, то один из них принимается за главный. На нем производится большая часть измерений. Желательно, чтобы он совпал с осью будущего мостового перехода.

Гидрометрические створы разбиваются на всю ширину разлива реки с запасом по высоте над уровнем ГВВ на 2 м. В результате разбивки гидроствора строят его профиль. По профилю намечаются вертикали для измерения скоростей течения вертушками. Число вертикалей в руслах, рукавах и протоках зависит от их ширины. От 5 до 14 вертикалей при ширине створа от 100 до 1000 м. На пойме должно быть не меньше 4 вертикалей на каждые 1000 м ширины разлива.

Гидростворы закрепляются на местности высокими вехами, по две вехи на каждом берегу.

2. Устройство водомерных постов. На участке реки в месте перехода для измерения уровней воды устраивается не менее 3-х водомерных постов. По разности отметок водной поверхности на крайних постах, называемых *уклонными*, определяются продольные уклоны водотока. Расстояние между уклонными постами должно обеспечить достаточную точность измерения перепада уровней воды между ними. При уклоне водной поверхности

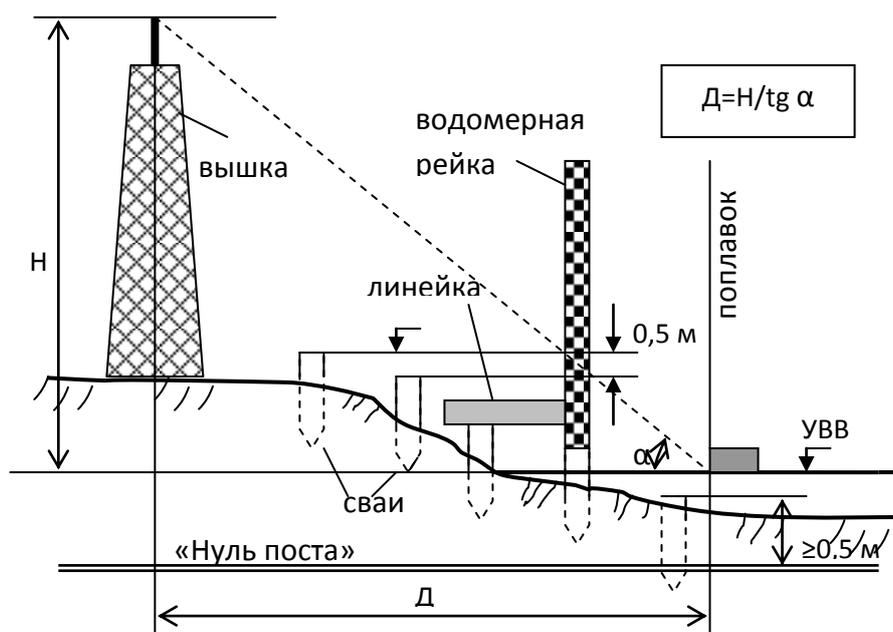
до 0,05‰ расстояние – не менее 5 км;

от 0,06‰ до 0,1‰ – 3 км;

1‰ – 0,5 км и т.д.

Если участок реки в месте перехода расположен на крутом повороте, уровни воды на разных берегах могут сильно различаться. В этом случае устраивается не менее шести постов, по три на каждом берегу.

Водомерные посты состоят из приспособления для непосредственного измерения уровней (чаще всего реек и свай) и постоянных геодезических знаков – реперов. От репера передают отметки на сваи или рейки.



Посты размещают в местах, защищенных от размыва, ударов плывущих предметов. Торцы свай и нули рек нивелируют от репера 2 раза – до паводка и после.

Ниже приведена схема водомерного поста. Наблюдательная вышка устраивается на высоком берегу; она предназначена для засечки одноточечным способом поплавков и плывущих по реке льдин, плотов и судов. Вышка также может быть использована для фиксации положения лодки, проводящей замеры на реке.

Для каждого водомерного поста устанавливают «нуль водпоста». Это условная горизонтальная плоскость расположена ниже самого низкого уровня воды (не менее чем на 0,5 м), чтобы все результаты измерений были положительными.

3. Производство наблюдений. Оно начинается сразу же после завершения подготовительных работ.

Измерение уровней воды ведется непрерывно с момента оборудования постов до окончания всех полевых работ. Сроки и количество замеров в течение суток зависят от интенсивности подъема или спада воды. Количество замеров может колебаться от 3 до 24 раз в сутки в период прохождения паводка (половодья). Отсчеты уровня производятся с точностью до 1 см. Измерения заносятся в полевой журнал. В результате обработки материалов составляются графики колебания горизонтов на всех водомерных постах за время наблюдений.

4. Измерение скоростей воды. Наиболее простым и доступным является *поплавковый* способ. На реках горного типа, обладающих большой скоростью и сбойностью течения, измерение скорости поплавками бывает иногда единственно возможным способом.

Поплавки изготавливаются из отрезков бревен диаметром 5-20 см и толщиной 3-5 см в виде крестовин. Применяют также частично заполненные водой закупоренные бутылки. Поплавки позволяют определить величину скорости и направление поверхностного течения. Для работы с поплавками в качестве дополнительного оборудования используется секундомер, а на больших реках – угломер и лодка.

Количество поплавков зависит от ширины изучаемой реки, для малой реки достаточно 4-5 штук. Их стараются по возможности запускать равномерно по ширине реки, но если у берегов много растительности, прибрежных участков нужно избегать. Поплавки надо нумеровать в порядке их пуска, и каждый последующий запускать лишь после того, как предыдущий поплавок прошел нижний створ.

Результаты измерения скорости поплавками лучше всего оформлять непосредственно в поле на планшете с наложенными траекториями движения поплавков.

К недостаткам поплавков следует отнести меньшую по сравнению с другими способами точность измерений и невозможность измерений скоростей течения в стационарных точках.

Для более надежного определения скоростей и вычисления по ним расхода воды используются *гидрометрические вертушки*. Принцип действия вертушки несложен: струя воды, обтекая и давя на лопасти вертушки, вращает вал, опертый на подшипники. Скорость течения v и число оборотов лопастей в единицу времени n связаны зависимостью, которая выражается уравнением:

$$V=a+bn,$$

где a и b параметры, устанавливаемые для каждой отдельной вертушки тарированием.

Тарирование – это обратный процесс измерению скоростей. При тарировании определяется число оборотов в секунду при различных скоростях.

Наибольшее применение получила универсальная вертушка, которую можно опускать в воду и на тросе и на штанге. Измерение скоростей вертушками производится со специально оборудованных лодок или понтонов. Число точек на каждой вертикали, в которых измеряется скорость, зависит от глубины воды: при глубинах до 1 м можно измерять скорость в одной точке, от 1 до 3 м – в трех точках, и при глубине более 3 м – в пяти точках. В итоге вертушечных измерений строятся эпюры скоростей и элементарных расходов при ряде уровней воды в реке.

После установки вертушки в заданной точке по глубине вертикали одновременно включают счетчик оборотов вертушки и секундомер. Секундомер останавливают через 100 сек и отсчитывают число оборотов по счетчику. По уравнению тарировочной кривой, прилагаемой в паспорте вертушки, определяют скорость течения в данной точке.

Средняя скорость по вертикали может быть определена 2 способами – *графомеханическим*, когда по измерениям строится эпюра скоростей и потом осредняется по площади эпюры. Второй способ *аналитический*. Например, при измерении скорости в трех точках вертикали:

$$v_{cp} = \frac{3v_{нов} + 5v_{0,6} + 2v_d}{10},$$

где $v_{нов}$, $v_{0,6}$, v_d – соответственно скорости, измеряемые на поверхности, на 0,6 глубины и у дна.

Расход за весь период высокой воды при разных уровнях ее стояния определяется на главном створе не менее 10-12 раз. Конечным результатом всех измерений поплавками или вертушками является установление зависимости расхода, средней скорости потока и площади живого сечения от уровня воды.