

ГЛАВА II

ИЗМЕРЕНИЕ РАСХОДОВ ПРИ ПОМОЩИ ГИДРОМЕТРИЧЕСКИХ ШЕСТОВ

§ 7. Устройство и условия применения

1. Общее замечание. В отличие от поверхностных поплавков, регистрирующих только поверхностную скорость, гидрометрические шесты регистрируют скорость на всей вертикали.

2. Устройство гидрометрических шестов. Гидрометрические шесты проще всего изготавливаются из деревянных шестов, диаметром в 3 - 5 - 8 см, с загрузкой нижнего конца путем укрепления там камня, мешка с крупным щебнем, и т. п. (рис. 42).

Применяют также полые металлические трубки, свинчиваемые из отдельных колен, причем нижняя трубка загружается дробью, песком или водою. Колена делаются различной длины для того, чтобы возможно было подобрать разные длины шеста сообразно с разными условиями измерений. Верхнее звено закрывается колпаком, окрашенным в белый или красный цвет, для обеспечения видимости.

3. Длина гидрометрического шеста. Длина гидрометрического шеста должна соответствовать средней глубине того продольного профиля реки, измерение скорости по коему предполагается производить. Именно средняя глубина погружения шеста h должна быть не менее 0,94 всей глубины H .

4. Условия применения. Гидрометрический шест, будучи пущен по течению, перемещается со скоростью, весьма близкою к средней скорости на той вертикали основного (среднего) профиля, через которую шест проходит. Это

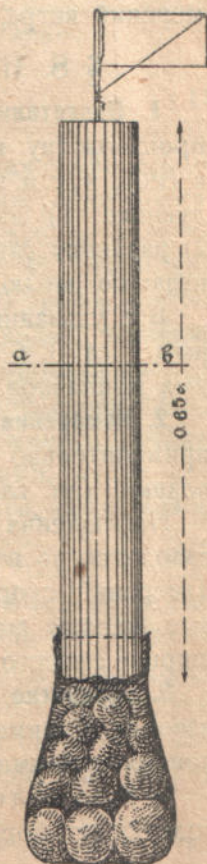


Рис. 42. Гидрометрический шест.

имеет место лишь тогда, когда шест погружен в воду почти до дна реки.

Поэтому гидрометрические шесты удобно применять при очень правильных руслах; чтобы иметь возможность производить измерения одним и тем же шестом по всей ширине потока, глубины на последней должны быть одинаковыми; в противном случае, нужно иметь несколько шестов разной длины. Особо удобно применение шестов на искусственных каналах.

К достоинствам измерений при помощи гидрометрических шестов относится гораздо меньшее влияние на результаты измерений ветра, чем при применении поверхностных поплавков.

§ 8. Производство измерений и вычислений

1. Подготовительные работы. Подготовительные работы по производству измерений гидрометрическим шестом включают в себя, как и при измерениях поверхностными поплавками, следующее: 1) выбор места для измерений и рабочего участка; 2) разбивку створов; 3) производство промеров русла; 4) организацию наблюдений за уровнями.

Все указанные работы производятся по правилам, изложенным в гл. I, § 4, т. е. по правилам измерений для поверхностных поплавков.

2. Измерение скоростей. Измерение скоростей производится применительно к таковым же работам для поверхностных поплавков (см. гл. I, § 5).

Наблюдения за передвижением гидрометрических шестов производятся по верхнему их концу, выступающему из воды. Число измерений скоростей должно быть таково, чтобы траектории выпущенных шестов равномерно перекрывали бы реку по всей ее ширине с расстояниями в 1-2-3 м, в зависимости от ширины реки.

3. Обработка полевых данных. Обработка полевых данных производится применительно к таковой же, описанной для измерений поверхностными поплавками.

а) Вычисление скоростей. Вычисление скоростей производится по формуле:

$$V_b = \frac{S_{\text{метр}}}{t_{\text{сек}}} \dots \dots \dots (9)$$

где V_b — искомая скорость на вертикали;

S — пройденное шестом расстояние между верховым и низовым створами;

t — продолжительность хода шеста между верховым и низовым створами.

Если гидрометрический шест погружен в воду на величину h , меньшую, чем 0,94 средней глубины H продольника, то действительная средняя скорость V_b на вертикали основного (среднего) профиля вычисляется из наблюдаемой скорости $V_{набл}$ по формуле:

$$V_b = KV_{набл} \dots \dots \dots (10)$$

где коэффициент K вычисляется по формуле Френсиса:

$$K = 1,00 - 0,116 \left(\sqrt{\frac{H-h}{H}} - 0,10 \right) \dots \dots \dots (11)$$

б) Вычисление расхода. После вычисления скоростей на отдельных вертикалях вычисляют расход применительно к сказанному в гл. I, § 6, п. 6; при этом удобнее всего вычисление расхода производить графически, согласно рис. 41, строя над чертежом живого сечения (для среднего створа) *кривую средних скоростей на вертикалях*; из этой последней находят значения средних скоростей, соответствующие отдельным промерным вертикалям; полусуммы этих скоростей, взятые последовательно, будучи умножены на элементарные площадки живого сечения между соответствующими промерными вертикалями, дадут элементарные расходы q_i , и весь расход Q определится, как сумма q_i :

$$Q = \Sigma V_b^i \cdot f_i = \Sigma q_i \dots \dots \dots (12)$$

Можно также из кривой средних скоростей на вертикалях по чертежу определять непосредственно средние скорости на вертикалях V_b , приходящиеся на середины промежутков между промерными вертикалями; тогда частные расходы q_i найдутся непосредственным перемножением V_b на соответствующие элементарные площадки живого сечения между промерными вертикалями.

4. Бланки. Удобно для записей и вычислений применять особые бланки, применительно к бланкам для измерений поверхностными поплавками.

5. Общие замечания. При соблюдении всех нужных условий по выбору места измерений и производству измерений, точность результатов измерений расходов при помощи гидрометрических шестов может быть значительно выше той точности, которая свойственна измерениям при помощи поверхностных поплавков и может быть оценена в 4—6%.

ГЛАВА III

ИЗМЕРЕНИЕ РАСХОДОВ ПРИ ПОМОЩИ ПОПЛАВКОВ-ИНТЕГРАТОРОВ

§ 9. Устройство и условия применения

1. Общие замечания. Поплавки-интеграторы, как и гидрометрические шесты, регистрируют сразу среднюю скорость на вертикали.

2. Идея устройства поплавков-интеграторов. Идея применения поплавков-интеграторов основана на следующем: если какому-либо телу дать возможность всплывать от дна реки до поверхности воды, то скорость его вертикального перемещения можно принять для обычных условий постоянной, и тело это, пройдя постепенно слои воды с различными скоростями, будет снесено на величину l , зависящую от продолжительности всплывания t и от величины средней скорости по вертикали V_h .

При этом:

$$V_h = \frac{l}{t} \dots \dots \dots (13)$$

Если для данного тела определить заранее скорости его всплывания в стоячей воде — a_i , проделав ряд опытов для разных глубин h_i , которым будут соответствовать разные продолжительности всплывания t_i , то можно найти ряд значений вида:

$$a_i = \frac{h_i}{t_i} \dots \dots \dots (14)$$

Отсюда можно определить для разных глубин стоячей воды нормальные продолжительности всплывания t_i , независящие от скоростей течения в потоке:

$$t_i = \frac{h_i}{a_i} \dots \dots \dots (15)$$

Далее, удобно составить соответствующие таблицы (или графики), дающие сразу нормальное значение t_i в зависимости от глубины потока h_i :

$$\begin{array}{c} h_i = | h_1 | h_2 | h_3 | h_4 | h_5 | \\ t_i = | t_1 | t_2 | t_3 | t_4 | t_5 | \end{array}$$

Тогда во время работы среднюю скорость на вертикали возможно вычислять без определения времени, по одному расстоянию l , подставляя в вышеприведенную формулу: $V_h = \frac{l}{t}$ значения t , взятые для данного значения h из составленной по указанному выше таблицы.

3. Практическое осуществление поплавка-интегратора. На практике конструкция поплавка-интегратора осуществляется различными способами. Всплывающий поплавок можно получить, прикрепляя деревянный шарик ниткою к прочной бичеве, пропущенной через колечко внизу у деревянного шеста, как показано на рис. 43; если дернуть за бичеву, — нитка обрывается и шарик, освобождаясь, начинает всплывать. Шарик полезно слегка утяжелить для замедления всплывания, путем забивки в него гвоздиков или включения в него свинца. Для измерения величины l сноса шарика к шесту прикрепляется мерная лента или линейка, которая располагается на поверхности воды вниз по течению.

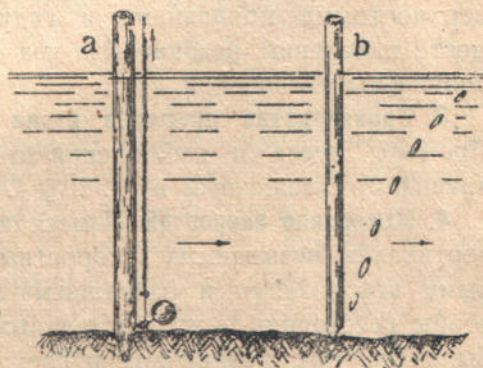


Рис 43. Поплавок-интегратор.

Вместо деревянного шарика можно применять в качестве поплавка-интегратора подкрашенное масло, которое вдвигается через трубку, опущенную до дна (см. рис. 43 справа).

4. Условия применения. Поплавки-интеграторы удобно применять в условиях малых заболоченных рек, где измерения вертушками, и даже поверхностными поплавками, затрудняются

наличием водной растительности, мешающей вращению крыльев вертушки или движению поплавков. Возможно применение поплавков-интеграторов и в других условиях.

§ 10. Производство измерений и вычислений

1. Содержание подготовительных работ. Подготовительные работы к измерениям поплавками-интеграторами включают в себя: 1) выбор участка и места для измерений, 2) производство промеров русла, 3) организацию наблюдений за уровнями.

2. Выбор участка и места. Участок для измерений должен, в общем, соответствовать правилам, изложенным в гл. I, § 4, п. 2, с той разницей, что правильность русла здесь обязательна не на столь значительном протяжении, как при измерениях поверхностными поплавками и гидрометрическими шестами. На месте измерений разбивается два створа: основной створ и дополнительный низовой.

3. Производство промеров русла и наблюдений за уровнями. Промеры русла и наблюдения за уровнями производятся по правилам, изложенным в гл. I, § 4.

4. Измерение скоростей. Измерение скоростей производится на вертикалях, называемых „скоростными“, совпадающих с промерными вертикалями и размещаемых по основному створу так, чтобы расстояния между отдельными скоростными вертикалями были бы, при правильном русле, примерно одинаковыми; при неправильном русле скоростные вертикали следует назначать чаще там, где наблюдаются наибольшие изменения скоростей; первую и последнюю скоростную вертикали следует брать возможно ближе к берегам. Общее число скоростных вертикалей должно быть не менее пяти, а при ширине реки в пределах 10-50 м — около 8-10.

Установка шеста (трубки) поплавок-интегратора осуществляется с лодки, временного мостика на козлах, или вброд. Первый пуск шарика делается пробным, чтобы при последующих пусках (выполняемых согласно § 9, пп. 2 и 3) отсчет пройденного шариком расстояния по пловучей рейке мог быть сделан более уверенно. На каждой вертикали выполняется от двух до пяти

пусков; за расчетное расстояние l принимается среднее из всех сделанных надежно отсчетов.

5. Обработка результатов измерений. Обработка полевых данных включает в себя выполнение чертежей применительно к указанному в гл. I, § 6, п. 2 и вычисление расходов.

Для вычисления расходов прежде всего вычисляются (по способу, указанному в § 9, п. 2) средние скорости на скоростных вертикалях $V_1, V_2, V_3, \dots, V_{n-1}$. Далее вычисляются частные площади живого сечения между скоростными вертикалями — f_1, f_2, \dots, f_n . Вычислив полусуммы скоростей:

$$\frac{V_1}{2}, \frac{V_1+V_2}{2}, \frac{V_2+V_3}{2}, \dots, \frac{V_{n-2}+V_{n-1}}{2}, \frac{V_{n-1}}{2},$$

причем скорости на точках урезов берега принимаются за равные нулю, — искомый расход Q находят по выражению:

$$Q = \frac{V_1}{2} \cdot f_1 + \frac{V_1+V_2}{2} f_2 + \dots + \frac{V_{n-2}+V_{n-1}}{2} f_{n-1} + \frac{V_{n-1}}{2} f_n \quad (16)$$

6. Бланки. Удобно для записей и вычислений пользоваться особыми бланками, применительно к бланкам для измерений расходов при помощи поверхностных поплавков.

7. Общее заключение. При соблюдении всех нужных условий измерений, точность результатов может приближаться к точным измерениям при помощи вертушек и может быть оценена в 3-5%.

ЧАСТЬ IV

ИЗМЕРЕНИЕ РАСХОДОВ ВЕРТУШКОЙ

ГЛАВА I

ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ ОБ ОРГАНИЗАЦИИ И ОБОРУДОВАНИИ ИЗМЕРЕНИЙ

§ 1. Общие замечания о содержании работ

1. Общее содержание работ. Процесс измерения расходов при помощи вертушки обычно включает в себя две главные операции: 1) измерение площади живого сечения потока; 2) измерение скоростей на отдельных точках, лежащих на заранее выбранных вертикалях живого сечения, которые носят название „скоростных“.

По скоростям отдельных точек вычисляются средние скорости для вертикалей; эти последние скорости служат для последующего вычисления всего расхода.

Кроме этого, должен быть определен тот уровень, к которому измеренный расход должен быть отнесен.

2. Состав рабочей партии. Состав рабочей партии зависит от величины реки и условий предполагаемых измерений.

На реках малых, для измерений летних расходов вброд, необходимо: 1 техник-гидрометр и 1 рабочий.

На реках небольших, но при измерениях с лодки по тросу, или при зимних измерениях со льда, необходимо 1 техник-гидрометр и 2-3 рабочих.

На реках больших или на малых реках в период половодья, при измерениях с понтона, необходимы: 2 техника-гидрометра и 4-6 рабочих.

При половодьи на больших реках необходимый состав рабочей партии для успеха работ может быть еще больший, в зависимости от ширины разлива и скоростей течения в реке.

§ 2. Общие понятия о вертушках

1. Принцип устройства вертушек. Идея вертушки основана на следующем: если к горизонтальной оси, могущей вращаться на неподвижных опорах, приделать крылья, подобные тем, что у ветряных мельниц, или имеющие винтообразную форму, и такую конструкцию поместить в поток так, чтобы направление струй приходилось бы под углом к плоскости крыльев, то, очевидно, давление струй на крылья заставит их вращаться с некоторой скоростью. Чем больше скорость течения, тем быстрее будет вращаться ось с крыльями; следовательно, по скорости вращения крыльев можно судить о скорости течения.

2. Уравнения вертушек. Чтобы получить величину скорости течения, нужно знать число оборотов крыльев в единицу времени.

Для каждой вертушки зависимость между числом оборотов ее лопастей и скоростью течения устанавливается предварительной, так называемой „тарировкой“ вертушки, путем серии передвижений вертушки в стоячей воде с разными скоростями.

Графические построения или аналитические выражения, которые показывают связь между числом оборотов вертушки в единицу времени и скоростью течения воды, — носят название *уравнений вертушки*; вид этих уравнений зависит от конструкции вертушки, в частности, формы ее крыльев.

Обычный вид уравнения вертушки такой:

$V = a + bn$, где V — скорость в м/сек.;

n — число оборотов лопастей вертушки в 1 сек.;

a и b — некоторые постоянные множители.

Величина a называется *чувствительностью* вертушки, ибо она показывает ту наименьшую скорость, начиная с которой данный экземпляр вертушки может работать.

3. Главные части вертушки. Главные части каждой вертушки следующие: 1) лопасти или крылья с осью, на которой они вращаются; 2) тело вертушки со счетным механизмом в нем; 3) хвост.

4. Лопасти. Лопасти могут иметь разнообразную форму. Они могут быть устроены или в виде четырех наклонно расположенных к плоскости вращения пластинок, или могут быть винтового и параболического очертания.

Кроме формы, лопасти отличаются также и по размеру. Существуют лопасти, имеющие всего лишь 4-5 см в диаметре, но есть такие, диаметр коих около 20 см. При испытаниях выяснилось, что лопасти более значительного диаметра, при прочих равных условиях, более чувствительны и вращаются более плавно, чем небольшие лопасти той же формы.

Так как при некоторых скоростях, превышающих начальные, скорость вращения лопастей зависит, главным образом, от изгиба их, то при обращении с вертушкой нужно внимательно следить за тем, чтобы лопасти не были случайно погнуты.

У большинства вертушек лопасти насажены непосредственно на ось, и только у некоторых больших вертушек лопасти прикрепляются к оси спицами. Предпочтение первому способу соединения лопастей с осью отдают потому, что в этом случае образуется меньше водоворотов, вызываемых неодинаковой скоростью движения различно удаленных от оси точек лопастей.

5. Тело и хвост вертушки. Тело вертушек может иметь самые разнообразные формы. Тело вертушек служит оболочкой для помещения различных механизмов вертушки — подшипников для осей, на которые насажены лопасти, и регистрирующего механизма — счетчика оборотов.

Хвосты имеют различное устройство и предназначаются для выравнивания вертушки в горизонтальном и вертикальном направлениях, а также для облегчения условий обтекаемости корпуса вертушки.

7. Поддерживающие приспособления. Посредине между хвостом и телом вертушки обычно имеется устройство для закрепления вертушки на удерживающем ее приспособлении; таковым устройством может быть: сквозное отверстие с зажимным винтом для пропуска через него штанги, т. е. мерного металлического шеста; захваты для укрепления вертушки на тросе — вверху вертушки, и захваты для прикрепления грузов, назначение коих противодействовать уносу прибора быстрым течением.

8. Штанги большей частью делаются из полых металлических труб, диаметром в 4-11 см; для удобства переноски штанги обычно делаются составными, из отдельных колен, длиной в 1-2 м. В сечении штанги могут быть круглые, овальные или яйцеобразные. В круглых штангах, для предотвращения вращения вертушки вокруг штанги, на последней делают направляющий выступ; иногда этот направляющий выступ заменяют продольной щелью.

На штангах имеются деления, по которым можно устанавливать вертушку на желаемой глубине. Внизу штанги снабжаются поддоном, предохраняющим штангу от погружения в дно реки.

9. Тросы и лебедки. Тросы применяются обычно проволочные, диаметром в $2\frac{1}{2}$ -4 мм; для удобства манипуляций с вертушкой при ее установке применяются лебедки с приспособлениями, позволяющими регулировать скорости подъема и спуска вертушки, а также регистрировать глубины ее установки.

§ 3. Типы вертушек

Имеющиеся конструкции вертушек отличаются большим разнообразием.

Можно подразделить существующие вертушки на ряд различных типов.

1. Подразделение по способам применения. В отношении способа применения вертушки можно подразделить на следующие группы:

1) *Штанговые вертушки*, которые устанавливаются в точках вертикалей при помощи подвижно или неподвижно устанавливаемых штанг; в первом случае вертушки закрепляются на штангах неподвижно и перемещение вертушек по высоте достигается перемещением самих штанг (подвесные штанги); во втором случае штанга устанавливается неподвижно, а вертушка может быть перемещаемая вверх и вниз по штангам.

2) *Тросовые (или подвесные) вертушки*, — которые устанавливаются в точках вертикалей при помощи прикрепленного к ним гибкого троса или системы тросов; частным случаем тросовых вертушек можно считать *вертушки пловучие*, которыми можно

работать только на плаву, для измерения поверхностных скоростей.

3) *Универсальные вертушки*, — допускающие применение их и на штангах, и на тросах.

2. Подразделение по конструкции. В отношении конструкций вертушки можно подразделить на такие группы:

1) По устройству оси: а) вертушки с горизонтальной осью (вертушки фирм Зап. Европы); б) вертушки с вертикальной осью (американские).

Вертушки с горизонтальной осью можно подразделить на группы по устройству крыльев: а) с прямыми лопастями (Вольтмана, Отта), б) с винтовыми лопастями (Отта, Альбрехта, Ришара и др.).

2) По устройству сигнализационного приспособления: а) вертушки с механическим счетчиком (Вольтмана); б) вертушки с акустическим счетчиком (Прайса); в) вертушки с электрическим счетчиком (все вертушки новых конструкций).

Вертушки с электрическим счетчиком можно подразделить в отношении устройства их контактного приспособления на:

- а) вертушки с пружинным контактом (Отта, Ришара, Ганзера);
- б) " " масляным " (Отта);
- в) " " магнитным " (Отта);
- г) " " дисковым " (Альбрехта-Килли);

Можно также подразделить существующие системы электрических контактов в отношении их защищенности от воды на: 1) открытые (Амслер), 2) полуоткрытые (Волга), 3) закрытые (Отта и др.).

Подробные описания конструкций вертушек, а также их оборудования приводятся в специальных курсах.

§ 4. Условия и область применения вертушек

1. Точность вертушечных измерений. Вертушка является самым точным из гидрометрических приборов. Из указанных выше (§ 3) типов вертушек наиболее надежны в работе вертушки с горизонтальной осью вращения. Новейшие типы вертушек этой группы

могут давать весьма высокую точность измерений, исчисляемую единицами процентов — в благоприятных условиях и при соблюдении всех правил измерений.

2. Случай неприменимости вертушек. В ряде случаев вертушка может оказаться неприменимой (см. § 12, ч. I). Таковы случаи: 1) очень низкой воды, при глубинах меньше обычной средней высоты вертушек средних размеров, как например: 0,10-0,20 м; 2) слишком медленное течение реки — менее 0,06-0,10 м/сек.; 3) наличие в потоке посторонних предметов, могущих повредить вертушку (ледоход, паводки); 4) большое наличие водной растительности в реке.

3. Условия правильного применения вертушки. Для получения правильных результатов при применении вертушки должно иметь место: 1) правильный выбор участка для измерений; 2) надлежащий выбор створа измерений; 3) надлежащий выбор вертикалей для измерений; 4) достаточное число точек измерений на каждой вертикали; 5) достаточная продолжительность наблюдений в каждой точке; 6) хорошее состояние вертушки и надлежащее ее применение; 7) соответствующее надлежащее состояние оборудования для измерений. При несоблюдении ряда указанных условий вертушка — даже новейшей конструкции — может давать неудовлетворительные результаты.

4. Применение вертушки на штанге и на тросе. Для установки вертушки в разных точках вертикалей пользуются или штангами, или тросами (§ 3, п. 1). Вертушка на штанге, упираемой в дно, применима для работы лишь на сравнительно небольших глубинах и при не очень больших скоростях; обычно пределом применения таких штанг считают глубины в 3-4 м, а скорости — до 2,0 м/сек.; в единичных случаях, при особо солидных штангах, можно констатировать их применение и при глубинах до 6-8 м.

При значительных глубинах и скоростях не только маневрировать, но и удерживать штангу руками, — почти невозможно как вследствие ее веса, так и вследствие большого напора на штангу от быстро текущей воды. В этих случаях удобнее применять подвесные штанги.

Подвесные штанги можно применять при глубинах до 6-7 м.

При работе вертушкой на тросе прежде всего необходимо иметь в виду, что при более или менее значительном течении и не очень тонком тросе вертушка на тросе подвергается угону, как показано на рис. 23; это затрудняет точную установку вертушки в требуемой точке, а также искажает измерения глубин (в сторону их преувеличения), если таковые измерения производятся при помощи вертушки (см. ч. II, § 25, п. 6); в последнем случае в измеренные глубины следует вносить поправку, помножая измеренную глубину на $\cos \alpha$, где α , — приблизительно определяемый угол угона вертушки.

В тросовых вертушках, применяемых с грузами, подвешиваемыми под вертушкой, следует иметь в виду необходимость помещать груз не ближе 0,30-0,40 м от тела вертушки, во избежание влияния подпора от груза на работу крыльев.

Таким образом, всюду, где возможно, следует всегда предпочитать применение вертушек на штангах, как обеспечивающих более надежные результаты.

Отмеченные недостатки работы тросовых вертушек могут быть уменьшены применением дополнительных оттяжек, удерживающих вертушку от угона, в дополнение к грузу, который не всегда оказывается достаточным.

Следует отметить, что имеются конструкции тросовых вертушек, оборудованных так, что их возможно устанавливать на любой глубине без применения грузов, — лишь при помощи вертикального — поддерживающего и наклонного — удерживающего тросов; такова, напр., новая конструкция вертушки Альбрехта-Килли (Мюнхен) со щитком-погружателем на вертушке. Такой тип вертушки свободен от недостатков, присущих другим обычным конструкциям вертушек с грузами.

5. Обычные источники ошибок при измерении расходов вертушками. В дополнение к сказанному в пп. 2 и 3 этого параграфа можно указать, — наиболее часто встречающиеся в практике, — такие случаи получения ошибочных результатов при измерениях с вертушкой: 1) створ для измерений выбран на участке реки, где дно покрыто крупными камнями и обломками каменных пород; в этом случае могут иметь место ошибки как в измерениях глубин, так и в показаниях вертушки, вследствие косых

и неправильных струй в придонной части живого сечения; 2) створ для измерений выбран на участке, хотя и с правильным очертанием обоих урезов, но с весьма неравномерным продольным распределением глубин (подводные косы, острова); в этом случае могут иметь место косые струи как в вертикальной, так и в горизонтальных плоскостях; результаты измерений тогда могут оказаться преувеличенными (при измерениях тросовой вертушкой); 3) глубокий створ с сильным течением, порядка $1 \cdot 2$ м/сек. и больше; в таких случаях можно ожидать преувеличений в измерениях глубин (и значит, расходов), если таковые измерения производятся вертушкой и угон вертушки не учитывается.

§ 5. Принадлежности оборудования вертушек

1. Общие замечания. Для работы с вертушками необходимо иметь ряд принадлежностей оборудования вертушек.

Кроме штанги или троса — для тросовой вертушки, — необходимы для принятых в настоящее время электрических вертушек при измерениях на малых реках: 1) секундомер, 2) батарея, 3) кабель электрический, 4) звонок или телефон.

При измерениях на больших реках (при помощи тросовых вертушек): 1) секундомер или счетчик, 2) батареи, 3) кабель электрический, 4) звонок, 5) распределительная доска, 6) лебедка, 7) хронограф. Кроме перечисленного оборудования, необходим еще ряд принадлежностей: небольшие щипцы - плоскогубцы, отвертки, небольшой напильник, молоток и материалы: изоляционная лента, гвозди, смазочное масло.

2. Секундомер. Секундомер представляет собою карманные часы с большой секундной стрелкой. Циферблат снабжен делением от 0 до 60 сек. через 0,2 секунды. Минуты отсчитываются по дополнительному малому циферблату. Если нажать на кнопку секундомера — головку для завода его, — то секундная стрелка приходит в движение. Второе нажатие на эту кнопку останавливает стрелку и третье — возвращает ее на нуль. Этот прибор дает возможность определять время с точностью до 0,1 секунды.

Весьма удобны для пользования секундомеры с двумя большими стрелками; одну из этих стрелок можно останавливать в конце каждого промежуточного сигнала; когда отсчет этот сделан, стрелку отпускают и она догоняет непрерывно идущую вторую стрелку; этот секундомер, таким образом, позволяет фиксировать не только начало и конец всего цикла наблюдений, но и отдельные промежуточные отсчеты, что важно для уяснения характера равномерности работы вертушки.

Фирмой Отта выпущены очень удобные секундомеры с делениями в 0,1 секунды, регистрирующие малой стрелкой десятые и сотые секунд (а не минуты), а большой — единицы секунд.

Секундомеры следует время от времени проверять.

3. Батарея состоит из сухих или полусухих наливных элементов. Элементы соединяются последовательно, т. е. уголь одного соединяется с цинком другого; обычно, при коротких проводах, достаточно брать или один сухой элемент, или два наливных. Следует обращать внимание, чтобы не было соединения между зажимами одного и того же элемента. Истощенный элемент не следует ставить в работу вместе с исправным, так как вследствие большого сопротивления внутри плохого элемента слабеет ток хорошего элемента.

4. Кабель применяется обычно двойной, т. е. состоящий из двух, изолированных одна от другой, жил, включающих каждая по 5-7 тонких стальных проволочек; обе жилы соединены в одной общей изолировке из плетения, резины и гудрона.

Затем применяются также — для тросовых вертушек — четырехпроводные кабели, играющие одновременно роль и поддерживающих вертушку тросов.

Диаметр их обычно — около 7,5 мм, а допускаемая нагрузка — до 500 кг; по четырехпроводному кабелю можно одновременно включить одноконтakтный и для контроля 25-контakтный счетные механизмы; недостатком четырехпроводного кабеля является его значительный диаметр, вследствие чего иногда наблюдается довольно значительный унос кабеля, а также его трудно ремонтировать в случае порчи.

Наконец, существует еще тип кабеля одножильного — из медного провода, обмотанного стальной проволокой, с соответству-

ющей изоляцией; диаметр его около 4 мм; допускаемая нагрузка — до 250 кг.

Каждый кабель перед работой должен быть проверен. Для этого один конец кабеля включают в зажимы батареи и звонка, а в другом, предназначенном к включению в зажимы вертушки, — соединяют обе жилы между собой; при соприкосновении концов должен раздаваться звонок, а при разъединении таковой должен моментально прекращаться. Если же этого не происходит, то одна из жил — разорвана; чаще всего это случается в том месте, где начинается изоляция кабеля. Если при испытании кабеля раздается звонок без соединения свободных концов его, то где-нибудь внутри кабеля есть контакт и в таком случае кабель совершенно не годен. Всякие повреждения в изолировке кабеля необходимо немедленно же исправлять, применяя для этого изоляционную ленту.

5. Звонок перед всякой работой должен быть также проверен. При слабом звуке звонка нужно обратить внимание на его исправность. Если все зажимы и соединительные проволоки целы и не окислились (при окислении их нужно оскоблить ножом), то причиной отказа звонка в работе может быть или повреждение обмотки электромагнитов, что при осторожном обращении случается очень редко, или контакт пружины якоря — не в порядке, или же, что случается очень часто, — отошел контактный винт S (рис. 44). Подвинчивая этот винт, регулируют силу звука. При работе звонка нужно обращать внимание на то, чтобы положение его всегда было одно и то же: или вертикальное висячее, или лежачее, так как вес звонкового якоря, по сравнению с его пружиной, — довольно велик, в виду чего пружина не имеет возможности удерживать якорь всегда в одном и том же положении. Поэтому, звонку дается определенное положение, локализирующее влияние веса якоря.

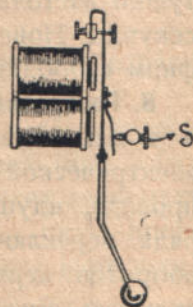


Рис. 44. Звонок.

6. Телефон. Вместо звонка для сигнализации удобно пользоваться также специальными телефонами, которые, не требуя регулировки, могут работать при более слабом токе (от одного

элемента); это особенно важно при работе с вертушкой с открытым контактом, быстро окисляющимся от сильного тока. Телефоны лучше выдерживают перевозку, работают без отказа и портятся крайне редко.

7. Счетчик имеет следующий принцип действия: при замыкании и размыкании электрического тока имеющиеся в счетчике электромагнитные катушки притягивают особую пластинку; путем ряда передаточных колесиков стрелки на двух циферблатах отмечают на одном каждый оборот и десятки оборотов, а на другом циферблате — каждые сто оборотов.

На практике оказалось, что большинство существующих счетчиков не всегда удовлетворяют своему назначению; благодаря нежному механизму они быстро портятся, а также пропускают обороты при ослаблении действия батареи. Поэтому счетчик рекомендуется периодически проверять и наряду с ним иметь сигнализацию при помощи обыкновенного звонка или телефона. Счетчики также отказываются работать, если вращение лопастей вертушки настолько быстро, что контакт занимает меньше $1/80$ – $1/90$ секунды. Новейшие конструкции счетчиков лучших зарубежных фирм свободны от указанных недостатков.

8. Распределительная доска имеет целью объединить включение и выключение отдельных составных частей сигнализационной электрической цепи, а также элементов. К этой доске подводят провода, идущие от вертушки; причем, благодаря устройству ряда переключателей, — на доске можно переключать показание оборотов вертушки или на счетчик, или на звонок, а также включать показание одноконтактных и 25-контактных контактов. В продаже имеются готовые распределительные доски; можно изготовлять их и домашним способом.

9. Ящик с элементами и звонком. В более простых случаях устраивают особый небольшой ящик, в котором помещают батарею из двух полусухих элементов и звонок; зажимные клеммы удобно выводить наружу ящика так, чтобы при работе открывать его лишь в случае необходимости регулирования звонка; для последней цели скрепление звонка с ящиком удобно делать не глухое, а допускающее простое разъединение и выемку звонка из ящика, например, путем выдвигания его из специально устроенных удерживающих вертикальных рамок.

10. Лебедка применяется для подъема и спуска тросовой вертушки с грузом.

Основными частями лебедки являются: барабан для наматывания троса, электрический или простой указатель количества оборотов барабана и передаточные шестерни к рукоятке, облегчающие вращение барабана.

Барабан устраивается пустотелым, с деревянной обкладкой; он должен иметь достаточный диаметр и достаточную длину для намотывания троса на него в один ряд; барабан обычно имеет желобки, расположенные по винтовой линии; намотывание троса в два ряда нежелательно, так как при этом происходит порча его, благодаря тяжелому грузу, находящемуся на конце. Обычная длина окружности барабана — 0,5 - 1,00 м.

Механизм, указывающий количество оборотов, делаемых барабаном, устраивается сбоку в виде циферблата; в новых системах лебедок на циферблате имеются две стрелки — одна для одного оборота, другая — для десяти оборотов. Отсчеты длины троса по циферблату могут быть сделаны с точностью до двух сантиметров.

11. Хронограф. Весьма удобным прибором для регистрации числа оборотов и времени является хронограф.

Прибор этот записывает на ленте, — подобной телеграфной, — время секундных интервалов при помощи контактных часов, затем обороты лопастей вертушки и, наконец, может записывать при помощи имеющегося иногда третьего пера, — путь, проходимый вертушкой, что применяется при тарировках вертушки.

§ 6. Содержание вертушек

1. Общие замечания. Вертушка — чувствительный ко всякого рода повреждениям инструмент и требует внимательного к себе отношения.

2. Лопasti. Особо бережного отношения к себе требуют лопасти вертушки; от их повреждения или изгиба коэффициент тарировки вертушки меняется, и вертушка дает не те результаты, которые от нее ожидаются.

3. Чистка вертушки. После каждой работы вертушку необхо-

димо разбирать, не трогая, конечно, тех ее частей, которые по конструкции вертушки не должны разниматься, и тщательно очищать все части, имея в виду, что как бы ни была чиста вода в реке, все же на частях вертушки может образоваться осадок.

Разбирать вертушку следует при помощи отвертки и плоскогубцев на столе, чтобы не потерять мелких винтиков или шариков из подшипников. Число шариков в вертушке должно всегда оставаться неизменным и быть полным; полному числу шариков в подшипнике соответствует такое их число, при котором между всеми уложенными рядом шариками остается промежуток, равный приблизительно месту одного шарика. Шарик следует тщательно протирать и слегка смазывать жидким маслом, костяным или вазелиновым (но не растительным); при сборке шарик вытирается досуха, если вертушку предполагается в ближайшем будущем пустить в работу, — или оставляются слегка смазанными, если вертушка кладется на длительный период на хранение. Рекомендуемая некоторыми авторами смазка шариков перед работой основана на очевидном недоразумении, так как масло обычно очень быстро вымывается водою и ход вертушки изменяется.

Следует иметь в виду при сборке вертушки, что степень завинчивания шайбы, зажимающей шарик, обычно отмечается чертою на ней.

В вертушках с пружинными контактами особое внимание следует уделять очистке язычков пружины и контактного штифта путем их тщательной протирки и даже осторожного оскабливания возможного осадка на них кончиком перочинного ножа или тонкой наждачной бумагой. Могут также окисляться подшипники колеса выключателя; в этом случае подшипники вертушки должны быть вычищены и слегка смазаны. При работе вертушки зимою, при вынимании ее из воды, если ее долго оставлять на воздухе, — она может покрываться ледяным наслоением; ни в коем случае нельзя это наслоение льда удалять механическим путем; обледенение исчезнет после опускания вертушки в воду и некоторого пребывания ее там.

4. Поверка действия. Перед работою, убедившись в исправ-

ности батареи, звонка, кабеля и др., следует испытать исправность действия вертушки; для этого производят все нужные соединения сигнализационной сети и приводят крылья вертушки во вращение рукою; если звонок запаздывает или получается с перерывами, проверяют все соединения, а затем и внутреннее состояние контактных устройств вертушки.

5. Хранение. Как и для всякого точного инструмента, — по отношению к вертушке нужно иметь в виду необходимость тщательного хранения ее; должна быть полная гарантия также в том, что прибор не будет трогать никто, кроме лиц, которым поручена работа с вертушкой.

6. Случаи повреждения. Бывают случаи, когда во время самого производства работ или непосредственно перед приступом к работе вертушка испытывает какое-либо повреждение, прямо не мешающее ее работе, но могущее изменить коэффициенты ее тарировки.

В этом случае этот факт должен быть записан, и вертушка может быть протарирована уже после окончания работы с тем, чтобы вновь полученные результаты тарировки после повреждения были приняты во внимание для вычислений по работе, проделанной с этим повреждением.

7. Тарировка вертушки. Независимо от того, требуется ли ремонт вертушки или нет, после определенного количества измерений вертушка должна быть перетарирована. Допускаемое количество расходов на вертушку от тарировки до тарировки зависит от условий работы (скорости, мутности) и от типа вертушки, и колеблется в пределах от 20 до 50 расходов.

8. Необходимость знания деталей конструкции. Само собою понятно, что лицо, работающее с вертушкой, должно хорошо знать и понимать устройство и взаимодействие всех частей ее.

ГЛАВА II

ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

§ 7. Общий состав подготовительных работ

1. Общий состав и порядок работ. Состав подготовительных работ по измерению расходов вертушкой складывается в общем случае из следующих работ:

- 1) Выбор места и участка для измерений.
- 2) Выбор направления створного сечения.
- 3) Проверка действия вертушки и принадлежностей.
- 4) Организация наблюдений за уровнями.
- 5) Промеры русла по створу.
- 6) Назначение числа скоростных вертикалей.
- 7) Обозначение скоростных вертикалей.

2. Случай стационарных измерений. В случае стационарных измерений, систематически приурочиваемых к одному и тому же заранее выбранному пункту реки (гидрометрическому створу),

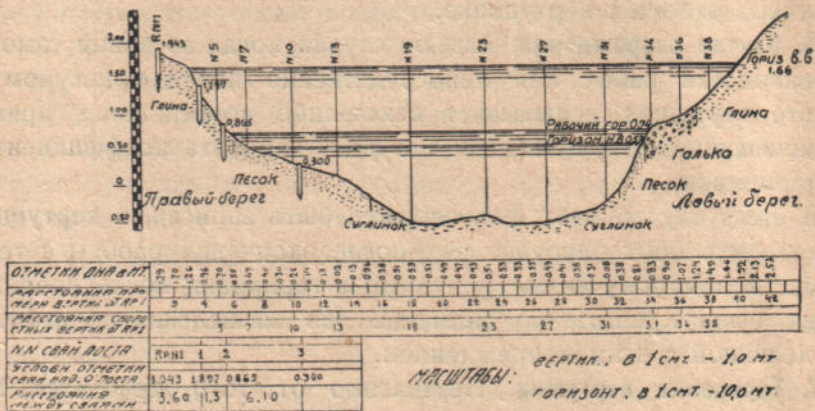


Рис. 45. Профиль створного сечения.

операции, указанные в предыдущем пункте под цифрами 1 и 2, выполняются один раз, в начале организации гидрометрического створа и в соответствии с указаниями ч. II, гл. IV, §§ 20, 21, 22, 23 и 24.

В этом случае, в особенности, если предварительно установлена неизменяемость русла на участке, работы 5, 6 и 7 предыдущего пункта также выполняются по однажды установленному шаблону. При этом руководствуются имеющимся чертежом створного сечения, описанным в § 30, п. 4, ч. II (см. рис. 45).

3. Случай временных измерений. В случае измерений временного характера, приурочиваемых к местам, где отсутствуют постоянные гидрометрические створы, выполнение вышеуказанных операций 1 и 2 (см. п. 1) производится непосредственно

перед измерениями расходов, в общем согласии с вышеуказанными правилами; само собою разумеется, что в этом случае условия выбора участка и способы его закрепления могут быть значительно облегчены по сравнению с изложенными в ч. II, гл. IV, §§ 20, 21, 22 и 23, и должны быть согласованы со специальной целью, объемом и предполагаемой продолжительностью намечаемых измерений.

4. Поверка действия приборов. Поверка действия приборов должна быть выполнена в связи с тем, что перевозки вертушки и принадлежностей к ней, особенно по грунтовым дорогам, могут иметь последствием ряд механических нарушений составных частей. Поверка производится в соответствии со сказанным в §§ 5 и 6 этой части. Удобнее всего поверку приборов выполнить до приступа к работам, например, накануне измерения расходов.

5. Организация наблюдений за уровнями. Приступая к измерениям, связанным с определением расхода, следует организовать возможно частые наблюдения за уровнями. Для этого может быть назначен специальный рабочий или десятник. Отсчеты высоты уровня в реке следует производить перед началом и в конце промеров, далее, перед приступом к измерениям скоростей и при переходе от одной скоростной вертикали к последующей. Момент перехода от одной вертикали к другой может быть сообщен наблюдателю за уровнями при помощи условленных сигналов. Если в гидрометрическом створе имеется водомерный пост, то наблюдения ведутся по установкам поста. В противном случае наблюдения выполняются по временному колу, забиваемому вблизи берега в створе, и связываемому нивелировкой с основным репером створа; одновременно необходимо организовать хотя бы более редкие (напр. через каждый час), но непрерывные наблюдения на ближайшем основном водомерном посту. По окончании работ записи береговых наблюдений за уровнями воды переносятся в бланк для измерения расходов. На небольших реках при низкой и средней воде отсчеты уровней следует делать с точностью до 0,5 см, в остальных случаях — в целых сантиметрах.

6. Промеры русла по створу. Промеры русла по створу производятся в согласии с указаниями ч. II, гл. V, §§ 25, 26, 27, 28

и 30. В результате промеров (независимо от имеющегося чертежа постоянного створа, в случае измерений на нем) должен быть составлен эскизно поперечный профиль реки по створному сечению (на клетчатке в карандаше); в случае измерений на постоянном створе новый чертеж сличают с имеющимся, обращая внимание на то, имеют ли место какие-либо изменения.

7. Одновременное выполнение промеров с измерением скоростей.

В случае неизменного дна и постоянного створа — выполнение промеров может быть соединено с измерениями скоростей. Точно также выполнение промеров может вестись одновременно с измерением скоростей при наличии сильных колебаний уровней.

§ 8. Назначение числа скоростных вертикалей

1. Общие соображения. Выбор числа и расположения вертикалей производится на основе составленного по промерам русла чертежа поперечного сечения реки по створу предположенных измерений (см. ч. II, § 30 и предыдущий параграф). Чем больше число скоростных вертикалей, тем с большей точностью может быть определен расход. По соображениям практического характера число вертикалей всегда следует выбирать такое, чтобы измерение расхода можно было бы закончить в один день; в противном случае следует применять несколько вертушек для одновременной работы на разных вертикалях.

Число скоростных вертикалей обычно, в зависимости от ширины реки, колеблется в пределах от 4—15.

2. Приблизительная расчетная таблица. Приблизительно можно принять следующие соотношения между шириной реки L (в метрах), наименьшим числом вертикалей N и средним расстоянием между вертикалями l :

L	N	l	L	N	l	L	N	l
До 2 м	4 — 6	0,20 — 0,50	30 — 40	8 — 12	3	120 — 150	8 — 12	12
2 — 5	4 — 6	0,25 — 0,50	40 — 50	8 — 12	4	150 — 200	10 — 15	15
5 — 10	4 — 8	0,50 — 1,00	50 — 60	8 — 12	5	200 — 250	10 — 15	20
10 — 15	8 — 12	1	60 — 80	8 — 12	6	250 — 300	10 — 15	25
15 — 20	8 — 12	1,50	80 — 100	8 — 12	8	300 — 350	10 — 15	30
20 — 30	8 — 12	2	100 — 120	8 — 12	10	350 — 400	10 — 15	35

3. Размещение вертикалей. Если русло реки имеет плавное и симметричное очертание, вертикали удобно размещать равномерно по сечению реки, т. е. через равные промежутки. В случае неправильности в профиле русла и неправильностей в распределении скоростей, вертикали следует располагать в точках перегибов очертаний дна, в соответствии с чертежом данных промеров русла.

Как общее правило, рекомендуется у берегов намечать вертикали чаще, передвигая первую и последнюю вертикали к урезу воды так близко, настолько это возможно для работы вертушки.

§ 9. Обозначение вертикалей

1. Нумерация вертикалей. Скоростные вертикали нумеруются начиная от № 1, считая №№ от начальной точки створного сечения (см. ч. II, гл. IV, § 22, п. 3), причем за № 1 принимается вертикаль, ближайшая к начальной точке при наивысшем уровне воды. Дополнительные вертикали, которые иногда могут быть назначаемы помимо установленных ранее основных, обозначаются номером ближайшей предшествующей основной вертикали с указанием расстояния до нее (напр. № 9 + 5 м). Другой возможный порядок обозначения вертикалей — цифрами, соответствующими расстоянию их от начальной точки промеров, напр., от планового репера № 1 или от створного кола № 1, на которых закрепляется нулевое деление промерного троса.

2. Способы обозначения вертикалей. Обозначение вертикалей в створном сечении осуществляется обычно тремя следующими путями:

- 1) при помощи мостика;
- 2) при помощи каната или троса;
- 3) при помощи косых створов.

3. Мостики. Мостики, перекидываемые поперек русла потока и служащие как для измерения горизонтальных расстояний до вертикалей, так и для установки гидрометрических приборов, удобно осуществлять лишь для каналов и небольших речек и рек. Их конструкция и способы устройства описаны подробнее в ч. II, гл. IV, § 23. Точки промеров глубин и измерения скоростей от-

мечаются на мостиках непосредственно по рулетке или мерной ленте.

4. Трос. На реках шириною до 200-300 м, редко до 600 м — в створе на период работ натягивается стальной трос, размеченный, как сказано было выше (см. ч. II, гл. V, § 27). На широких речках перетягивание бичевы или троса через реку осуществляется при помощи мускульной силы рабочих; в случае более значительных ширин следует применять лебедку или ворот, чтобы возможно уменьшить стрелу провеса. На широких реках приходится поддерживать канат или промежуточными лодками, устанавливаемыми в створе на якоре через 100—200 м, или поплавками-буйками (см. рис. 24); на реках неглубоких и с медленным течением — промежуточными точками опоры для троса могут служить рогатки из жердей, забиваемых накрест.

5. Случай судоходных рек. На реках судоходных следует иметь в виду необходимость устройства, позволяющего быстро открыть свободный ход судну; в этом случае удобно устанавливать для перетягивания троса столь высокие столбы, чтобы на момент прохода судна можно было бы поднимать трос выше верхней палубы судов (при помощи лебедок), или же приходится в соответствующие моменты временно затапливать трос в воду, на дно реки.

6. Поправки на провес троса. При большом провесе троса можно вводить поправки на этот провес.

При желании измерять расстояния с точностью до n ‰ допускаемая величина провеса h определяется из соотношения:

$$\frac{n}{100}L = \frac{8h^2}{3L},$$

откуда

$$h = 0,06L\sqrt{n} \quad \dots \dots (1)$$

где L — расстояние между точками подвеса; т. е. при желаемой точности в измерениях расстояний в 0,1‰ и при ширине реки в 100 м получаем допустимую величину провеса в 1,9 м.

7. Косые створы. Если применение троса невозможно, то определение положения вертикалей в створном сечении производится при помощи косых створов.

Удобны способы, изображенные на рис. 46 и 47; в первом случае перпендикулярно к направлению створного сечения разбиваются две параллельные линии и на них устанавливается ряд вех с цветными флажками, так чтобы вертикали находились на пересечении

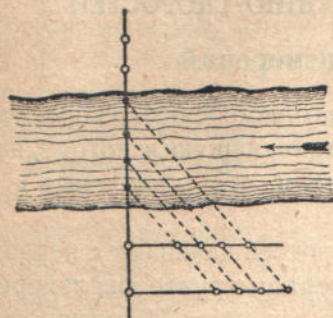


Рис. 46. Косые створы из двух вех.

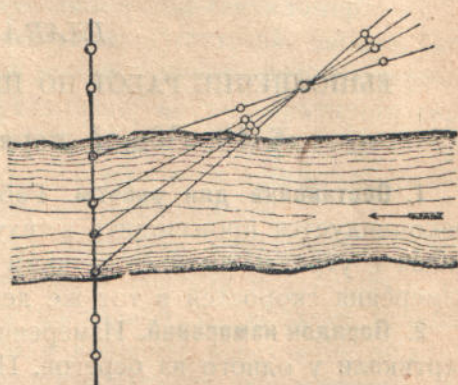


Рис. 47. Косые створы из трех вех.

створного сечения с направлением, проходящим через 2 соответствующие вехи, обозначенные флажками одного и того же цвета; во втором способе створ образуется тремя вехами, причем средняя веха является общей для всех створов.

Возможен также иной способ, показанный на рис. 48. Здесь параллельные линии разбиваются перпендикулярно к створному сечению на обоих берегах; этот способ менее удобен, чем предыдущие, так как для установки прибора на нужной вертикали необходима помощь наблюдателя с берега; этот способ, однако, имеет преимущества над предыдущими на очень широких реках, где установка по створным вехам одного берега — не так точна, как по этому способу; кроме того первые два способа для своего применения требуют наличия открытого и невысокого берега, что бывает не всегда.

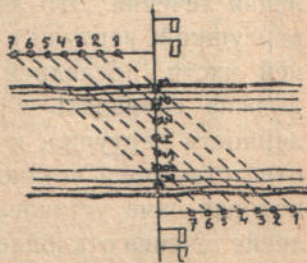


Рис. 48. Косые створы с двух берегов.

8. Промеры на скоростных вертикалях. В случае, если назначенные скоростные вертикали не совпадают с промерными вертикалями, производятся измерения глубин на них, согласно указаний ч. II, гл. V, §§ 25, 26 и 27.

ГЛАВА III

ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТ ПО ИЗМЕРЕНИЮ СКОРОСТЕЙ

§ 10. Общий порядок измерений

1. Обстановка для работы. Работу по измерению скоростей рекомендуется производить в тихую установившуюся погоду, начиная с утра, и вести ее с таким расчетом, чтобы окончить все измерения скоростей в тот же день.

2. Порядок измерений. Измерение скоростей начинают с первой вертикали у одного из берегов. При твердом грунте дна измерение можно начинать безразлично, сверху или снизу. На мягких же размываемых грунтах рекомендуется измерения производить снизу вверх, т. е. начинать измерения от дна.

Закончив измерения на одной вертикали переходят к следующей.

3. Установка вертушки. Вертушку следует устанавливать всегда перпендикулярно к направлению створа, независимо от направления течения. Это легко осуществлять при работе со штанговой вертушкой: вертушку прочно закрепляют на штанге, а на верхней части последней укрепляют указатель, плоскость коего должна совпадать с плоскостью вертушки; тогда перпендикулярность вертушки к направлению створа легко достигается соответствующей установкой указателя. При тросовой вертушке,¹ которая сама устанавливается по течению, в случае, если направление течения отклоняется от нормального к направлению створа, следует замечать (хотя бы приближенно) величину угла такого отклонения; затем в вычисленные средние скорости следует вводить поправочный коэффициент, равный косинусу угла отклонения.

¹ Имеется в виду вертушка с горизонтальной осью вращения крыльев; вертушки с вертикальной осью вращения (Прайса) всегда показывают максимальную скорость в точке, независимо от их положения в горизонтальной плоскости.

4. Наблюдения за работой вертушки. Установив вертушку на требуемую глубину, всегда нужно пропустить 1-2 звонка для того, чтобы лопасти вертушки приобрели бы скорости, соответствующие скоростям течения. Удостоверившись, что вертушка начала работать равномерно, пускают в ход секундомер.

5. Неправильности в работе вертушки. Отсутствие звонка, беспрерывный звонок, прерывистый звонок, слишком неравномерные интервалы между звонками — указывают на неисправность вертушки или соединений проводки, на засорение вертушки (напр. плывущей травой) и др.; в таких случаях необходимо прервать наблюдения и устранить причину неправильностей.

6. Особые случаи. Если крылья вертушки вследствие тихого течения не вращаются на выбранной вертикали у берегов, то следует передвинуть вертушку настолько к середине створа, чтобы крылья начали вращаться, и измерить расстояние до этой новой вертикали (отметив ее особо в записях результатов).

В случае обнаружения отрицательных скоростей (обратных течений) следует: а) определить и записать расстояние до такой точки, б) измерить отрицательные скорости, установив соответствующим образом вертушку и отметив полученные скорости знаком минус.

7. Измерение уклона реки. Можно рекомендовать перед измерением скоростей измерять уклон реки у гидрометрического створа. Для этого нивелируются уровни воды у двух точек, взятых выше и ниже створа, на таком расстоянии L одна от другой, чтобы падение (т. е. разница отметок) воды между указанными точками (h) в несколько раз было бы больше возможной ошибки нивелировки; практически, величина h должна быть не менее 4—5 см.

В случаях больших рек нивелировку следует производить у обоих берегов реки, располагая точки обоих берегов на створах, перпендикулярных к течению, и для вычисления уклона брать средние из каждой пары отметок урезов у обоих берегов. В случае наличия у створа уклонной пары постов (см. ч. II, гл. III, § 16) уклон определяется по разности одновременных отсчетов (производимых с точностью до 0,002 м) на рейках этих постов.

§ 11. Число точек измерений на вертикалях

1. Общие замечания. На каждой вертикали измеряются скорости в таком числе точек, чтобы можно было бы получить более или менее правильное значение скорости,— средней для всей вертикали.

В этом отношении существует ряд приемов, которые также имеют в виду возможность некоторого уменьшения точности результатов за счет сокращения времени измерения. Можно различать такие методы: 1) основной, 2) приближенный двухточечный, 3) приближенный одноточечный. Особо стоит прием измерений подо льдом.

2. Основной метод. При основном методе скорости измеряются на каждой вертикали в пяти точках:

- 1) на глубине $1\frac{1}{2}$ радиуса крыльев вертушки: $V_{\text{пов}}$;
- 2) „ 0,2 глубины от поверхности: $V_{0,2H}$
- 3) „ 0,6 „ „ „ $V_{0,6H}$
- 4) „ 0,8 „ „ „ $V_{0,8H}$
- 5) у дна реки — $V_{\text{дон}}$.

Средняя скорость на вертикали при этом определяется по следующей формуле (Котеса):

$$V_{\text{ср}} = 0,066 (V_{\text{пов}} + V_{\text{дон}}) + 0,260 (V_{0,2H} + V_{0,8H}) + 0,174 (V_{0,4H} + V_{0,6H}) \dots \dots \dots (2)$$

Величина $V_{0,4H}$ может быть определена в таком случае графической или аналитической интерполяцией между $V_{0,6H}$ и $V_{0,8H}$.

Иначе, можно измерять скорости на точках: 0,08H; 0,31H; 0,50H; 0,69H; 0,92H. Скорость тогда определяется по формуле Чебышева:

$$V_{\text{ср}} = \frac{V_{0,08H} + V_{0,31H} + V_{0,50H} + V_{0,69H} + V_{0,92H}}{5} \dots \dots (3)$$

3. Приближенный двухточечный способ. При приближенном двухточечном способе скорости определяются в двух точках: на 0,8H и 0,2H; тогда:

$$V_{\text{ср}} = \frac{V_{0,8H} + V_{0,2H}}{2} \dots \dots \dots (4)$$

4. Приближенный трехточечный способ. Можно также пользоваться зависимостью:

$$V_{\text{ср}} = \frac{V_{0,8H} + 2V_{0,6H} + V_{0,2H}}{4} \dots \dots \dots (5)$$

Однако более простая зависимость (4) в ряде случаев может давать лучшие результаты.

5. Приближенный одноточечный способ. Приближенно можно принять:

$$V_{\text{ср}} = V_{0,6H} \dots \dots \dots (6)$$

т. е. измерять скорость только в одной точке — на $0,6H$ от поверхности. При невозможности измерять скорости на глубине (напр. вследствие малой глубины), возможно измерять скорость у поверхности.

Тогда

$$V_{\text{ср}} = 0,85 V_{\text{пов}} \dots \dots \dots (7)$$

6. Применение основного и приближенных способов. Вообще говоря, следует применять, если это возможно по условиям обстановки, основной метод.

Когда нет возможности закончить измерение расхода в один день или есть основание опасаться значительного изменения уровней воды, допускается поступать так:

1) измерение по пяти точкам производить через вертикаль, а на остальных точках измерять скорости на $0,8H$ и $0,2H$;

2) в крайнем случае — работать методом двух точек через вертикаль и на промежуточных — измерять скорость только в одной точке на $0,6H$ от поверхности; при этом следует иметь в виду необходимость последующей проверки, насколько скорость на $0,6H$ на взятых вертикалях отличается от средней скорости, определенной по двум точкам.

Во всех случаях отступлений от основного и двухточечного метода необходимо указать причины таковых (в примечаниях к записям).

7. Измерения подо льдом. При измерениях подо льдом скорости измеряются или по основному методу, причем тогда средняя скорость на вертикали определяется графо-аналити-

ческим способом (см. дальше § 18), а не по вышеприведенным формулам или двухточечным способом. В последнем случае скорости измеряются на $0,2H$ и $0,8H$ и

$$V_{\text{ср}} = \frac{V_{0,8H} + V_{0,2H}}{2}.$$

В крайнем случае допускается по указанному способу определять скорости через вертикаль, а на промежуточных вертикалях измерения производить на $0,4H$, т. е. принимать приближенно:

$$V_{\text{ср}} = V_{0,4H} \dots \dots \dots (8)$$

§ 12. Продолжительность наблюдений в точках

1. Общие замечания. Так как скорости в любой точке потока пульсируют, т. е. постоянно изменяются, колеблясь около какой-то средней величины, то правильные результаты можно получить только при достаточной продолжительности измерений.

2. Минимальная продолжительность наблюдений. В каждой точке измерение скоростей следует производить на протяжении не менее, чем 2-3 минуты.

3. Общее правило продолжительности наблюдений. Удобно пользоваться следующим общим правилом относительно достаточной продолжительности наблюдений в одной точке.

Измерения скорости разбиваются на интервалы с равным числом оборотов крыльев вертушки; продолжительность каждого интервала должна быть не меньше 30 секунд, а число интервалов — не меньше четырех.

Получив по секундомеру цифры, соответствующие концу первой половины наблюдений (два первых интервала) и концу второй половины наблюдений (два последних интервала), находят разность этих отсчетов секундомера; если эта разность не превышает 5% от первой из цифр, то наблюдение можно закончить; в противном случае, наблюдают скорости на протяжении еще двух интервалов, делят весь цикл наблюдений опять на две новых половины (по 3 интервала в каждой), берут показания секундомера в конце каждой половины (т. е. в конце 3-го и 6-го интервалов, считая от начала) и сравнивают их по предыдущему.

Наблюдения таким образом прекращают только тогда, когда расходимость между показаниями секундомера в конце первой и второй половин измерений не делается меньше 5% от первой из указанных цифр.

Примеры: 1. Звонок через 25 оборотов; при измерении скорости в некоторой точке взяты интервалы по 100 оборотов в каждом (т. е. четыре звонка) и записаны следующие последовательные отсчеты по секундомеру: 1) 37,4; 2) 75,0; 3) 111,6; 4) 147,8.

Вычитая из 147,8 цифру 75,0, получим: $147,8 - 75,0 = 72,8$. Разница этой цифры с отсчетом по секундомеру в конце первой половины наблюдений будет $75,0 - 72,8 = 2,2$. Эта разница составит $\frac{2,2}{75} \cdot 100 = 3\%$ от продолжительности первой половины наблюдений, — значит, наблюдения можно закончить.

2. Число оборотов в интервале взято в 75 (три звонка). Получены для четырех интервалов следующие отсчеты по секундомеру: 41,0; 82,8; 129,4; 174,0.

Подсчеты, по предыдущему, идут так:

$$\begin{aligned} 174,0 - 82,8 &= 91,2; \\ 91,2 - 82,8 &= 8,4; \\ \frac{8,4}{82,8} \cdot 100 &= 10,2\%; \end{aligned}$$

значит, наблюдения должны быть продолжены еще на два интервала. Пусть получим еще такие отсчеты по секундомеру: 216,4 и 259,7.

Тогда подсчет ведется так:

$$\begin{aligned} 259,7 - 129,4 &= 130,3; \\ 130,3 - 129,4 &= 0,9; \\ \frac{0,9}{124,9} \cdot 100 &= 0,7\%, \end{aligned}$$

т. е. наблюдения можно прекратить.

4. Средние цифры продолжительности наблюдений. В среднем, при не очень быстром течении, можно указать следующие ориентировочные цифры продолжительности наблюдений в каждой точке:

На глубине $0,2H$ и на поверхности — не менее 2 минут;

„ „ $0,6H$ не менее 3 минут;

„ „ $0,8H$ „ 4 „

у дна реки „ 5 „

5. Отсчеты по секундомеру. Отсчеты по секундомеру для всех интервалов, кроме последнего, делаются на глаз, без остановки секундомера (если нет специального секундомера с двумя

стрелками). По окончании всех отсчетов секундомер останавливается и делается отсчет с точностью до 0,2 секунды. Отсчеты удобно производить по моменту конца звонка, пользуясь началом звонка как сигналом к нужному для отсчета вниманию. Можно также отсчеты приурочивать к началу звонка, но в течение всей работы обязательно придерживаться только какого-либо одного способа.

§ 13. Порядок записей

1. Общие замечания. Записи, связанные с измерением расхода, должны заноситься на заранее заготовленные бланки (или книжки).

Таковые обычно имеются в печатном виде,¹ причем формы их могут отличаться деталями расположения материала, но обычно совпадают по содержанию (см. приложение 3).

2. Предварительные записи. Перед приступом к измерению расхода в бланк (или книжку) должны быть занесены сведения такого рода:

I. Сведения общего характера, содержащие: 1) точные указания о дате измерения; 2) данные о месте измерения и местоположении ближайшего водомерного поста; 3) характеристику условий измерения — состояние погоды, ветер, его направление и сила; состояние русла реки, наличие водоворотов, засоренность воды (мутность, наличие посторонних плавущих тел); 3) название (номер, фирма) и конструкция вертушки (штанговая, на тросе), тип, радиус крыльев, число оборотов в интервале между двумя контактами.

II. Уровень воды, при котором начаты измерения (результаты измерений уровней, производимых во время измерения глубин и скоростей — заносятся в бланк во все время работ—см. § 7, п. 5).

3. Записи при измерении глубин. Далее, в бланк (или книжку) заносятся:

1) расстояние вертикалей (промерных и скоростных) от постоянной точки (на магистрали) или уреза;

¹ Изготавливаются они в учреждениях, ведающих организацией и производством гидрометрических работ.

2) глубины вертикалей, полученные непосредственным чтением по штанге, или же по тросу; в последнем случае при наличии угона троса (см. ч. II, § 25, п. 5) должны вводиться соответствующие поправки. При употреблении для измерения глубин лебедки со счетчиком, надо отметить показания счетчика глубин: а) при положении оси вертушки на поверхности; и б) при положении низа поддона на дне; разность этих отсчетов, сложенная с расстоянием от низа поддона или подвесного груза до оси вертушки, и даст глубину вертикали.

4. Записи подготовительные к измерению скоростей. Далее, после производства промеров и выбора скоростных вертикалей, в бланк (или книжку) заносят вычисленные для измерения скоростей глубины погружения оси вертушки, напр. на 0,2, 0,6 и 0,8 глубины вертикали. Последние вычисления выполняют обычно при помощи заранее составленных таблиц (см. приложение 4). При применении счетчика глубин, к вычисленным значениям $0,2H$; $0,6H$ и $0,8H$ прибавляются показания счетчика при положении оси вертушки на поверхности.

5. Записи при измерениях скоростей. При измерении скоростей записывают:

- 1) число оборотов крыльев вертушки,
- 2) показания секундомера.

Эти записи удобно вести согласно следующих двух примеров:

Пример 1

Глубина точек		Число оборотов лопастей	Продолжительность наблюдения
отсчит.	абсол.		
у дна	1,12	50	34"
		100	1'10"
		150	1'47"
		200	2'22,2"
0,8H	0,96	75	38"
		150	1'16"
		225	1'55"
		300	2'35,4"

Пример 2

№ № скоростных вертикалей	Расст. между вертикалями	Глубина вер- тикалей в м.	4	Состав дна	Глубина точек наблю- дений от поверхности		Принятое число оборо- тов за прием	Продолжительность наблюдений за прием			
					отн.	абс.		I	II	III	IV
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	2	1,20			У дна 0,8Н 0,6Н 0,2Н у пов.	1,12 0,96 0,72 0,24 0,10	50 75 125 — —	34" 38" 40" — —	1'10" 1'16" 1'19" — —	1'47" 1'55" 1'59" — —	2'22,2" 2'35,4" 2'38,2" — —

Продолж. примера 2

13	14	Общ. про- должит. набл. в сек.	Число обо- ротов за весь период наблюдений	Число оборот. лопаст. в 1 сек.	Скорость течения в м/с.	Средняя скорость на верти- кали V в м/сек.	$V \times h = \omega$
13	14	15	16	17	18	19	20
		112,2	200				
		155,4	300				
		158,2	500				

§ 14. Особые случаи измерений

1. Общие замечания. К особым случаям измерений расходов следует отнести:

- 1) измерения в зимнее время — при ледяном покрове и во время ледохода;
- 2) измерения весенних расходов;
- 3) измерения на больших судоходных реках.

Во всех этих случаях необходимо применение особых мер, вызываемых свойственными этим случаям условиями.

2. Особое оборудование для зимних измерений подо льдом. Для зимних измерений расходов необходимо иметь:

- 1) легкий лом (или пешню) и лопату — для проделывания во льду лунок;
- 2) ледемерную рейку для измерения толщины льда (см. ч. II, гл. III, § 15, п. 6);
- 3) шест для определения наличия шуги;
- 4) желательна особая будка-теплушка (см. часть II, гл. IV, § 23, п. 7).

3. Подготовка места для постоянных измерений. Место для производства постоянных зимних измерений может быть подготовлено двояким образом:

1) главный рабочий профиль на всем своем протяжении очищается от снега полосой шириной около 3 м, по 1,5 м от профиля в обе стороны;

2) по всей длине главного рабочего профиля снеговой покров тщательно сохраняется, и рабочие лунки закрывают особыми щитами, регулируя толщину закрытия так, чтобы лед у лунок имел ту же толщину, что и в естественных условиях.

Оба эти приема имеют в виду устранить уже отмеченное раньше (см. ч. II, гл. III, § 15, п. 6) явление более сильного нарастания льда в местах, очищенных от снега; при первом приеме вдоль всего рабочего профиля образуется ровный ледяной гребень, но иногда постоянные лунки размываются и образуют воронкообразные впадины; время от времени следует делать контрольные лунки на новых местах главного рабочего профиля.

4. Измерения толщины льда. Перед производством измерений (наблюдений) в пробитых (по намеченным местам промерных вертикалей) лунках определяется толщина и характер льда согласно сказанного (ч. II, гл. III, § 15), с соответственными записями на особых бланках. Необходимо измерение толщины льда делать не только на рабочем профиле, но и выше и ниже его, в расстояниях от 3 м до 20 м, в новых для каждого измерения дополнительных лунках, числом не менее числа вертикалей на главном рабочем профиле; такие лунки делаются по профилям, параллельным рабочему профилю.

5. Выяснение наличия шуги. Одна из целей дополнительных лунок, — кроме определения средней толщины льда, — выяснение наличия в створе или около створа донного и игольчатого

льда (шуги). Можно рекомендовать, сообразуясь с американской практикой, начинать работу по измерению зимнего расхода с выяснения этого важного обстоятельства и в случае наличия в сечении шуги больше чем в 20% всего живого сечения, — вовсе отказываться от измерений в данном месте, если только есть возможность подыскать другое место, свободное от донного и игольчатого льда, ибо наличие этого последнего затрудняет иной раз даже приближенное вычисление расхода, не говоря уже о неудобствах самого производства измерений. Определение шуги удобно делать при помощи шеста с уголковой планкой на конце, которой можно определять границу между чистой водой и взвешенным в воде пловучим льдом, захватывая этот последний снизу.

6. Пробивка лунок. Самые лунки рекомендуется делать как можно меньше, так, чтобы в них только лишь вошла вертушка; от лунки нужно делать узкую щель вверх по течению, в которую и вводится вертушка для измерений, дабы приблизить ее к условиям, свойственным нетронутому ледяному покрову; щели эти должны быть на месте намеченных вертикалей, положение коих легко определять при помощи размеченного троса или рулетки. При выдалбливании лунки первые слои льда можно снимать топором, пешней или легким ломом, быстро и без особых предосторожностей; остающийся же тонкий слой непосредственно над водою нужно снимать очень осторожно и равномерно по всей площади, дабы внезапно подымающаяся из прорубленного отверстия вода не затруднила окончательную отделку лунки.

7. Определение глубины вертикали. При определении глубины вертикали, из измеренной глубины воды вычитается толщина льда под поверхностью воды в лунке; иначе говоря, глубина вертикали считается от нижней поверхности льда и до верхней поверхности донного льда, если таковой имеется.

8. Обращение с вертушкой. При отсутствии будки-теплушки, во избежание замерзания воды на вертушке, рекомендуется при работе по окончании измерений на одной вертикали — вынимать вертушку из воды только тогда, когда все будет готово к измерениям в следующей лунке, т. е. не держать вертушку на

Измерение расхода вертушкой

У. С. С. Р.
 НАУЧНО-ИССЛЕД. ИН-ТУТ
 ВОДНОГО ХОЗ-ВА УКРАИНЫ

Расход №

(в скобках указать порядковый номер определения расхода у данного пункта)

I. ИЗМЕРЕНИЯ ГЛУБИН

193 года месяца дня

Река Бассейн реки

Рабочий створ № у

Ближайший водомерный пост. №
 Месторасположение поста
 Отметка нуля наблюдений поста
 Отметка нуля графика поста
 Начало измерений конец измерений

Отметка гориз. на створе $H_2 =$

Отметка урвня воды { при начале измерения глубин
 в конце
 при начале измер. скоростей
 в конце

на створе	на ближ. водпосту
.....
.....

Отметка гориз., к которой относится расх. $H =$
 (над нулем наблюдений, поближе водпосту)

$Q =$ куб. метр. в секунду.

Площ. жив. сеч. $F =$ кв. м.

Средн. скор. $V_{ср} = \frac{Q}{F} =$ м/сек. Наиб. пов. скор. $V_{max} =$ м/сек.

Отношение $\frac{V_{ср}}{V_{max}} =$

Поверхн. уклон воды $i = \frac{H_1 - H_2}{L} =$

Ширина реки $B =$ м.

Отм. средн. дна $H_0 = H_1 - T_{ср} =$

Расстоян. верт. № от пост. точки (Рр № I) м.

Смоченный периметр $P =$ м.

Гидравлич. радиус $R = \frac{F}{P} =$ м.

Средн. глубина $T_{ср} = \frac{F}{B} =$ м. Наиб. глуб. $T_{max} =$ м.

Коэф. шерох. по Базену: $\gamma = \left(\frac{87 \cdot \sqrt{Ri}}{V_{ср}} - 1 \right) \sqrt{R} =$

Инструмент фирмы типа № лопасть №

Опускался со штанги, с троса

Последняя тарировка произведена в гор. от числа м-ца 19 г., за №

Уравнение тарир. кривой

Промеры выполнялись помощью
 Число вертикалей { промерных Общее число точек

Средняя скорость на вертикали подсчитывалась:
 на №№ по формуле $V_{ср} = V_{0,6H}$

на №№ по формуле $V_{ср} = \frac{V_{0,2H} + V_{0,8H}}{2}$

на №№ по формуле

Расход обработан способом

Уклон определен по расстоянию $L =$ при $H_1 =$ $H_2 =$

Температура воды: °C, температура воздуха °C

Состояние погоды: ясно, пасмурно, туман, дождь, снег.

Направление ветра: с лев. берега; с прав. берега; вниз, вверх по течению.

Сила ветра: нет, слабый, сильный, очень сильный.

Степень мутности воды: чистая, слабая, сред., сильная, очень сильная.

Мусор плавает: у берегов, по стрежню, нет, мало, много.

Условные обозначения в записях графы о характере дна (гр. 3):

Состав дна: камень — К, песок — П, глина — Г, ил — И; твердость дна: твердое — Т, мягкое — МК, наличие водной растительности — Р.

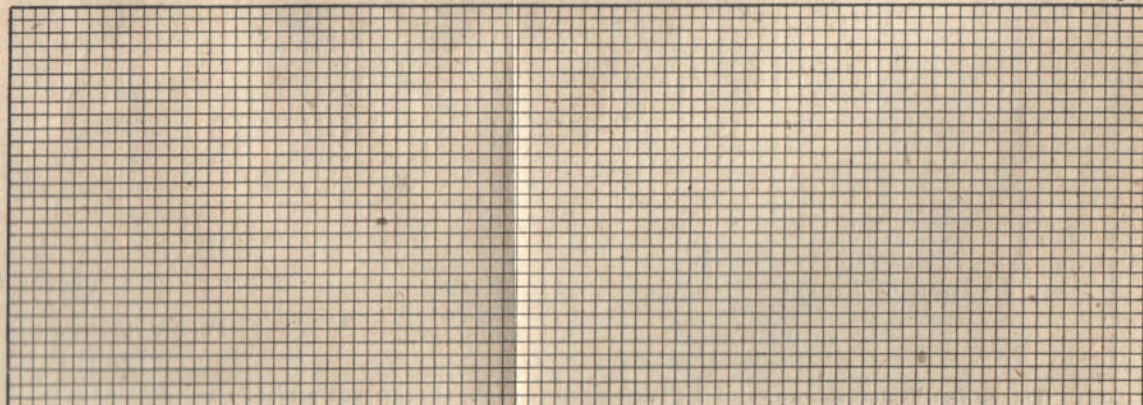
№№ вертикалей или расстояния их от пост. точки Рр. №	Расстоян. от предыдущ. вертикали в м.	Глубины вертикалей h в м				Толщина погруж. в воду поверхн. льда	Полная толщина льда E	Разность глубин (абс.) на данной и предыд. вертикалях	Длина гипотенузы	Полусумма расстояний от смежных вертикалей (из гр. 2)	Частные площади живого сечения (произвед. гр. 11 на гр. 5)
		Промеры		Средняя глубина h	Средн. глубина без толщ. льда h						
		I	II								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Урез			берега								

Примечания: Для случаев замены измерений приложите записи измерений толщины и наличия льда (на особом бланке). Для случаев измерений на неподвижном створе — приложить схему участка.

нужное — подчеркнуть

$B =$ м² $E_{ср} =$ м $P =$ м $F =$ м²

СХЕМА живого сечения и расположения вертикалей.
 Масштабы: вертикаль: в 1 см м
 горизонт: в 1 см м



ГЛУБИНЫ
 №№ ВЕРТИКАЛЕЙ

II. СКОРОСТИ И РАСХОДЫ.

1	2		3	4	5	6	7						13	14	15	16	17	18	19
	Глубины на вертикалях						Продолжительность наблюдений в секундах за прием												
Номера скоростных вертикалей	Глубина точек измерений скоростей на вертикалях, считая от поверхности, в м		Уровень на створе при начале измер. скоростей на кажд. вертикали	Принятое число оборотов лопастей вертушки за прием	I	II	III	IV	V	VI	Общее число оборотов за весь период наблюд.	Число оборотов лопастей в 1 секунду	Скорость течения в метр. в 1 сек.	Средн. скорость на вертикали $U_{ср.}$ в метр./сек.	Площадь скорости $U_{ср.} \times h = \omega$.	Расстояние между смежными скоростными вертикалями	Полусуммы расстояний гр. 18		
Уреза берега																			

Расход измерял и вычислял.....

(подпись)

дня 193.....г.

Расход $Q =$ $м^3/сек.$

Расход проверил.....

(подпись)

Приложить: Чертеж живого сечения с эпюрами скоростей и элементарных расходов.

воздухе; намерзший на вертушке лед не следует удалять сколкой при помощи какого-либо острого инструмента, во избежание повреждения; оттаивания вертушки ото льда можно достигнуть опусканием ее в воду реки или внесением в теплое помещение.

9. Особенности измерения скоростей подо льдом. Измерения скоростей подо льдом производятся применительно к сказанному в § 11, п. 7 и в § 12.

10. Особенности записей при зимних измерениях подо льдом. При зимних измерениях, кроме обычных записей на бланке измерений расходов, к последнему должны быть приложены на особом бланке (см. стр. 58) записи данных по промерам толщины поверхностного и наличия подводного льда, с указанием их характера, уровня стояния воды в лунках и др. обычных для таких измерений данных (см. ч. II, гл. III, § 15).

11. Особенности измерений при ледоходе. При ледоходе измерение расходов при помощи вертушки зачастую осуществить невозможно как вследствие опасности для самого прибора, так и вследствие затруднительности установки вертушки.

Можно указать два главных приема для определения расхода при ледоходе. Первый заключается в измерении поверхностных скоростей течения по наблюдениям над движением льдин; второй способ может быть основан на измерении поверхностных уклонов реки; можно рекомендовать параллельное применение обоих способов.

Для измерения скоростей движения льдин выбирается правильный и прямолинейный участок реки, на котором разбиваются наблюдательные створы, применительно к сказанному выше, в части III, § 4 — о поплавочных измерениях.

Наблюдения организуются и выполняются применительно к части III, § 5, п. 4; при этом для каждого измерения из всех плывущих льдин техник у угломерного инструмента выбирает какую-нибудь приметную, небольшую, отдельно плывущую льдину и указывает на нее своему помощнику и наблюдателю-сигнаlistsу. Льдины удобнее всего выбирать, следуя от одного берега к другому.

В крайнем случае можно применять *упрощенный прием*: изме-

рять только поверхностную максимальную скорость по льдинам, движущимся в зоне наибольших скоростей, без засечек теодолитом.

В обоих случаях переход от поверхностных скоростей к средним в сечении делается так же, как и для поплавочных измерений. Записи наблюдений ведутся на бланках для поплавочных измерений (см. ч. II).

Способ учета расходов при ледоходе по поверхностным уклонам применяется аналогично сказанному далее, в п. 11 настоящего параграфа.

12. Особенности измерения весенних расходов. Измерение весенних расходов может отличаться от обычных условий следующим: вследствие весьма быстрого течения и большой загрязненности воды, несущей с затопленной поймы нередко значительное количество всяких инородных тел, — а на малых реках иногда и лед, — ни измерения живого сечения, ни определения скоростей в отдельных точках вертикалей — невозможны. Поэтому, для таких условий рекомендуется делать промеры живого сечения и нивелировку подлежащей затоплению поймы заранее, например, при наличии ледяного покрова; иногда промеры выбранного живого сечения производятся после спада высоких вод, а во время самого половодья ограничиваются измерением одних скоростей. Лучше однако делать промеры и до и после прохода высоких вод, вследствие нередких размывов в пойме. Скорости в указанных трудных условиях определяются или при помощи пловучих вертушек, или поплавками, или путем наблюдений за плывущими льдинами и другими предметами. В крайнем случае, при неприменимости указанных выше способов, — определение скоростей заменяется определением уклонов, для чего производится нивелировка заранее установленных реек или одновременно забитых заподлицо с поверхностью воды урезных кольев на некотором участке реки такой длины, чтобы разница в отметках конечных точек была бы в несколько раз больше допустимой ошибки нивелировки; скорости в этом случае определяются по эмпирическим формулам гидравлики. Если есть основание предполагать, что на участке измерений имеется поперечный уклон, то нивелировка должна быть про-

изведена с обоих берегов; расчетные отметки в этом случае берутся как средние из отметок обоих берегов. Нивелировка должна быть применена возможно точная (визирование из середины; применение башмаков, установка реек по уровню).

При определении весенних расходов реки, выступившей из берегов и затопившей пойму, следует иметь в виду необходимость выбора такого места для измерений расходов, где бы проходил весь весенний расход в одном или нескольких рукавах (при пересеченной местности), и где бы исключалась возможность обхода этого места частью воды через какие-либо, возможно даже что удаленные, весенние рукава и протоки.

13. Особенности измерений на больших судоходных реках. На очень больших судоходных реках при организации измерений прежде всего следует учесть необходимость пропуска через створ судов и пароходов; это нужно иметь в виду при выборе способа обозначения вертикалей и закрепления понтона, чтобы не приходилось во время работы убирать канаты и якоря и т. п.

На таких больших реках также не всегда является возможным закончить работу в один день; учитывая это, рекомендуется определять зависимость средней скорости от высоты уровня на каждой вертикали как при повышении уровня, так и при понижении — путем многократных измерений в натуре. По оси абсцисс откладывают показания рейки, а по оси ординат — средние скорости; имея также кривые для каждой вертикали, легко определить скорости и расход при любом уровне, независимо от того, когда производились измерения на каждой из этих вертикалей.

ГЛАВА IV

ОБРАБОТКА ВЕРТУШЕЧНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

§ 15. Общий порядок обработки

1. Общие замечания. Вычисление элементов расхода должно быть сделано, по возможности, немедленно после производства работ, чтобы в случае каких-либо неувязок можно было бы разрешить последние непосредственными дополнительными наблюдениями. Все элементы вычислений должны быть сделаны

дважды во избежание арифметических просчетов и ошибок; рекомендуется вторичное вычисление поручать иному лицу для большей надежности их, или же производить иным способом, чем первое.

2. Приемы обработок вообще. Существуют различные приемы по обработке данных измерений. Наиболее простым из них является приближенный аналитический способ, в большинстве случаев дающий достаточно точные результаты. Далее применяется способ графо-аналитический и, наконец, способ Гарляхера.

Последние способы следует применять для обработок измерений, произведенных для более или менее значительных рек и в особенности, когда измерения скоростей делались не менее, чем в пяти точках вертикалей и когда расстояния между скоростными вертикалями могут быть довольно значительными.

3. Порядок обработок. Во всех случаях обработка измерений расхода начинается с вычисления измеренных скоростей в отдельных точках вертикалей. Затем вычисляются средние скорости на вертикалях, после чего переходят к вычислению расхода непосредственно. Получив значение расхода, определяют то значение уровня, к которому следует отнести данный измеренный расход. Далее необходимо вычислить ряд величин, характеризующих как отдельные элементы расхода, так и условия его прохождения. Такими величинами являются:

1) площадь живого сечения F ; 2) величина средней скорости в сечении V ; 3) средняя глубина живого сечения $h_{\text{ср}}$; 4) смоченный периметр P и гидравлический радиус R ; 5) коэффициент шероховатости γ .

4. Точность отдельных вычислений. Точность измерений отдельных элементов расходов не превосходит обычно 2—3%. Поэтому нецелесообразно усложнять подсчеты и результаты таковых введением в расчет таких знаков в цифрах, которые не соответствуют точности измерений. *Скорости в отдельных точках и на вертикалях* следует вычислять с точностью до 0,001 м/сек. при возможных расходах, величиною меньше 1 м³/сек. и с точностью до 0,01 м/сек. — в остальных случаях.

Точность вычисления расходов должна соответствовать следующему:

при расходах меньше	1 м ³ /сек.	— до	0,001	(три знака после запятой)
„	„ от 1 до 10	„ — „	0,01	(два знака)
„	„ „ 10 „ 100	„ — „	0,1	(один знак)
„	„ „ свыше 100	„ — „	1	(без знака)

Точность вычисления площадей должна соответствовать следующему:

при площади живого сечения меньше	1 м ²	— до	0,001 м ²
„	„ от 1 до 10	„ — „	0,01 „
„	„ „ 10 „ 100	„ . . . „	0,1 „
„	„ „ свыше 100	„ . . . „	1 „

Средние скорости течения вычисляются с такой же точностью, как и скорости в отдельных точках.

§ 16. Вычисление скоростей

1. Вычисления скоростей в точках. Скорости в отдельных точках вычисляются так: по записям измерений (см. § 13, п. 5, пример 2, графы 9*—14) находят число оборотов лопастей вертушки, приходящееся на 1 сек.:

$$n = \frac{N}{t} \dots \dots \dots (9)$$

где N — число оборотов лопастей вертушки, приходящееся на весь период наблюдений (см. выше, гр. 16), а t — число секунд во всем периоде наблюдений (см. выше, гр. 15).

Так, например, для первой строки примера 2-го в § 13 п. 5 будем иметь:

$$n = \frac{200}{142,2} = 1,41;$$

Зная n , соответствующую скорость берут с кривой тарировки или из таблицы тарировки.

Удобнее пользоваться заранее составленной таблицей тарировки, которая имеет следующий вид:

Скорости в м/сек.

Число оборот. в 1 сек. (n)	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0	0,068	0,080	0,095	0,113	0,133	0,154	0,174	0,196	0,219	0,242
1	0,264	0,286	0,310	0,334	0,357	0,380	0,403	0,427	0,451	0,475
2										
3										

По этой таблице, например, для $n = 1,41$ получаем скорость: $V = 0,359$ м/сек., именно, для $n_1 = 1,40$ имеем $V_1 = 0,357$, да еще для $n_2 = 0,01$ находим: $V_2 = \frac{0,380 - 0,357}{10} = 0,002$, т. е. общий результат: $V = V_1 + V_2 = 0,357 + 0,002 = 0,359$ м/сек.

В соответствии со сказанным в § 15, п. 4, для более или менее значительных рек можно взять прямо при $n = 1,41$: $V = 0,36$.

Пользование таблицей тарировки не только облегчает подсчеты, но и устраняет тот индивидуальный произвол (в некоторых малых пределах), который имеет место при отсчетах по графическому построению кривой тарировки. Таблицу тарировки рекомендуется составлять или по уравнению тарировки (см. § 2, п. 2), или по графику кривой тарировки, построенному в большом масштабе.

2. Вычисление средних скоростей на вертикалях — аналитическое.

В зависимости от числа точек, в которых измерялись скорости на вертикали, — средняя скорость на вертикали проще всего вычисляется по одной из формул, приведенных выше, в § 11, п. 2 — 7, стр. 144 — 145.

3. Графо-аналитические способы вычисления средней скорости на вертикали.

При измерениях скоростей более, чем в пяти точках вертикали, удобно пользоваться графо-аналитическим способом вычисления средней скорости на вертикали.

Тут можно идти следующими путями (см. рис. 49).

1) Путем планиметрирования определить площадь, образованную кривою („графиком“) скоростей, вертикальной осью, линией дна и линией поверхности воды; средняя скорость на вертикали тогда определится как частное от деления этой площади на глубину (высоту вертикали).

2) Разделить площадь, образуемую графиком скоростей с

вертикальную осью и граничными верхней и нижней линиями — на равные по высоте площадки, например, 10; средняя скорость определится, как среднее арифметическое из средних абсцисс указанных выше площадок.

3) Разделить ту же площадь, начиная от линии поверхности воды, на ряд равных по высоте площадок, не заботясь о том, чтобы и последняя (нижняя) площадка имела высоту, равную выбранной для вышележащих; средняя скорость тогда определится, как среднее арифметическое из средних абсцисс всех площадок, если и последняя площадка будет иметь высоту, равную высотам остальных; в противном случае, среднюю абсциссу (скорость) нижней площадки умножают на отношение ее высоты к высоте, принятой для каждой из остальных площадок, и результат прибавляют к сумме средних абсцисс остальных площадок; средняя скорость получится как результат деления этой последней суммы на число всех площадок; аналитически этот последний процесс можно выразить следующим образом:

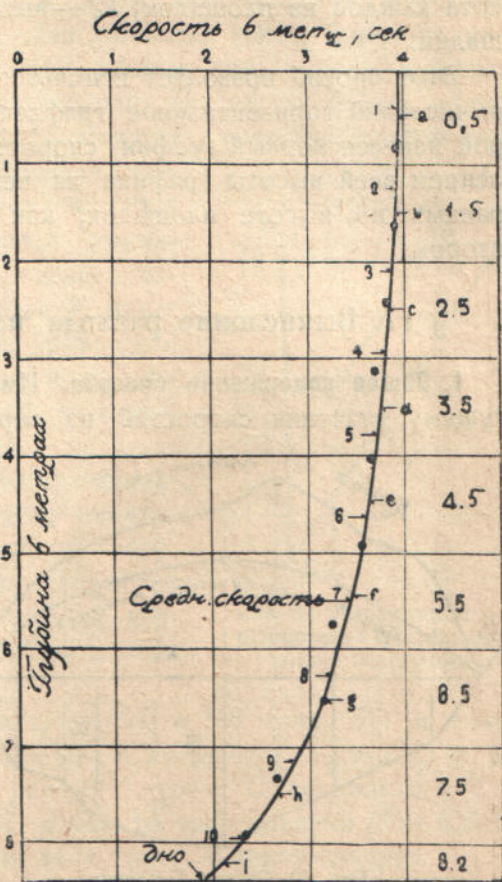


Рис. 49. Схема вычисления средней скорости на вертикали.

$$V_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n-1} V_{cp} + V_{cp}^n \times \frac{h_n}{h_1}}{n} \dots \dots (10)$$

где: n — число всех площадок, причем n -ая площадка находится внизу; $V_{\text{ср}}$ — средние абсциссы каждой из площадок; h_1 — высота каждой из площадок; h_n — высота последней, нижней, площадки.

Этот способ позволяет использовать для указанных простых вычислений горизонтальное графление той клетчатки, на которой нанесен данный график скоростей, не затрудняясь разделением всей высоты графика на некоторое число совершенно равных по высоте площадок, как это требуется в способе втором.

§ 17. Вычисление расхода по способу Гарляхера

I. Общее содержание способа. Имея вычисленные по предыдущему значения скоростей на вертикалях, вычерчивают над

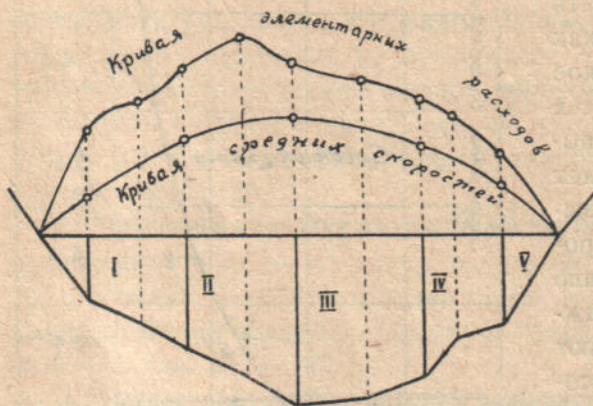


Рис. 50. Способ Гарляхера.

профилем живого сечения в определенном масштабе (как показано схематически на рис. 50) эти значения средних скоростей V_m так, чтобы каждое из них приходилось над соответствующей ему в живом сечении вертикалью; полученная в результате соединения отдельных

точек плавная кривая носит название *кривой* или *эпюры средних скоростей*. Эта эпюра прежде всего служит проверкой правильности измерений и вычислений; далее она может служить для определения средней скорости на любой промерной вертикали.

Помножая значение V^I , соответствующее каждой вертикали, на глубину ее вертикали H , получаем значения элементарных расходов $q_1 = V_m H$. Если откладывать эти последние значения q_1

в выбранном масштабе над соответствующими вертикалями и соединить их плавной кривой, то получается *кривая* или *эпюра элементарных расходов*, отражающая в своем ходе влияние перегибов дна и изменения скоростей. Для концевых точек (урезов) принимают значения скоростей или равные нулю — если профиль русла имеет плавное очертание, или же, — если берега обрывистые — экстраполируют скорости от двух последних вертикалей (см. § 18). Площадь, ограниченная эпюрой элементарных расходов и осью абсцисс ее, за каковую обычно принимается горизонт воды, определяет собою полную величину расхода Q ; измерение этой площади можно произвести путем ее планиметрирования, приняв во внимание ее горизонтальный и вертикальный масштабы.

2. Графическое нахождение элементарных расходов. Гарляхером был предложен также графический способ перемножения значений средних скоростей на соответствующие им глубины вертикалей, т. е. нахождения элементарных расходов.

Если взять два направления — OD и OB (рис. 51) и отложить на одном величину $H = OB$, а на другом $V_m = OA$, а затем на OB — отрезок OC , равный 1; точку C соединить с A и через точку B провести $BD \parallel CA$, то треугольники COA и BOD будут подобны. Из подобия этих треугольников следует:

$$\frac{OD}{OB} = \frac{OA}{OC}$$

или

$$\frac{OD}{H} = \frac{V_m}{1}, \text{ т. е. } OD = H \cdot V_m = \omega = q,$$

т. е. отрезок OD изображает величину элементарного расхода через вертикаль H в условном линейном масштабе, одинаковом с принятым для построения.

Такое построение удобно производить на том же чертеже где строятся эпюры (рис. 50).

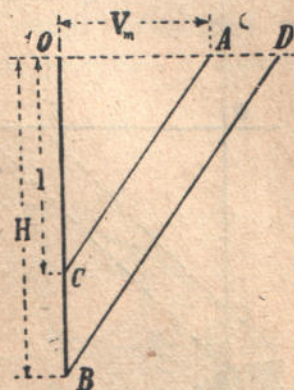


Рис. 51. Графическое перемножение средних скоростей на глубины.

Для этого, как показано на рис. 52, прежде всего на вертикальной оси — вниз от оси абсцисс — для эюор, откладывают величину отрезка OC — единицы измерений, причем, если масштаб для глубин принят в $\frac{1}{a}$, для средних скоростей — в $\frac{1}{b}$ и для элементарных расходов — $\frac{1}{c}$, то $OC = \frac{c}{av}$, как это

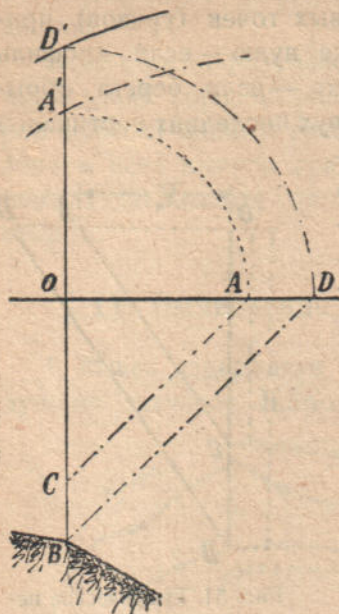


Рис. 52. Схема графического нахождения элементарных расходов.

эта величина OC принимается за постоянную для всех последующих вертикалей; отдельного откладывания ее на каждой вертикали легко избежать, проведя через точку C горизонтальную прямую, параллельную оси абсцисс. Затем расстояние от оси абсцисс до эюоры средних скоростей — $OA' = V_m$ — переносится на ось абсцисс в положение OA ; через точку B — дно реки — проводится линия BD , параллельная AC и отрезок OD переносится на вертикальную ось в положение OD' ; D' и будет точкою эюоры элементарного расхода.

В выбранных масштабах:

$$OA = \frac{V_m}{b}; \quad OB = \frac{H}{a}; \quad OD = \frac{OB \cdot OA}{OC};$$

$$OD = \frac{V_m \cdot H}{c} = \frac{\omega}{c} = \frac{q}{c}.$$

Обратным графическим построением может быть определен масштаб, при котором кривая элементарных расходов помещается в пределах листа чертежа.

Для этого сначала намечается наибольшая величина OD' и

по ней, аналогично указанному, определяется величина OC , а следовательно и знаменатель s . Этот знаменатель — единица масштаба, — носит иногда название базиса построения.

§ 18. Вычисление расхода графо-аналитическим способом

1. Общее содержание способа. При вычислении расхода графо-аналитическим способом так же, как и в предыдущем способе, строят над площадью живого сечения эпюру скоростей и эпюру элементарных расходов. Это построение служит в данном

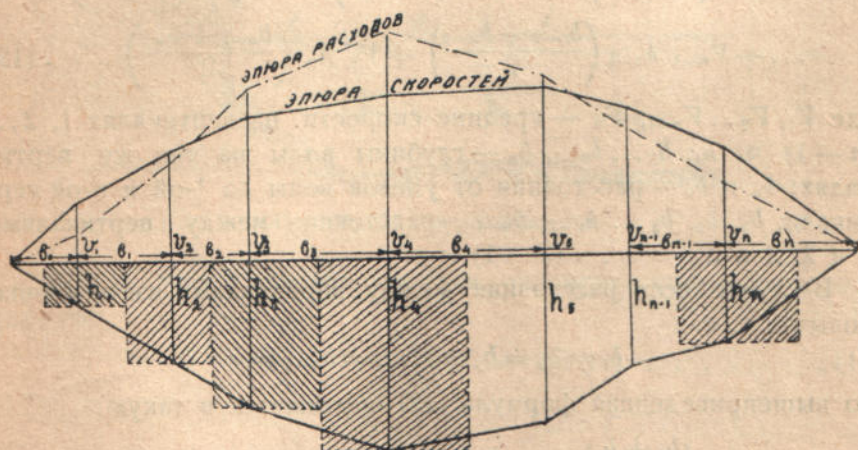


Рис. 53. Схема к вычислению расходов графо-аналитическим способом.

случае для проверки правильности измерений и вычислений скоростей, а также для учета в дальнейшем особенностей русла и для интерполяции измеренных скоростей на дополнительные вертикали. Далее, площадь, ограниченную эпюрой расхода и осью абсцисс (линией горизонта воды), представляющую искомую величину расхода, вычисляют аналитически по формуле:

$$Q = \sum_{m=1}^{m=n} V_m h_m \left(\frac{h_{m-1} + h_m}{2} \right) \dots \dots \dots (11)$$

где: V_m — средняя скорость на вертикали,
 h_m — глубина вертикали,
 b — расстояния между вертикалями.

В возможных случаях применений этой общей формулы можно различать нижеприведенные два главных случая.

2. Вычисления при плавном очертании русла. При плавном очертании русла, когда глубина у урезов воды равна нулю, вышеприведенная формула (11) принимает вид (см. рис. 53)

$$Q = V_1 \cdot h_1 \left(\frac{b_0 + b_1}{2} \right) + V_2 \cdot h_2 \left(\frac{b_1 + b_2}{2} \right) + V_3 \cdot h_3 \left(\frac{b_2 + b_3}{2} \right) + \dots \\ \dots + V_{n-1} h_{n-1} \left(\frac{b_{n-2} + b_{n-1}}{2} \right) + V_n h_n \left(\frac{b_{n-1} + b_n}{2} \right) \dots (12)$$

где $V_1, V_2 \dots V_{n-1}, V_n$ — средние скорости на вертикалях 1, 2... $(n-1), n$; $h_1, h_2 \dots h_{n-1}, h_n$ — глубины воды на тех же вертикалях; b_0 и b_n — расстояния от урезов воды до 1-ой и n -ой вертикали; $b_1, b_2, b_3 \dots b_{n-2}, b_{n-1}$ — расстояние между вертикалями 1 и 2, 2 и 3 $(n-1)$ и n .

В случае, если расстояния между вертикалями взяты одинаковыми, т. е.

$$b_1 = b_2 = b_3 = \dots = b_{n-1} = b$$

то вышеприведенная формула (12) обращается в такую:

$$Q = V_1 h_1 \left(\frac{b_0 + b}{2} \right) + b (V_2 h_2 + V_3 h_3 + \dots + V_{n-1} h_{n-1}) + \\ + V_n h_n \left(\frac{b + b_n}{2} \right).$$

3. Вычисления при обрывистых берегах. При отвесных обрывистых берегах, если глубины воды на урезах равны не нулю, а некоторым величинам h_0 и h_{n+1} , если соответственно средние скорости на вертикалях у урезов равны V_0 и V_{n+1} , общая формула (11) принимает вид (см. рис. 54).

$$Q = V_0 h_0 \frac{b_0}{2} + V_1 h_1 \left(\frac{b_0 + b_1}{2} \right) + V_2 h_2 \left(\frac{b_1 + b_2}{2} \right) + \dots \\ \dots + V_n h_n \left(\frac{b_{n-1} + b_n}{2} \right) + V_{n+1} h_{n+1} \frac{b_n}{2} \dots (13)$$

В случае, если скорости на вертикалях у урезов не измерены, средняя скорость у уреза может быть найдена путем графической экстраполяции, т. е. продолжая имеющееся направление скоростей на двух ближайших к берегу вертикалях.

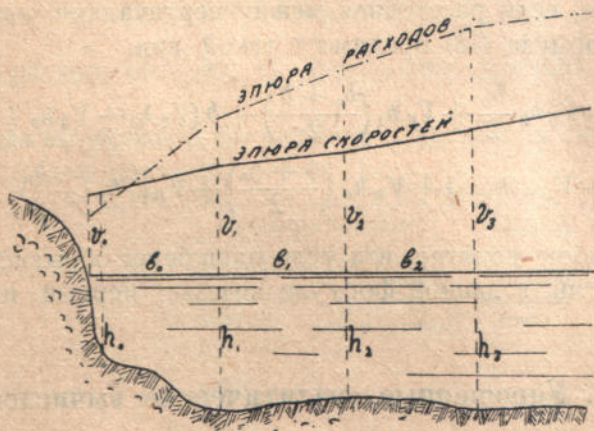


Рис. 54. Учет крутых берегов.

Можно также воспользоваться аналитическим выражением (см. рис. 55).

$$V_x = V_1 - \frac{b_0}{b_1} (V_2 - V_1) \dots \dots \dots (14)$$

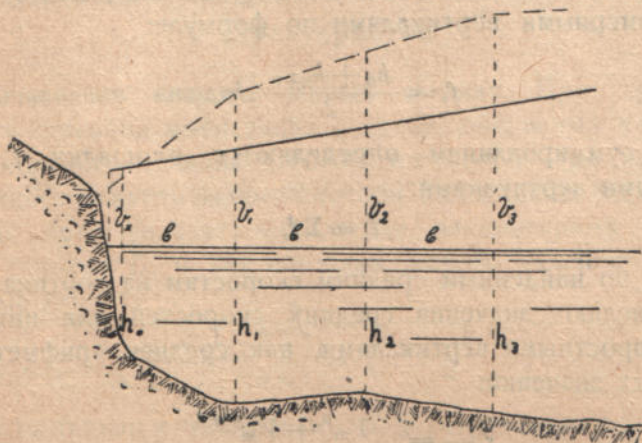


Рис. 55. Схема к экстраполяции измеренных скоростей.

При наличии дополнительных вертикалей, на которых измерения скоростей не производились, средние скорости для них определяются графической интерполяцией по значениям скоростей на смежных вертикалях.

В случае, если расстояния между вертикалями взяты одинаковыми, формула (13) принимает такой вид:

$$Q = V_0 h_0 \frac{b_0}{2} + V_1 h_1 \left(\frac{h_0 + b}{2} \right) + b (V_2 h_2 + V_3 h_3 + \dots \\ \dots + V_{n-1} h_{n-1}) + V_n h_n \left(\frac{b + b_n}{2} \right) + V_{n+1} h_{n+1} \frac{b_n}{2} \dots \dots (15)$$

Само собою понятно, что если один берег обрывистый, а другой — пологий, в данной формуле исчезает первый или последний член.

§ 19. Упрощенные аналитические вычисления

1. Содержание способа. Весьма прост аналитический способ вычисления расхода, дающий в то же время во многих случаях практики достаточную точность. Способ заключается в последовательном вычислении элементарных расходов отдельных площадок живого сечения между скоростными вертикалями. Прежде всего определяются площадки живого сечения f между отдельными промерными вертикалями по формуле:

$$f_i = \frac{h_n + h_{n+1}}{2} \cdot b \dots \dots \dots (16)$$

Затем суммированием определяются площадки f_c между скоростными вертикалями:

$$f_c = \Sigma f_i \dots \dots \dots (17)$$

Далее, по найденным средним скоростям на вертикалях (см. § 16) вычисляют значения средних скоростей для интервалов между скоростными вертикалями, как среднее арифметическое из смежных значений:

$$V_{\text{ср}} = \frac{V_m^n + V_m^{n+1}}{2} \dots \dots \dots (18)$$

Помножая $V_{\text{ср}}$ на f_c , находят величины элементарных расходов q_i :

$$q_i = V_{\text{ср}}^i \cdot f_c^i \dots \dots \dots (19)$$

откуда:

$$Q = \Sigma V_{\text{ср}}^i \cdot f_c^i,$$

т. е. весь расход находят суммированием элементарных расходов.

2. Порядок вычислений. Вычисления в указанном случае располагаются в таком порядке:

№№ скоростных вертикалей	Средняя скорость		Площадь между скоростными вертикалями	Расход интервала между скоростн. вертикалями
	На скоростных вертикалях	Для интервалов между скоростн. вертикалями		
4,00	0,0	0,089	0,333	0,030
6,00	0,177	0,238	1,895	0,450
8,00	0,300			

$$Q = \dots \dots \dots$$

§ 20. Вычисления площади живого сечения и остальных характеристик

1. Вычисление площади живого сечения. При применении основных способов вычисления расхода, описанных в §§ 17 и 18, площадь живого сечения вычисляется особо. При применении упрощенного аналитического способа вычислению элементарных расходов предшествует вычисление элементарных площадок живого сечения f_i , и вся площадь живого сечения находится как сумма f_i :

$$F = \Sigma f_i = \sum_{m=1}^{m=n} h_m \cdot \left(\frac{b_{m-1} + b_m}{2} \right) \dots \dots \dots (20)$$

В соответствии с указанными в § 18 разными случаями характера очертания берегов, общая формула (20) принимает вид:

1) для случаев плавного увеличения глубин от нуля у урезов:

$$F = h_1 \left(\frac{b_0 + b_1}{2} \right) + h_2 \left(\frac{b_1 + b_2}{2} \right) + \dots + h_{n-1} \left(\frac{b_{n-2} + b_{n-1}}{2} \right) + h_n \left(\frac{b_{n-1} + b_n}{2} \right) \dots \dots \dots (21)$$

Если

$$b_1 = b_2 = b_3 = \dots = b_{n-1} = b,$$

то

$$F = h_1 \left(\frac{b_0 + b_1}{2} \right) + b (h_2 + h_3 + \dots + h_{n-1}) + h_n \left(\frac{b + b_n}{2} \right). (22)$$

2) для случаев обрывистых берегов, когда глубины на урезав равны не нулю, а некоторым величинам h_0 и h_{n+1} , формула (20) принимает вид:

$$F = \frac{h_0 b_0}{2} + h_1 \left(\frac{b_0 + b_1}{2} \right) + h_2 \left(\frac{b_1 + b_2}{2} \right) + \dots + h_{n-1} \left(\frac{b_{n-2} + b_{n-1}}{2} \right) + h_n \left(\frac{b_{n-1} + b_n}{2} \right) + h_{n+1} \frac{h_n}{2} \dots \dots \dots (23)$$

Если же

$$b_1 = b_2 = b_3 = \dots b_{n-2} = b_{n-1} = b,$$

то

$$F = \frac{h_0 b_0}{2} + h_1 \left(\frac{b_0 + b}{2} \right) + b (h_2 + h_3 + \dots + h_{n-1}) + h_n \left(\frac{b + b_n}{2} \right) + h_{n+1} \frac{h_n}{2} \dots \dots \dots (24)$$

2. Средняя глубина живого сечения T_{cp} находится по формуле:

$$T_{cp} = \frac{F}{B} \dots \dots \dots (25)$$

где B — ширина реки между урезами воды.

3. Средняя скорость всего живого сечения V_{cp} определяется из соотношения:

$$V_{cp} = \frac{Q}{F} \dots \dots \dots (26)$$

4. Смоченный периметр и гидравлический радиус. Смоченный периметр вычисляется по формуле:

$$P = \sqrt{b_0^2 + h_0^2} + \sqrt{b_1^2 + (h_2 - h_1)^2} + \sqrt{b_2^2 + (h_3 - h_2)^2} + \dots \\ \dots + \sqrt{b_n^2 + (h_n - h_{n-1})^2} + \sqrt{b_n^2 + h_n^2} \dots \dots (27)$$

Гидравлический радиус R находится из соотношения

$$R = \frac{F}{P} \dots \dots \dots (28)$$

Для больших рек удобно заменять гидравлический радиус R средней глубиной T , так как они примерно равны; при этом $T = \frac{F}{B}$, где B — ширина реки.

5. Коэффициент шероховатости. Удобно вычислять коэффициент шероховатости по формуле Базена:

$$\gamma = \left(\frac{87 \sqrt{Ri}}{V_{cp}} - 1 \right) \sqrt{R} \dots \dots \dots (29)$$

где: i — поверхностный уклон, равный $\frac{h_i}{L}$, причем h_i — разность отметок уровней в точках выше и ниже места измерения расходов, а L — расстояние между этими точками (см. § 10, п. 7).

При наличии разлива по пойме, обязательно *отдельное вычисление* коэффициентов шероховатости для коренного русла и для обеих частей поймы (правой и левой).

6. Приведение расхода к условному горизонту. Если колебания горизонта воды во время измерений скоростей — незначительны, то при вычислении расхода можно с ними не считаться, а величину расхода отнести к среднему горизонту, получаемому, как среднее арифметическое из отсчетов водомерного поста за время измерения расхода. Признаком незначительности измерений горизонтов можно считать изменение площади живого сечения не более, чем на 1%, а по принятым в практике правилам — изменения не больше 0,02 м за 2-3 часа. При более или менее значительных изменениях горизонта приходится или поступать по сказанному в § 14, п. 12, или относить измеренный расход к условному рабочему горизонту. Условный рабочий горизонт H_m вычисляется тогда из уравнения:

$$H_m = \frac{q_1 H_1 + q_2 H_2 + \dots + q_n H_n}{q_1 + q_2 + \dots + q_n} = \frac{\sum q_i H_i}{Q} \dots \dots (30)$$

где H_m — отметка условного рабочего горизонта, $q_i H_i$ — произведения частных расходов $q_1, q_2 \dots q_n$, соответствующих отдельным скоростным вертикалям, на соответствующие им отметки горизонта воды на вертикалях $H_1, H_2 \dots H_n$; эти последние определяются как наблюдаемые уровни во время измерений на отдельных вертикалях (при способе § 18) или средние арифметические из отметок уровней для смежных вертикалей, ограничивающих данный элементарный расход (при способе § 19).

Таким образом, определению H_m соответствует такая срезка площади живого сечения горизонтальной линией условного горизонта, чтобы величина расхода $Q = \Sigma q_i$ осталась без всяких изменений (см. рис. 56). Эта величина является тогда, собственно

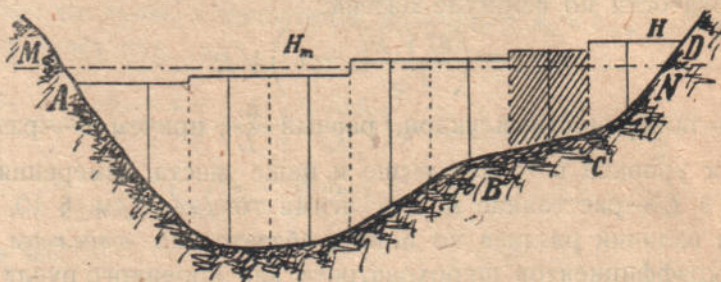


Рис. 56. Приведение расхода к условному уровню.

говоря, лишь приближенной, так как допускаемое при вычислении условного горизонта исправление глубин должно влечь за собою и исправление величин средних скоростей по вертикалям.

Если уровни воды при производстве измерений не фиксировались соответственно моментам перехода на каждую новую вертикаль, но лишь через определенные промежутки времени, определение уровней, соответствующих времени измерений на отдельных вертикалях, определяется по интерполяции.

7. Вычисление отметки среднего дна. В руслах, которые лежат в легко размываемых грунтах, профиль живого сечения может непрерывно изменяться. Для возможности сравнений состояния русла вычисляют отметку среднего дна.

Для того, чтобы эта отметка не зависела от высоты уровня воды в живом сечении, для вычисления ее раз навсегда принимают какой-либо постоянный уровень воды, например, средний низкий; отметка среднего дна определится тогда из высоты прямоугольника, равновеликого

получающемуся при принятом низком горизонте живому сечению и с шириной, равной ширине уреза воды по взятому низкому горизонту (рис. 57). Так, при обозначениях рис. 57 площадь живого сечения от условного

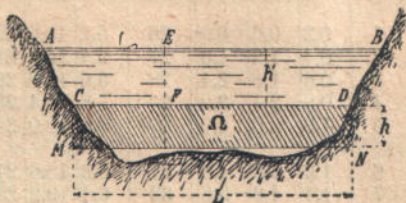


Рис. 57. Отметка среднего дна.

низкого горизонта CD пусть будет определена соответствующими подсчетами как равная ϕ , при ширине $CD = L$; высота соответствующего этой площади прямоугольника определится из соотношения

$$h = \frac{\omega}{L} \dots \dots \dots (31)$$

Тогда отметка среднего дна может быть получена как разность отметки условного горизонта CD и величины h .

Площадь ω вычисляется по глубинам от линии CD , определяемым из глубин, полученных промерами при каком-либо горизонте AB , после вычитания из этих последних глубин величины h' , которая является разностью отметок горизонта AB и принятого условного низкого горизонта CD .

Отметка среднего дна при устойчивом русле остается неизменной и изменяется в профилях, подверженных размывам или занесению илом. Таким образом величины отметок среднего дна служат показателями степени постоянства живого сечения.

Следует заметить, что условия прохода воды через данное живое сечение могут быть нарушены также изменениями в русле, имеющими место ниже или выше данного живого сечения.

Приложение 4.

Расчетная таблица глубин, считая от поверхности воды.

<i>H</i>	0,2 <i>H</i>	0,6 <i>H</i>	0,8 <i>H</i>	<i>H</i>	0,2 <i>H</i>	0,6 <i>H</i>	0,8 <i>H</i>	<i>H</i>	0,2 <i>H</i>	0,6 <i>H</i>	0,8 <i>H</i>	<i>H</i>	0,2 <i>H</i>	0,6 <i>H</i>	0,8 <i>H</i>
1	0,2	0,6	0,8	26	5,2	15,6	20,8	51	10,2	30,6	40,8	76	15,2	45,6	60,8
2	0,4	1,2	1,6	27	5,4	16,2	21,6	52	10,4	31,2	41,6	77	15,4	46,2	61,6
3	0,6	1,8	2,4	28	5,6	16,8	22,4	53	10,6	31,8	42,4	78	15,6	46,8	62,4
4	0,8	2,4	3,2	29	5,8	17,4	23,2	54	10,8	32,4	43,2	79	15,8	47,4	63,2
5	1,0	3,0	4,0	30	6,0	18,0	24,0	55	11,0	33,0	44,0	80	16,0	48,0	64,0
6	1,2	3,6	4,8	31	6,2	18,6	24,8	56	11,2	33,6	44,8	81	16,2	48,6	64,8
7	1,4	4,2	5,6	32	6,4	19,2	25,6	57	11,4	34,2	45,6	82	16,4	49,2	65,6
8	1,6	4,8	6,4	33	6,6	19,8	26,4	58	11,6	34,8	46,4	83	16,6	49,8	66,4
9	1,8	5,4	7,2	34	6,8	20,4	27,2	59	11,8	35,4	47,2	84	16,8	50,4	67,2
10	2,0	6,0	8,0	35	7,0	21,0	28,0	60	12,0	36,0	48,0	85	17,0	51,0	68,0
11	2,2	6,6	8,8	36	7,2	21,6	28,8	61	12,2	36,6	48,8	86	17,2	51,6	68,8
12	2,4	7,2	9,6	37	7,4	22,2	29,6	62	12,4	37,2	49,6	87	17,4	52,2	69,6
13	2,6	7,8	10,4	38	7,6	22,8	30,4	63	12,6	37,8	50,4	88	17,6	52,8	70,4
14	2,8	8,4	11,2	39	7,8	23,4	31,2	64	12,8	38,4	51,2	89	17,8	53,4	71,2
15	3,0	9,0	12,0	40	8,0	24,0	32,0	65	13,0	39,0	52,0	90	18,0	54,0	72,0
16	3,2	9,6	12,8	41	8,2	24,6	32,8	66	13,2	39,6	52,8	91	18,2	54,6	72,8
17	3,4	10,2	13,6	42	8,4	25,2	33,6	67	13,4	40,2	53,6	92	18,4	55,2	73,6
18	3,6	10,8	14,4	43	8,6	25,8	34,4	68	13,6	40,8	54,4	93	18,6	55,8	74,4
19	3,8	11,4	15,2	44	8,8	26,4	35,2	69	13,8	41,4	55,2	94	18,8	56,4	75,2
20	4,0	12,0	16,0	45	9,0	27,0	36,0	70	14,0	42,0	56,0	95	19,0	57,0	76,0
21	4,2	12,6	16,8	46	9,2	27,6	36,8	71	14,2	42,6	56,8	96	19,2	57,6	76,8
22	4,4	13,2	17,6	47	9,4	28,2	37,6	72	14,4	43,2	57,6	97	19,4	58,2	77,6
23	4,6	13,8	18,4	48	9,6	28,8	38,4	73	14,6	43,8	58,4	98	19,6	58,8	78,4
24	4,8	14,4	19,2	49	9,8	29,4	39,2	74	14,8	44,4	59,2	99	19,8	59,4	79,2
25	5,0	15,0	20,0	50	10,0	30,0	40,0	75	15,0	45,0	60,0	100	20,0	60,0	80,0

ЧАСТЬ V

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДОВ ПРИ ПОМОЩИ ТЕОРИИ ВОДОСЛИВОВ

ВВЕДЕНИЕ

§ 1. Случаи применения теории водосливов к определению расходов

1. Общие замечания. Теория водосливов может быть с успехом применена для определения расходов в естественных потоках в таких двух случаях:

1) в условиях рек, прегражденных рядом вододействующих заведений, особенно при наличии солидных конструкций плотин, не допускающих значительной фильтрации, — для определения расходов через водопропускные отверстия плотин;

2) на очень малых потоках-ручьях, где трудно применить и вертушку и поплавки, — для определения расходов при помощи временно или постоянно устанавливаемого водослива, в виде тонкой стенки, или отверстия в стенке, или специальных конструкций водосливов.

2. Различные возможные случаи определения расходов у плотин. Применительно к существующим конструкциям плотин можно различать следующие случаи способов определения расходов у них при помощи водосливов:

1) вода проходит по обыкновенному водоспуску при полном удалении всех щитов и при отсутствии порога в дне водоспуска (рис. 58 и 59).

2) Вода проходит по водоспуску, закрытому по линии бровки верхового откоса плотины щитами, и переливается через эти щиты (рис. 60 и 61).

3) Щиты водоспуска приподняты над порогом так, что вода идет в образующееся таким образом отверстие, ограниченное сверху нижней кромкой приподнятого щита (черт. 62 и 63).



Рис. 58. Водослив с широким порогом, незатопленный.



Рис. 59. Водослив с широким порогом, затопленный.

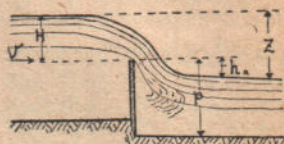


Рис. 60. Водослив через тонкую стенку, незатопленный.

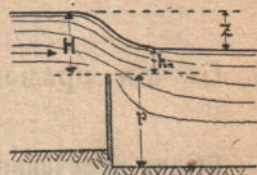


Рис. 61. Водослив через тонкую стенку, затопленный.

Соответственно указанным трем главным случаям, расход воды может быть определен по формулам¹, выведенным для каждого из этих случаев:

- 1) водослива с широким порогом;
- 2) прямоугольного водослива в тонкой стенке;
- 3) отверстия в стенке.

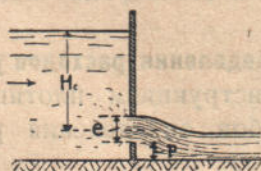


Рис. 62. Отверстие в стенке, незатопленное.

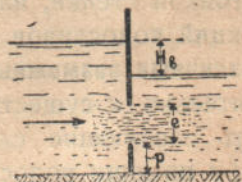


Рис. 63. Отверстие в стенке, затопленное.

¹ Теория вопроса и приводимые ниже табличные данные взяты, главным образом, применительно к книге: *Н. П. Павловский. Гидравлический Справочник. Ленинград, 1924.*

3. Случаи применения водосливов на малых потоках. При применении для определения расхода на малых потоках прямоугольного водослива в виде тонкой стенки или отверстия в стенке, теория и приемы вычислений остаются такими же, как и для указанных выше случаев. При применении же специальных типов водосливов, как например, водослива Чиполетти, водослива Томсона и др. следует пользоваться несколько иными способами вычислений, о которых будет сказано подробно в § 4.

ГЛАВА I

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ВОДОСЛИВОВ К СУЩЕСТВУЮЩИМ ПЛОТИНАМ

§ 2. Краткие теоретические замечания

1. Общий вид формул для вычисления расходов через водосливы. Общий вид формулы для вычисления расходов через водослив с широким порогом и водослив в стенке — один и тот же:

$$Q = mb_c \sqrt{2g} H_0^{3/2} \sigma_n.$$

Здесь m — коэффициент расхода, характеризующий условия подхода воды к водосливу;

b_c — эффективная ширина водослива, равная его действительной ширине, уменьшенной на сжатие подходящих струй;

g — ускорение силы тяжести, равное в метрических мерах 9,81 м/сек.²;

H_0 — напор, исправленный на скорость подхода, а именно:

$$H_0 = H + \frac{V^2}{2g}.$$

В этом последнем выражении H — напор, который имеет значения: для водослива с широким порогом — напора над дном порога у его начала, для водослива в стенке — напора над верхом стенки;

V — средняя скорость подхода воды к водосливу, которую следует принимать во внимание только тогда, когда она больше 0,5 м/сек. и принимать равной 0, при величине $< 0,5$ м/сек.

σ_n — коэффициент затопления, характеризующий степень затопления водою водоспуска с низовой его стороны.

Если в приведенной формуле заменить $\sqrt{2g}$ его численным значением в метрических мерах, то получится следующее выражение для Q :

$$Q = 4,43 mb_c H_0^{3/2} \sigma_n \dots \dots \dots (1)$$

2. Общий вид формулы для вычисления расхода через отверстие.

Общий вид формулы для вычисления расхода в случае истечения через отверстие:

$$Q = \mu \omega \sqrt{2g} H_0^{1/2}.$$

Здесь: μ — коэффициент расхода, характеризующий условия подхода воды к отверстию, зависящий от степени сжатия струй,

$$H_0 = H + \frac{V^2}{2g};$$

ω — площадь живого сечения отверстия,

H — напор; может иметь 2 значения:

- 1) напора над серединой отверстия — H_c , или
- 2) напора над уровнем воды за отверстием — H_b .

Эту формулу можно привести, по предыдущему, к виду:

$$Q = 4,43 \mu \omega H_0^{1/2} \dots \dots \dots (2)$$

3. Условия, характеризующие отдельные случаи. Водослив с широким порогом, как уже было сказано, соответствует случаю обычного водоспуска при полном удалении всех щитов и при отсутствии выступающего над дном входной части порога.

Переходным условием от водослива с широким порогом к водосливу в стенке служит условие:

$$\frac{H}{\delta} \cong 0,5 \dots \dots \dots (3)$$

где H — напор над стенкою;

δ — толщина стенки.

Случай истечения через отверстие характеризуется поступлением воды на водоспуск из-под ограничивающего его сверху щита. Однако, если такое отверстие не имеет порога внизу

(„донное отверстие“), и если уровень за отверстием стоит ниже верхней кромки отверстия, то к этому частному случаю отверстия в стенке должна быть применена формула для водослива с широким порогом, если, кроме сказанного, имеет место условие:

$$e > \frac{2}{3} \left(H_g + \frac{V^2}{2g} \right) \dots \dots \dots (4)$$

где e — высота отверстия над дном водоспуска,

H_g — высота стояния воды над дном перед отверстием (разность отметок: уровня воды и дна у отверстия), а остальные обозначения указаны в п. 1.

4. Условия затопления водосливов и отверстия. Водосливы и отверстие в стенке могут быть незатопленными (или совершенными, свободными) и затопленными (несовершенными), в зависимости от уровня воды непосредственно ниже водослива.

Водослив с широким порогом — незатопленный характеризуется наличием двух перепадов — перед и после него (рис. 58).

Затопленный водослив с широким порогом (рис. 59) характеризуется наличием одного перепада — перед ним. Признаком затопленного водослива служит неравенство:

$a > 0,6 H_0$, где a — разность отметок: 1) горизонта воды ниже водослива и 2) поверхности водослива (в передней его части).

H_0 имеет значение, указанное в п. 1.

Водослив через стенку имеет признаки затопления (рис. 61), если:

1) уровень воды непосредственно за стенкой выше верхнего края стенки;

2) разность уровней до и после водослива, деленная на высоту стенки, — меньше 0,7.

Эти условия выражаются неравенствами:

$$1) h_n > 0 \dots \dots \dots (6)$$

$$2) \frac{z}{p} < 0,7 \dots \dots \dots (7)$$

где h_n — разность отметок:

1) уровня воды ниже стенки и

2) верхней поверхности стенки;

z — разность уровней до и после водослива;

p — высота водосливной стенки над дном его, с низовой стороны этой стенки.

Если одно из этих условий не соблюдено, водослив через стенку считается незатопленным (рис. 60).

Отверстие в стенке является незатопленным (рис. 62), если уровень воды за отверстием стоит ниже верхней кромки отверстия; в противном случае, т. е. если уровень воды за отверстием стоит выше верхней кромки отверстия, такое отверстие является затопленным (рис. 63).

5. Условия подхода воды к водосливам или отверстию и условия сжатия. Кроме формы водослива и условий стояния воды за водосливом или отверстием, на величину расхода оказывают влияние условия подхода воды к водосливу или отверстию, характеризующие сжатие подходящих струй.

В этом последнем отношении можно различать следующие случаи:

А. Для водосливов с широким порогом и через стенку:

1) случай отсутствия сжатия — характеризуется соответствием ширины водослива ширине подводящего русла;

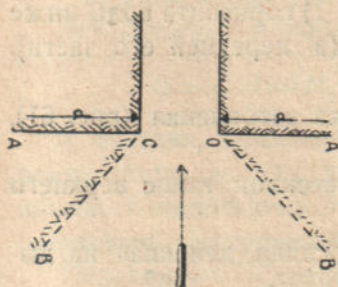


Рис. 64. Условия подхода к водосливу.

2) случай сжатия несовершенного характеризуется наличием направляющих откосных крыльев перед водосливом $OB - OB$ (рис. 64);

3) случай достаточного бокового сжатия характеризуется наличием перед водосливом стенок, перпендикулярных к направлению течения в водосливе (см. рис. 64, $AO - AO$) и имеющих длину d . Длина d — есть расстояние от краев водослива до границы (берегов) потока или до

краев отверстия других водосливов по линии входа в рассматриваемый водослив.

В. Для отверстия в стенке (рис. 65) можно различать следующие три главных случая:

1) случай совершенного сжатия имеет место, если величина d (см. выше), а также величина p (высота нижней стенки,

ограждающей отверстие) больше соответственно тройной ширины или высоты отверстия b и e :

$$d > 3b; p > 3e \dots \dots (8)$$

2) случай несовершенного сжатия снизу, если для нижней части стенки отверстия (порога), через которую переливается вода, — условие полного сжатия согласно предыдущему пункту — не соблюдено. В частном случае полного отсутствия порога — отверстие носит название „донного“ (рис. 66);

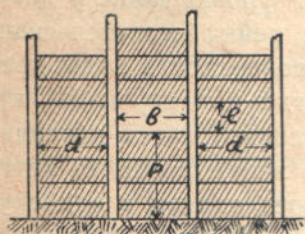


Рис. 65. Условия подхода к отверстию в стенке.

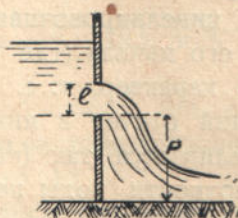


Рис. 66. Донное отверстие.

3) случай слабого сжатия с боков и отсутствия сжатия снизу, — если нет порога, а ограждающие отверстие боковые стенки не удовлетворяют условию совершенного сжатия.

§ 3. Измерения при определении расходов на водосливах у плотин

1. Общие замечания. Определение расхода у плотин должно совершаться в следующем порядке: производится непосредственный осмотр водоспускного приспособления и, руководствуясь изложенным в § 1, п. 2 и § 2, пп. 1, 2 и 3, относят данный водоспуск к одному из указанных выше трех типов.

Для этого, в развитие общих признаков, указанных в § 1, п. 2, проверяют частные условия § 2 п. 3, измеряя величины, входящие в неравенства, которые характеризуют эти частные условия.

Способ измерений величин, входящих в частные условия § 2, п. 3, как и остальных, нужных для расчетов, приводится далее. Все величины измеряются в метрах.

2. Измерение величин, входящих в формулу водослива с широким порогом. Если имеется случай водослива с широким порогом, измерению в натуре подлежат следующие величины (рис. 58 и 59).

1) b — действительная ширина водоспуска; измерение производится при помощи стальной рулетки с точностью до сантиметра.

2) H — высота напора над дном водоспуска, определяется как разность нивелировочных отметок уровня воды и дна водоспуска. Для этого нивелировочная рейка ставится сначала на дно водоспуска у его начала (где поверхность воды принимает уже спокойный характер, т. е. где нет перепада), и делается соответствующий отсчет в нивелир; затем нивелировочная рейка устанавливается так (на весу), чтобы ее нижняя кромка касалась поверхности воды перед входом в водоспуск, в расстоянии от него на 1-2 м, где еще не обозначается перелом в профиле воды, и берется второй отсчет.

Эту операцию следует повторить не менее трех раз. Высотные точки поверхности водоспуска следует брать каждый раз в разных местах по ширине водоспуска, во избежание введения в расчет случайных неровностей дна водоспуска; лучше всего брать отметки для этих точек у середины и у обоих краев водоспуска. Отметку уровня воды лучше всего брать в стороне от водоспуска. Полученные таким образом значения H должны быть примерно одинаковыми; во всяком случае, отметки уровня воды должны отличаться лишь на 2-3 тысячные; если отметки дна водоспуска отличаются больше, чем на 2-3 тысячных метра, после повторной поверки следует брать из них среднюю арифметическую.

3) V — скорость подхода к водоспуску, — принимается во внимание, если она больше 0,5 м/сек. Эту скорость можно приблизительно определить следующим образом: перед входом в водоспуск, перпендикулярно к нему, помещается на плаву, по направлению подходящих струй, мерная рейка или жердина длиной в 2—4 м; длина должна быть выбрана так, чтобы от-

счет по секундомеру был не меньше 3 секунд, т. е. при более значительных скоростях подхода следует брать большей длины жердину. В нужном положении эту жердину легко удерживать, укрепив к ней на бичеве мертвый якорь (большой камень, напр.) и забросив последний так, чтобы низовой конец жердины подходил к началу перепада. Забрасывая вверх по реке поплавки из обрезков дерева и замечая по секундомеру время прохода t ими пути от начала жердины до конца ее, можно получить число секунд, необходимое для прохода всего пути, а следовательно и искомую скорость по формуле:

$$V = \frac{s \text{ м}}{t \text{ сек.}} \times 0,85$$
, где s — длина пройденного пути, а 0,85 — коэффициент перехода от поверхностной скорости к средней скорости.

Таких определений необходимо для поверки также сделать не менее трех; результаты отдельных определений не должны отличаться больше чем на 10%.

4) Величина a — высота слоя воды на водосливе, — определяется только тогда, когда за водосливом не намечается резко выраженного второго перепада, — для поверки условия затопления и для введения влияния затопления в расчет. Величина эта определяется как разность отметок: горизонта воды ниже водослива и поверхности передней части водослива. Порядок определения этой величины — как и для определения H — см. (2).

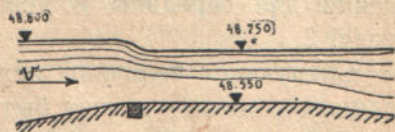


Рис. 67. Водослив практического профиля при мельницах.

5) Кроме сказанного, обследуют условия входа воды на водослив: имеется ли 1) порог без закругленного ребра (рис. 58), 2) порог с закругленным ребром (рис. 59) и 3) плавная входная часть без порога (рис. 67), а также — условия сжатия струй с боков (см. § 2, п. 5, А).

3. Измерение величин, входящих в формулу водослива через стенку. Если имеется случай водослива через стенку (рис. 60 и 61), то величины b (1) и V (3) определяются соответственно § 3, п. 2, разд. 1 и 3.

3) Величина H — высота напора над верхней кромкой стенки — определяется как разность отметок: уровня воды перед водосливом и поверхности верхней кромки стенки. Эта величина находится не меньше, чем трехкратной нивелировкой, применительно к сказанному выше.

4) Величина δ — толщина стенки или ширина порога водослива, определяется непосредственным измерением.

5) Величина d (§ 2, п. 5) — расстояние в плане боковых стенок водослива от границ водотока непосредственно у водослива, — определяется (в плоскости его отверстия) простым измерением; эта величина определяется лишь в случае отсутствия перед отверстием водослива боковых подводящих откосных крыльев.

6) Величина p — высота водосливной стенки, — определяется по разности отметок: а) верхнего края стенки и б) отметки дна водослива непосредственно ниже стенки (но не с верховой ее стороны); должно быть выполнено не менее трех определений: для середины и краев отверстия, соответственно п. 2, разд. 2.

Следующие величины находят лишь при предположении, что данный водослив может быть затопленным:

7) h_n — разность отметок верха водосливной стенки и уровня воды ниже водослива, в непосредственной близости от него, где кончается перепад через водослив; эта величина определяется подобно величине H (см. п. 2, разд. 2).

8) Величина z — разность уровней до и после водослива, — получается, как разность отметок этих уровней по предыдущему.

4. Измерение величин, входящих в формулу отверстия в стенке. Если имеется случай отверстия в стенке (рис. 62 и 63), следует прежде всего определить, имеется ли в данном случае затопленное или незатопленное отверстие (§ 2, п. 4).

Если данное отверстие является незатопленным и при том донным (§ 2, п. 5 и рис. 66), то прежде всего определяются величины, входящие в неравенство (4) § 2:

1) e — высота отверстия — определяется как разность отметок: а) верхнего края отверстия и б) дна в самом отверстии.

При определении отметки верхнего края отверстия удобно поступить так: к нижнему обрезу конца нивелировочной рейки прибавляется планка, выступающая в сторону; совмещение нуля рейки с нижней кромкой отверстия может быть получено тогда простым зацеплением планки за нижний край отверстия.

2) H_g и 3) V определяются по пп. 2 и 3.

После этого проверяют условие (4) § 2.

В случае, если условие имеет место, — далее определяют величины, входящие в формулу водослива с широким порогом по п. 2, по которой и производится расчет.

Если неравенство (4) § 2 неверно для рассматриваемого случая, или если данное отверстие не есть донное, — определяют, кроме 1) e и 2) V :

3) b — по п. 2,

4) d — по п. 3,

5) p — по п. 3,

6) величина H_c определяется для случая незатопленного отверстия как разность отметок: а) уровня воды перед отверстием и б) середины отверстия. Последняя цифра находится, как полусумма отметок: а) верхнего края отверстия и б) отметки нижнего края отверстия.

Для случая затопленного отверстия (рис. 63), вместо H_c определяется H_b , как разность нивелировочных отметок горизонтов воды перед отверстием и после отверстия.

§ 4. Вычисление расхода по формулам водослива

1. Вычисление расхода по формуле водослива с широким порогом.

$Q = 4,43 mb_c H_0^{3/2} \sigma_n$ (рис. 58 и 59);

1. m принимают равным:

- 1) при пороге без закругленного ребра
(неплавный вход) $m = 0,32$
- 2) при пороге с закругленным ребром
(плавный вход) $m = 0,35$
- 3) при плавной входной или наклонной
водосливной части, без порога . . . $m = 0,38$

II. b_0 определяется по формуле:

$b_0 = \varepsilon b$, где ε — коэффициент сжатия;

ε принимается равным:

1) для водоспусков с направляющими откосными крыльями

$\varepsilon = 0,90 — 0,95$;

2) для водоспусков без направляющих откосных крыльев

$\varepsilon = 0,85 — 0,90$.

III. Для обычно встречающихся случаев $H_0 = H$.

IV. σ_n — в случае водослива незатопленного $= 1$.

В случае водослива затопленного σ_n определяется по ниже-
следующей таблице 1 в зависимости от величины $\frac{a}{H_0}$.

Таблица I.

$\frac{a}{H_0}$	σ_n	$\frac{a}{H_0}$	σ_n	$\frac{a}{H_0}$	σ_n
до 0,70	1,00	0,90	0,74	0,98	0,36
0,75	0,97	0,92	0,68	0,99	0,26
0,80	0,93	0,94	0,60	0,995	0,18
0,88	0,89	0,95	0,55	0,997	0,14
0,85	0,85	0,96	0,50	0,998	0,12
0,87	0,81	0,97	0,43	0,999	0,08

Для упрощения вычислений в конце части приложена таблица значений $H^{3/2}$ (приложение 5).

2. Вычисление расхода по формуле водослива через стенку.

$$Q = 4,43 mb_c H_0^{3/2} \sigma_n \quad (\text{рис. 60 и 61}).$$

I. m определяется по таблицам:

1) для случая, когда $\frac{H}{\delta} < 2,0$ по табл. II, в зависимости от $\frac{H}{\delta}$;

2) для случая, когда $\frac{H}{\delta} > 2,0$ (случай тонкой стенки) — по табл. III, в зависимости от H и p .

Таблица II¹
Значения m для слу-
чая $\frac{H}{\delta} < 2,0$

$\frac{H}{\delta}$	m
0,0	0,30
0,33	0,32
0,5	0,33
1,0	0,37
1,5	0,41
1,5 - 2,0	0,42

Таблица III
Значения m для случая $\frac{H}{\delta} > 2,0$

Напор H	Высота стенки p			
	0,20	0,40	1,00	2,00
	значения m .			
0,05	0,46	0,45	0,45	0,45
0,10	0,46	0,44	0,43	0,43
0,20	0,48	0,45	0,43	0,42
0,30	0,50	0,46	0,43	0,42
0,50	—	0,48	0,44	0,42
0,70	—	0,50	0,45	0,42

II. b_c определяется по формулам:

1) если водослив находится в прямоугольном канале того же сечения, то $b_c = b$;

2) если есть откосные крылья или $d < 3H$, то $b_c = b - 0,14 H_0$;

3) если нет откосных крыльев или $d > 3H$, то $b_c = b - 0,2 H_0$;

III. H_0 определяется по п. 1.

IV. σ_n — в случае незатопленного водослива: $\sigma_n = 1$.

В случае водослива затопленного σ_n определяется по таблицам:

1) для случая, когда $\frac{H}{\delta} < 2,0$, по таблице IV (случай практического профиля, — в зависимости от $\frac{h_n}{H}$);

2) для случая, когда $\frac{H}{\delta} > 2,0$, по таблице V (случай тонкой стенки, — в зависимости от $\frac{h_n}{p}$ и $\frac{z}{p}$).

¹ При $\frac{H}{\delta} < 0,5$ — случай, собственно говоря, соответствует водосливу с широким порогом.

Таблица IV

Значения σ_n для случая $\frac{H}{\delta} < 2,0$

$\frac{h_n}{H}$	σ_n	$\frac{h_n}{H}$	σ_n
0	1,00	0,5	0,94
0,1	0,99	0,6	0,91
0,2	0,98	0,7	0,86
0,3	0,97	0,8	0,78
0,4	0,96	0,9	0,62

Таблица V

Значения σ_n для случая $\frac{H}{\delta} > 2,0$

$\frac{z}{p}$ \ $\frac{h_n}{p}$	0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,80	1,20	1,50
0,05	1,05	0,73	0,64	0,58	0,53	0,52	0,47	0,44	0,43
0,10	1,05	0,85	0,76	0,70	0,66	0,64	0,58	0,55	0,54
0,20	1,05	0,93	0,87	0,82	0,79	0,76	0,65	0,68	0,67
0,30	1,05	0,97	0,91	0,88	0,85	0,83	0,79	0,76	0,75
0,40	1,05	0,98	0,94	0,91	0,90	0,88	0,84	0,82	0,81
0,50	1,05	1,01	0,98	0,95	0,92	0,91	0,89	0,87	0,86
0,60	1,05	1,02	0,99	0,98	0,95	0,93	0,91	0,90	0,89
0,70	1,05	1,02	1,00	0,99	0,98	0,96	0,93	0,92	0,91

3. Вычисления расхода по формуле для отверстия в стенке. $Q = 4,43 \mu \omega H^{3/2}$ (рис. 62 и 63).I. μ принимается равным:

- 1) для случая совершенного сжатия (§ 2, п. 5, B): $\mu = 0,62 - 0,65$;
- 2) для случая несовершенного сжатия снизу и для донного отверстия, с совершенным сжатием с боков (§ 2, п. 5, B): $\mu = 0,65 - 0,70$;
- 3) для случая слабого сжатия (§ 2, п. 5, B) $\mu = 0,70 - 0,80$.

При верхней стенке наклонной (по течению), следует брать наибольшие значения μ и увеличивать их на 5—8%.II. ω берется непосредственно из данных измерения.III. H_0 может иметь значения:

- 1) случай затопленного отверстия:

$$H_0 = H_b + \frac{V^2}{2g};$$

2) случай незатопленного отверстия:

$$H_0 = H_c + \frac{V^2}{2g},$$

причем V берется по § 3, п. 2, а H_c и H_b — по § 3 п. 4.

Таблицы значений $H^{1/2}$ приложены в конце части (прилож. 6).

4. Примеры вычислений.

Пример 1. Вода поступает в рабочий водоспуск через отверстие под приподнятым щитом, ограниченное снизу порогом, образуемым неподвижной стенкой. Уровень воды за отверстием стоит ниже верхнего края его (рис. 62).

Отсюда заключаем: данный случай есть недонное и незатопленное отверстие в стенке.

Измерением найдено: $e = 0,40$ м; $V < 0,5$ м/сек.; $b = 2,20$ м; края отверстия удалены от границ потока на расстояния $d_1 = 20$ м и $d_2 = 35$ м; $p = 0,10$ м, $H_c = 0,30$ м.

Находим: μ соответственно п. 3 § 4 берем $= 0,65$, так как имеем совершенное сжатие с боков и слабое — снизу: $20 > 3 \times 2,20$ и $0,10 < 1,20$ ($d > 3b$ и $p < 3e$).

$$\omega = 0,40 \times 2,20 = 0,88 \text{ м}^2;$$

$$H_0 = H_c; H_c^{1/2} = 0,30^{1/2} = 0,548;$$

$$Q = 4,43 \times 0,65 \times 0,88 \times 0,548 = 1,38 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Пример 2. То же условие, что в примере 1, но выступающего порога в водоспуске не имеется: $e = 0,50$ м (рис. 66).

$$H_g = 0,70.$$

Отверстие является донным, с совершенным сжатием с боков.

Проверим условие (4) § 2:

$$e >^{2/3} \left(H_g + \frac{V^2}{2g} \right);$$

для данного случая: $V < 0,5$ м/сек., следовательно можно принять $V = 0$.

Тогда:

$$e >^{2/3} H_g;$$

$$^{2/3} H_g = ^{2/3} \times 0,70 \cong 0,46;$$

$$e = 0,50; 0,50 > 0,46.$$

Значит формула (2) для отверстия в стенке неприменима к данному случаю и следует пользоваться формулой (1), как для водослива с широким порогом:

$$Q = 4,43 m b_c H_0^{3/2} \sigma_n.$$

Здесь $\sigma_n = 1$ (отверстие не затоплено); m принимаем $= 0,38$ (плавный вход).

Коэффициент сжатия ϵ принимаем равным 0,875 (среднее из значений ϵ для данного случая — отсутствие откосных крыльев).

$$\begin{aligned} \text{Тогда} \quad b_c &= 2,20 \times 0,875 \cong 1,93 \text{ м;} \\ Q &= 4,43 \times 0,38 \times 1,93 \times 0,70^{3/2} = 1,90 \text{ м}^3/\text{сек.} \end{aligned}$$

Пример 3. Вода поступает в рабочий водоспуск, переливаясь через опущенный щит (рис. 60); за щитом уровень воды стоит ниже края щита, через который переливается вода. Водоспуск является средним из трех одинаковых, огражденных откосными крыльями; крайние водоспуски не работают.

Случай соответствует незатопленному водосливу через стенку. Измерением найдено:

$$\begin{aligned} b &= 0,90 \text{ м; } V < 0,5 \text{ м/сек; } H = 0,50 \text{ м;} \\ \delta &= 0,08 \text{ м; } d = 1,00 \text{ м; } p = 1,00 \text{ м;} \end{aligned}$$

Находим: $\frac{H}{\delta} = \frac{0,5}{0,08} \cong 6,25$ и видим, что условие (3) § 2 соблюдено — $\left(\frac{H}{\delta} \cong 0,5\right)$. Так как $\frac{H}{\delta} > 2,00$, то значение m берем из таблицы III, § 4: для $H = 0,50$ м и $p = 1,00$ м: $m = 0,44$.

Так как $d = 1,00$ м, а $3H = 3 \times 0,5 = 1,5$ м, т. е. $d < 3H$, то b_c определится по формуле:

$$\begin{aligned} b_c &= b - 0,14H = 0,90 - 0,14 \times 0,5 = 0,83 \text{ м;} \\ Q &= 4,43 \times 0,44 \times 0,83 \times 0,50^{3/2} = 0,57 \text{ м}^3/\text{сек.} \end{aligned}$$

Пример 4. Пусть, при условиях примера 3 — уровень воды ниже щита стоит так, как показано на рисунке 61.

$$z = 0,20; \quad h_n > 0.$$

$$\text{Находим:} \quad \frac{z}{p} = \frac{0,2}{1,0} = 0,2, \text{ т. е. } \frac{z}{p} < 0,7.$$

Значит, имеем случай затопленного водослива в стенке (см. п. 4 § 2).

Так как $\frac{H}{\delta} > 2$, то значения σ_n берем из таблицы V.

Для этого находим $\frac{h_n}{p}$:

Пусть h_n равно разности отметок: $48,650 - 48,350 = 0,30$ м;

$$\frac{h_n}{p} = \frac{0,30}{1,0} = 0,30;$$

По табл. V находим при $\frac{z}{p} = 0,20$ и $\frac{h_n}{p} = 0,30$: $\sigma_n = 0,82$;

$$Q = 0,57 \times 0,82 = 0,47 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Пример 5. Вода поступает на мельничное колесо через совершенно открытый водоспуск, имеющий форму, как на рис. 67; второго перепада за водоспуском не наблюдается.

Схема соответствует случаю затопленного водослива с широким порогом. Скорость подхода $v < 0,5$ м/сек.; $b = 2,20$ м. Отметки воды перед водоспуском и на водоспуске: 48,800 и 48,750; отметка поверхности водоспуска, как среднее из трех определений — 48,550. Водоспуск имеет с обеих сторон направляющие откосные крылья.

$$Q = 4,43 mb_c H_0^{3/2} \sigma_n$$

$$H = 48,800 - 48,550 = 0,25 \text{ м};$$

$$b_c = b \times 0,925 \text{ (среднее из 0,90 и 0,95), т. е. } b_c = 2,20 \times 0,925.$$

m берем = 0,38, как для случая с весьма плавным входом.

Чтобы определить, чему равна σ_n , находим a :

$$a = 48,750 - 48,550 = 0,20 \text{ м.}$$

Проверяем попутно условие затопления:

$$0,6H_0 = 0,6 \times 0,25 = 0,15 \text{ м}$$

и $a > 0,6H_0$, т. е. условие затопления соблюдено.

Значение σ_n находим по табл. 1, вычислив $\frac{a}{H_0}$:

$$\frac{a}{H_0} = \frac{0,2}{0,25} = 0,80.$$

По таблице 1: $\sigma_n = 0,93$.

Тогда расход:

$$Q = 4,43 \times 0,38 \times 2,20 \times 0,925 \cdot 0,25^{3/2} = 1,35 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Пример 6. Вода поступает в рабочий водоспуск через отверстие под приподнятым щитом, ограниченное снизу стенкой. Уровень воды за отверстием стоит выше верхнего края его.

Схема соответствует случаю затопленного отверстия в стенке (черт. 63).

Измерением найдено: $e = 0,40$ м; $v < 0,5$ м/сек.; $b = 2,20$ м; условия бокового сжатия такие же, как в примере 1; высота стенки $p = 0,30$ м; отметки уровней воды: до отверстия — 45,680, за отверстием — 45,530.

Находим: $H_b = 45,680 - 45,530 = 0,15$ м. Проверяем условие вертикального сжатия:

$$3e = 3 \times 0,40 = 1,20 \text{ м, т. е. } p < 3e.$$

Поэтому берем $\mu = 0,65$.

Далее: $\omega = 2,20 \times 0,40$ м;

$$Q = 4,43 \mu \omega H_0^{1/2} = 4,43 \times 0,65 \times 2,20 \times 0,40 \times 0,15^{1/2} = 0,99 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Пример 7. Пусть имеем условия, как в примере 6, исключая то, что скорость подхода воды к отверстию $V > 0,5$ м/сек. Измерив эту скорость (при помощи секундомера и 3-метровой рейки на плаву перед отверстием, позволяющей регистрировать расстояния, проходимые пускаемыми поплавками), получили $V = 0,85$ м/сек.

Тогда в формулу

$$Q = 4,43 \mu \omega H_0^{1/2},$$

вместо $H_0 = 0,15$ м (как в примере 6), следует ввести

$$H_0 = H + \frac{V^2}{2g} = 0,15 + \frac{0,85^2}{2g} = 0,15 + \frac{0,72}{19,62} = 0,187;$$

тогда получим

$$\begin{aligned} \bar{Q} &= 4,43 \times 0,65 \times 2,20 \times 0,40 \times 0,187^{1/2} = 2,55 \times 0,187^{1/2} = \\ &= 2,55 \times 0,433 = 1,10 \text{ м}^3/\text{сек.}, \end{aligned}$$

т. е. принятие в расчет скорости подхода в $0,85$ м/сек. изменило результат лишь на 10%.

5. Некоторые общие указания. Из приведенных способов определения расхода на водосливах наиболее близких к истине результатов следует ожидать от способа, приложимого к случаю прямоугольного водослива в стенке.

Вполне точных результатов (с ошибкой лишь в единицы процента) можно ожидать для этого случая при наличии условия:

$$\frac{H}{\delta} > 2,0.$$

Менее точные результаты дает случай (1) — водослив с широким порогом.

Поэтому, если представляется возможность, при определении расхода на водосливах желательно создавать условия, подходящие к случаю (2) и условию $\frac{H}{\delta} > 2,00$.

ГЛАВА II

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДОВ ПРИ ПОМОЩИ ВОДОСЛИВОВ НА МАЛЫХ ПОТОКАХ.

§ 5. Специальные типы водосливов

1. Общие замечания. Наиболее распространены и удобны в применении такие специальные типы водосливов:

- 1) водослив Чиполетти,
- 2) водослив Томпсона,
- 3) переносная водосливная рамка.

При стационарных изучениях стока на малых потоках широко применяют также так называемые *водяные дюймы* и *водяные модули*. Водяные дюймы представляют собою ряд круглых отверстий в вертикальной стенке, пропускающих определенный расход при определенном напоре. Водяные модули отличаются от водяных дюймов тем, что они приспособлены для измерений более значительных расходов и имеют одно, но более или менее значительное отверстие. В этом последнем отношении вышеназванные типы специальных водосливов можно отнести к водяным модулям.

Конструкции водяных дюймов, а также многочисленные конструкции водяных модулей описываются подробно в специальных курсах по гидрометрии.

2. Водослив Чиполетти.

Отверстие водослива Чиполетти — трапециевидной

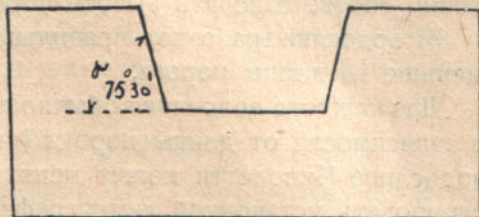


Рис. 68. Водослив Чиполетти.

формы (рис. 68); при такой форме коэффициент расхода μ почти не зависит от величины напора H и равен $\frac{2}{3}\mu = 0,42$; это постоянство является весьма важным достоинством водослива Чиполетти; расход пропорционален длине водосливного ребра. Чиполетти дал для наклона боковых ребер угол в 76° , однако, по позднейшим исследованиям Stevens'a, следует считать, что для водосливов с порогом длиной менее 914 мм углы наклона α должны меняться так:

Длина порога в мм	152,4	304,8	609,6	914,4
угол α	$76^\circ 45'$	$76^\circ 35'$	$76^\circ 15'$	$76^\circ 00'$

Для порогов длиной от 0,9 до 2,7 м — при напорах от 76 до 609 мм — угол может быть принят равным $75^\circ 30'$. Формула для вычисления расхода по водосливу Чиполетти:

$$Q = 1,86 b \cdot h^{3/2} \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Водосливы Чиполетти дают высокую точность при соблюдении следующих условий:

1) с верховой стороны, для уменьшения скорости подхода, должен быть отстойный бассейн, периодически очищаемый от наносов;

2) порог водослива должен быть поставлен строго горизонтально по уровню, а края его должны быть достаточно остры;

3) под струю, ниже порога, должен быть обеспечен доступ воздуха, что можно достигнуть уширением русла ниже стенки водослива;

4) рейка, по которой производится измерение уровней, должна находиться от щита не менее, чем на 1-2 м, а нуль ее должен точно соответствовать высоте порога;

5) водослив работает правильно только тогда, когда напор меньше $\frac{1}{3}$ длины порога.

Для каждого водослива обычно составляется таблица расходов в зависимости от длины порога b и напора h . Так как напор на водосливе Чиполетти может меняться, то его необходимо регистрировать установкой лимниграфа.

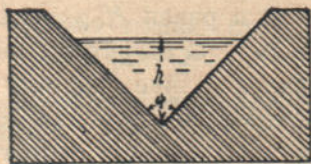


Рис. 69. Водослив Томпсона.

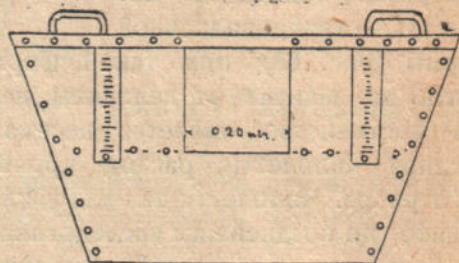


Рис. 70. Водосливная рамка.

3. Водослив Томпсона. Американский профессор Томпсон предложил водослив с треугольным отверстием (рис. 69); коэффициент расхода этого водослива в определенных пределах также можно считать постоянным. Для угла $\varphi = 90^\circ$ и размеров в метрах применима формула

$$Q = 1,4 h^{5/2} \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Общий вид формулы для водослива Томпсона:

$$Q = 4,28 \mu \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} h^{5/2} \text{ (в футах).}$$

4. Водосливная рамка. Весьма удобна для пользования также переносная водосливная рамка, показанная на рис. 70. Такая рамка изготавливается из листового железа толщиной в $1\frac{1}{2}$ -2 мм с прикрепленными к ней для жесткости железными полосками; прямоугольный вырез размером $0,2 \times 0,2$ м имеет острые края; вдоль вертикальных ребер нанесены деления в миллиметрах так, что 0 шкалы совпадает с горизонтальным нижним ребром. Такая рамка годна для измерения расходов от 60 000 до 200 000 ведер в сутки (750—2500 м³/сут., около 9 л/сек.). Устанавливают водосливную рамку, вдавливая ее в русло ручья; установка проверяется одинаковыми отсчетами уровней по обеим шкалам; эти отсчеты и допускается брать за высоту напора. Расход вычисляется по формуле:

$$Q = \mu \cdot b \cdot h^{3/2} \sqrt{2g} \text{ (в м}^3\text{/сек.)}$$

Коэффициент μ для длины порога b , по опытам Лебро, при условии наличия перепада за нижним краем отверстия, равен:

При h в м	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10	0,14	0,18	0,20
μ	0,417	0,407	0,401	0,397	0,395	0,393	0,392	0,390

§ 6. Временные и постоянные устройства

1. Временные водосливные устройства осуществляются путем временной установки одного из описанных выше типов специальных водосливов, или водослива по типу тонкой стенки или отверстия в стенке. Само собою разумеется, что в таких случаях следует иметь в виду надлежащее изготовление и установку водослива: 1) достаточно тонкий верхний край стенки, 2) горизонтальность ребра стенки или отверстия, 3) отсутствие просачивания и фильтрации в обход водослива, и др. Наиболее просто можно соорудить временный водослив из доски с заостренным краем, устанавливаемой поперек ручья на временной запруде из земли или досок.

Расчеты в таких случаях производятся применительно к изложенному выше в §§ 2—5.

2. Постоянные водосливы на малых речках. Для точного длительного измерения расходов малых речек, в особенности горного типа, т. е. с изменчивым дном, неправильным руслом и быстрым течением, удобно устройство постоянных водосливов из бетона, с каменным основанием или деревянных — с шпун-

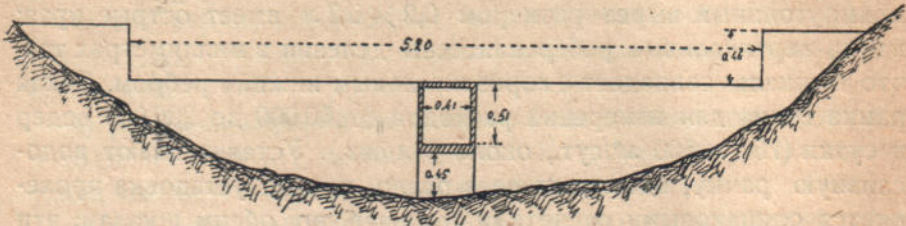


Рис. 71. Водослив с отверстием для малых расходов.

товым ограждением, для предотвращения просачивания воды под водослив в обычном для указанного типа речек галечном или наносном русле. Для измерения весьма малых меженных расходов в таких водосливах нередко делают посередине узкое отверстие (рис. 71), куда вставляют водосливную мегаллическую рамку с прямоугольным или трапециoidalным отверстием; во время паводка рамка вынимается и отверстие закрывается щитом так, что вода переливается через гребень; при низком горизонте, если измерений не производят, — отверстие открывают до-низу, во избежание занесения наносами пространства выше водослива.

ЧАСТЬ VI

ИЗМЕРЕНИЕ РАСХОДОВ БАТОМЕТРАМИ

§ 1. Батометр В. Г. Глушкова и принципы его применения

1. Батометр В. Г. Глушкова, названный им складным батометром-тахиметром, относится к типу батометров так называемого „длительного“ наполнения. Прибор состоит из резинового мешка и

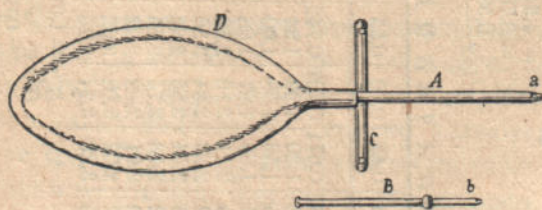


Рис. 72. Батометр Глушкова.

медной трубки *A* с заостренным концом (носиком) *a* (см. рис. 72). Внутренний диаметр трубки — около 6 мм; имеется запасная трубка *B* с внутренним диаметром в 4 мм, которая вставляется в

трубку *A* в случае больших скоростей, для удлинения срока наполнения батометра. Стержень *C*, соединенный с трубкою *A* под прямым углом и имеющий на концах дырочки, служит для привязывания батометра к деревянному шесту-штанге.

2. Область применения батометра. Батометр Глушкова удобно применять для измерения расходов на малых неглубоких реках, особенно в условиях неприменимости вертушечных измерений.

Помимо измерения скоростей, батометр Глушкова удобен для взятия проб воды для определения количества взвешенных в воде наносов.

3. Принцип действия прибора состоит в том, что количество воды, поступающее в батометр через отверстие его приемной трубки в единицу времени, является пропорциональным скорости течения в точке вертикали, в которой прибор установлен.

Соотношение между скоростью течения V и объемом воды, попадающей в батометр в единицу времени, определяется путем предварительной тарировки прибора.

Процесс тарировки таков, как и при тарировке вертушек, с той разницей, что ищется соотношение между скоростью движения тарируемого батометра и поступающим в него количеством воды Q при длине пути S и времени прохода этого пути t сек.

Отсюда определяется приток воды в 1 сек. q :

$$q = \frac{Q}{t} \text{ и скорость } v = \frac{S}{t}.$$

Возможно тарировку батометра осуществлять сравнением его с показаниями вертушки, путем поочередной установки их в одних и тех же точках вертикалей.

4. Уравнения батометра. Зависимость между величинами q и v выражается или уравнением или тарировочною кривою; опыт показал, что тарировочная кривая батометра представляет собой прямую линию, имея криволинейное начертание лишь в самом начале при $q < 2-3 \text{ см}^3$ в 1 сек. Поэтому уравнением батометра служат зависимости вида: $V = a + \beta q$.

Так как каждый батометр снабжен добавочным вставным носиком для измерения больших скоростей, то должны быть даны две тарировочные кривые.

§ 2. Измерение расходов батометром Глушкова

1. Применение батометра для измерений скоростей в отдельных точках производится следующим образом:

Батометр привязывают бичевою к штанге или шесту так, чтобы трубка его A была перпендикулярна к штанге; удобно в деревянном шесте-штанге просверливать отверстие для пропуска этой трубки.

Весьма удобно осуществляется установка батометра в нужном строго горизонтальном (и при том — перпендикулярном к направлению створа) положении путем применения особого держателя¹; этот держатель (см. рис. 73) легко может быть изго-

¹ По предложению П. Н. Петрова.

товлен следующим образом: в деревянной колодке, сечением около двух толщин штанги и длиной в $3-3\frac{1}{2}$ сечения штанги, делается выем по форме штанги; выем перекрывается железной пластинкой, вращающейся в одном своем конце на оси - гвозде

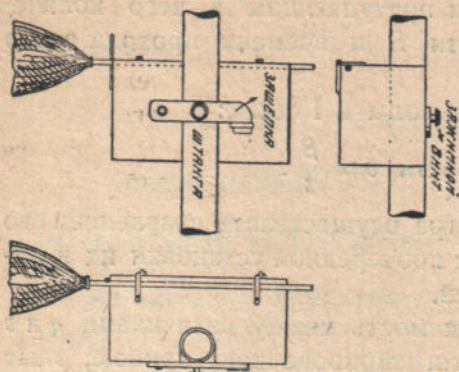


Рис. 73. Держатель для батометра Глушкова.

или винте, а в другом конце снабженной крючком - защелкою; в середине пластинки помещается упорный зажимный винт; вложив штангу в выем держателя и закрыв пластинку на крючок, зажимают штангу затем упомянутым выше зажимным винтом. Для укрепления батометра в колодке держателя, сверху, по другую сторону от выема, делается узкий жолоб вдоль всей колодки держателя и глубиной в толщину трубки батометра; батометр закрепляют в жолобе путем специальных защепок или, при отсутствии таковых, путем крепкого привязывания трубки бичевою. При таком устройстве для установки батометра на любой глубине можно пользоваться обычной металлической штангой применяемой для вертушек; штангу упирают в дно, а батометр представляют по высоте штанги вместе с подвижным держателем.

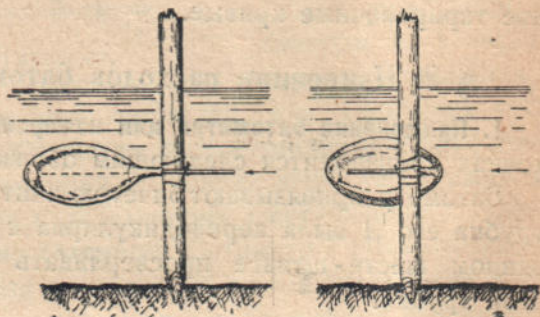


Рис. 74. Применение батометра Глушкова.

Перед опусканием прибора в воду из баллона удаляют воздух, сжимая баллон рукою; прибор опускают в воду на ту глубину вертикали, в которой необходимо определить скорость, так, чтобы носик

был повернут по течению, т. е. был пригнут к телу батометра (рис. 74). Затем штангу быстро поворачивают до того положения, когда носик делается перпендикулярным к плоскости живого сечения и направлен против течения; в этот же момент пускают в ход секундомер. Вода входит в баллон и постепенно его наполняет. Емкость баллона — около 1200 куб. см; выждав некоторое время, достаточное по предварительным соображениям, чтобы баллон наполнился на $\frac{3}{4}$ своего объема, одновременно останавливают секундомер и отворачивают штангу в исходное положение, т. е. на 180° вокруг оси. Прибор затем вынимают вместе со штангой и измеряют объем воды Q , притекшей в баллон за данное время. Это измерение производится или при помощи градуированной мензурки, или же путем взвешивания воды из батометра на весах ($1 \text{ г воды} = 1 \text{ куб. см ее объема}$).

Зная величину Q , находят $q = \frac{Q}{t}$, по которому и определяется скорость в данной точке V по вышесказанному (§ 1, п. 4).

2. Порядок работы. Порядок работы при определении расхода помощью батометра в общем целиком совпадает с порядком работы при вертушечных измерениях, описанных выше, в части IV, гл. III, §§ 10, 11 и 13. Так же производятся предварительно промеры живого сечения, назначаются скоростные вертикали, выбираются точки для измерений на отдельных вертикалях, и т. п. Записи измерений скоростей удобно выполнять по следующей примерной форме:

Названия скоростных вертикалей	Глубины погружения батометра	Продолжительность наблюдений в сек.	Объем воды притекшей в батометр Q в куб. см	Приток воды в сек. $q = \frac{Q}{t}$ в куб. см	Скорость в точке измерения V м/сек.

3. Обработка данных измерений. После вычисления скоростей в точках измерений вычисление расхода производится по тем же правилам, что и при вертушечных измерениях (см. часть IV,

гл. IV, § 15). Обычно, при измерениях на малых реках, применяют упрощенный аналитический способ, изложенный в части IV, гл. IV, § 19.

4. Точность результатов. При надлежащем применении батометры Глушкова могут давать весьма хорошую точность, приближающуюся к точности вертушечных измерений в аналогичных условиях. Необходимо тщательно следить, чтобы: 1) трубка батометра была бы направлена перпендикулярно к направлению створа, 2) чтобы трубка батометра была строго горизонтальна.

ЧАСТЬ VII

КАМЕРАЛЬНЫЕ РАБОТЫ

§ 1. Общее содержание камеральных работ

1. Общие замечания. Планомерное, правильное и целесообразное выполнение полевых гидрометрических работ должно быть обеспечено надлежащей постановкой камеральных работ, т. е. работ, производимых в кабинетной обстановке.

Последние работы прежде всего должны иметь в виду непрерывное наблюдение за ведением полевых работ, их поверку и целесообразное распределение.

2. Содержание камеральных работ. В связи со [сказанным, в объем камеральных работ, непрерывно связанных с полевыми, должно входить следующее:

- 1) первичная обработка данных наблюдений за уровнями;
- 2) первичная обработка данных измерений расходов;
- 3) поверка правильности данных наблюдений и измерений;
- 4) учет и планирование работ.

Особо можно поставить специальные обработки уровней и измерений расходов, преследующие цели как специальных заданий, так и вычислений обще-результативного характера, например, определение водоносности реки.

Эти последние работы могут быть выполняемы независимо от хода полевых работ.

§ 2. Первичная обработка и поверка уровней

1. Приводка к нулю. Первичная обработка записей наблюдателя водомерного поста начинается с приведения записей к нулю наблюдений или нулю графика поста (см. ч. II, § 1, п. 2),

если таковой не совпадает с нулем наблюдений. Для свайных постов при записях уровней в виде отсчетов над отдельными сваями (см. ч. II, § 17), приведению наблюдений к нулю графика поста должно предшествовать приведение их к нулю наблюдений.

2. Вычисления средне-суточного уровня. Далее производятся вычисления средне-суточного уровня (см. ч. II, § 14, п. 1).

При однократных измерениях в сутки за средне-суточный принимается наблюденный уровень.

При *трехкратных* наблюдениях и при малых суточных колебаниях горизонтов средний суточный уровень $H_{\text{ср}}$ определяется, как среднее арифметическое из всех трех отсчетов, т. е. по формуле

$$H_{\text{ср}} = \frac{H_7 + H_{13} + H_{19}}{3} \dots \dots \dots (1)$$

где значки при H обозначают часы наблюдений (в системе 24 часов в сутки).

При тех же наблюдениях, но при значительных колебаниях горизонтов, $-H_{\text{ср}}$ определяется по формуле инж. Глушкова:

$$H_{\text{ср}} = \frac{H_7 + H_{13} + H_{19}}{3} + \frac{H'_{19} - H_{13}}{12} + \frac{H''_7 - H_{19}}{24} \dots \dots \dots (2)$$

где H — наблюдения в данные сутки,
 H' — „ „ предшествующие сутки,
 H'' — „ „ последующие сутки,

а цифры при буквах обозначают часы наблюдений.

При наблюдениях по *минимально-максимальным рейкам* средний суточный уровень вычисляют по формуле:

$$H_{\text{ср}} = \frac{H_{\text{min}} + H_{\text{max}} + H_7 + H_{19} + H'_7}{5} \dots \dots \dots (3)$$

При *лимниграфных* наблюдениях средний суточный уровень находится как средняя ордината лимнограммы за сутки; наиболее просто это может быть выполнено при помощи прозрачной пластинки с нанесенной на ней горизонтальной чертой (см. рис. 75); черта FE должна разделить кривую уровней так, чтобы площадки вверх и вниз от FE были бы равны.

3. Поверка уровней. Далее рекомендуется производить критическую поверку правильности полученных приведенных данных. Поверка эта может быть лучше всего осуществлена после графического изображения данных наблюдений в виде графиков колебаний уровней или лимниграмм (см. образец — рис. 76).

Масштаб для лимниграмм (графиков уровней) следует выбирать такой, чтобы чертеж получился достаточно ясным; напр., для уровней: в 1 см — 5, 10 или 20 см, для дат: в 1 см — 4 или 5 суток. На графиках уровней обязательно надо обозначать фазы ледохода и ледостава; удобно эти обозначения

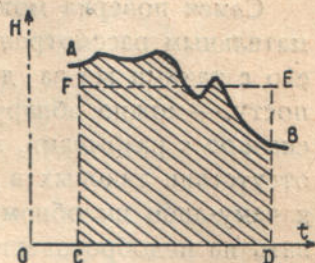


Рис. 75. Нахождение среднего уровня из лимниграммы.

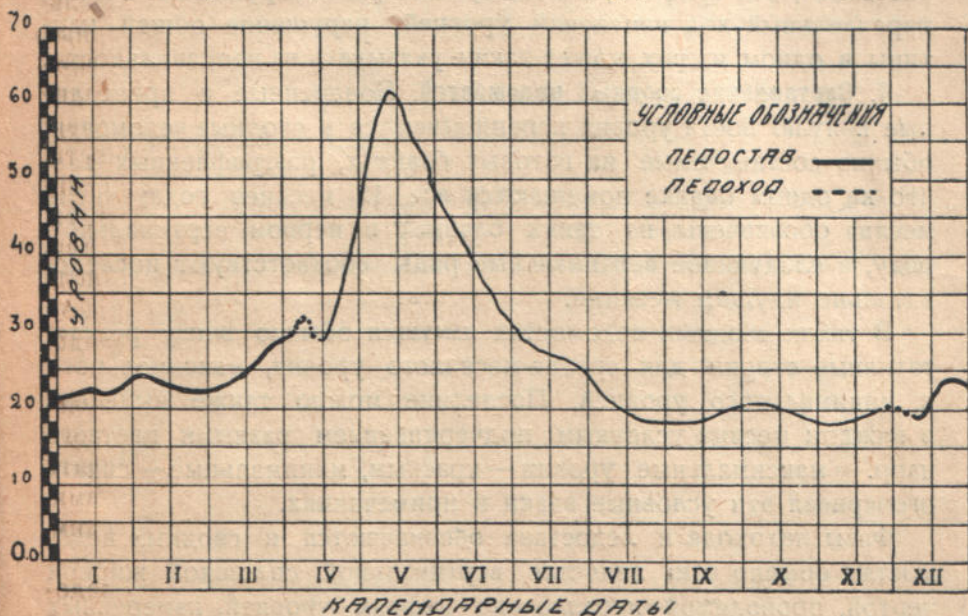


Рис. 76. График колебаний уровней.

делать так, как показано на рис. 76. [В прежних изданиях б. М. П. С. фазы ледохода и ледостава обозначаются сплошной (ледостав) или заштрихованной (ледоход) полосками, наносимыми

выше графика уровней горизонтально, на протяжении соответствующих периодов].

Самая поверка может осуществляться разными путями. Внимательным рассмотрением графика колебаний и сопоставлением его с такими же за другие месяцы и годы по данному водопосту, — можно обнаружить наличие в данном графике резких скачков с разрывами, или совершенно ровных площадок — при отсутствии таковых в других; это — при неимении предпосылок к чему-либо подобному в режиме данной реки — может указывать на недобросовестность или ошибки наблюдателя; весьма часто ошибки в наблюдениях можно обнаружить при параллельном сопоставлении графиков нескольких смежных водомерных постов, лежащих на одной реке или даже в соседних близких бассейнах; эти графики, в общем, зачастую обнаруживают вполне параллельный ход изменений уровней; нарушение общей картины в одном из них может также указывать на неправильности.

4. Составление сводных ведомостей. Поверенные и приведенные к нулю поста уровни переписываются в сводные ведомости, обычно составляемые на готовых бланках, разграфленных так, что на одном бланке помещаются все 12 месяцев года; числа месяца обозначены на таких бланках в первом вертикальном ряду, а следующие вертикальные ряды соответствуют последовательно идущим месяцам.

В таких сводных ведомостях имеются обычно внизу результативные строки для средне-месячного уровня, максимального и минимального уровней. Последние можно также выделять в каждом месяце условным подчеркиванием разными цветами, напр. — максимальные уровни — красным, минимальные — синим, оговаривая эти условные знаки в примечаниях.

Фазы ледохода и ледостава обозначаются в сводных ведомостях обычно так: ледостав вертикальной сплошной жирной чертой, проводимой параллельно цифрам уровней, измеренных при ледоставе, справа от них; ледоход — так же, но пунктирной линией; сбоку ведомости имеется обычно место как для более детальных замечаний о различных явлениях в жизни реки (напр., длительность ледостава, ледохода — осеннего и весеннего), так и для данных о работе и состоянии водомерного поста.

§ 3. Первичная обработка и контроль измерений расходов

1. Поверка полевых вычислений. Первичная обработка измерений расходов должна начинаться с проверки полевых записей и вычислений. В случае больших рек и в случае измерений не менее чем в 5 точках на вертикалях, рекомендуется проверку вычислений скоростей в точках выполнять построением кривых скоростей на вертикалях; плавный ход кривых подтверждает правильность измерений и вычислений.

2. Выполнение окончательных расчетов. Выполнение окончательных вычислений измеренного расхода делается по правилам, изложенным в ч. IV, §§ 17—20.

3. Графическое изображение элементов расходов. Весьма важно непрерывно сопоставлять результаты выполняемых измерений расходов у данного пункта с уже выполненными ранее.

Такие сопоставления своевременно укажут на: 1) ошибочность отдельных измерений, 2) наличие у места измерений условий, исключающих возможность построения непосредственной зависимости между уровнями и расходами: размывы русла, зарастание русла травой, наличие переменного подпора. Указанные сопоставления для расходов, измеренных при свободной ото льда воде, удобно производить графически. В этих целях для каждого пункта измерений заводится на миллиметровой клетчатке *контрольный чертеж* измерений расходов; по оси абсцисс наносятся уровни по рейке места измерения расходов, а на оси ординат размечаются три шкалы: 1) шкала расходов (в $m^3/сек.$), 2) шкала площадей живого сечения (в m^2) и 3) шкала средних скоростей (в $m/сек.$). Масштабы выбираются так, чтобы все указанные характеристики могли бы быть нанесены на чертеж с соответствующей измерениям точностью (см. ч. IV, § 15); иначе говоря, один миллиметр делений клетчатки должен соответствовать 2—5% каждой из изображаемых характеристик в приблизительно среднем их интервале. Далее, на контрольный график наносятся точки измерений расходов Q , измеренных площадей живого сечения F и вычисленные средние скорости в живом сечении $V_{ср}$ (рис. 77).

Точки измерений следует сопровождать надписями дат изме-

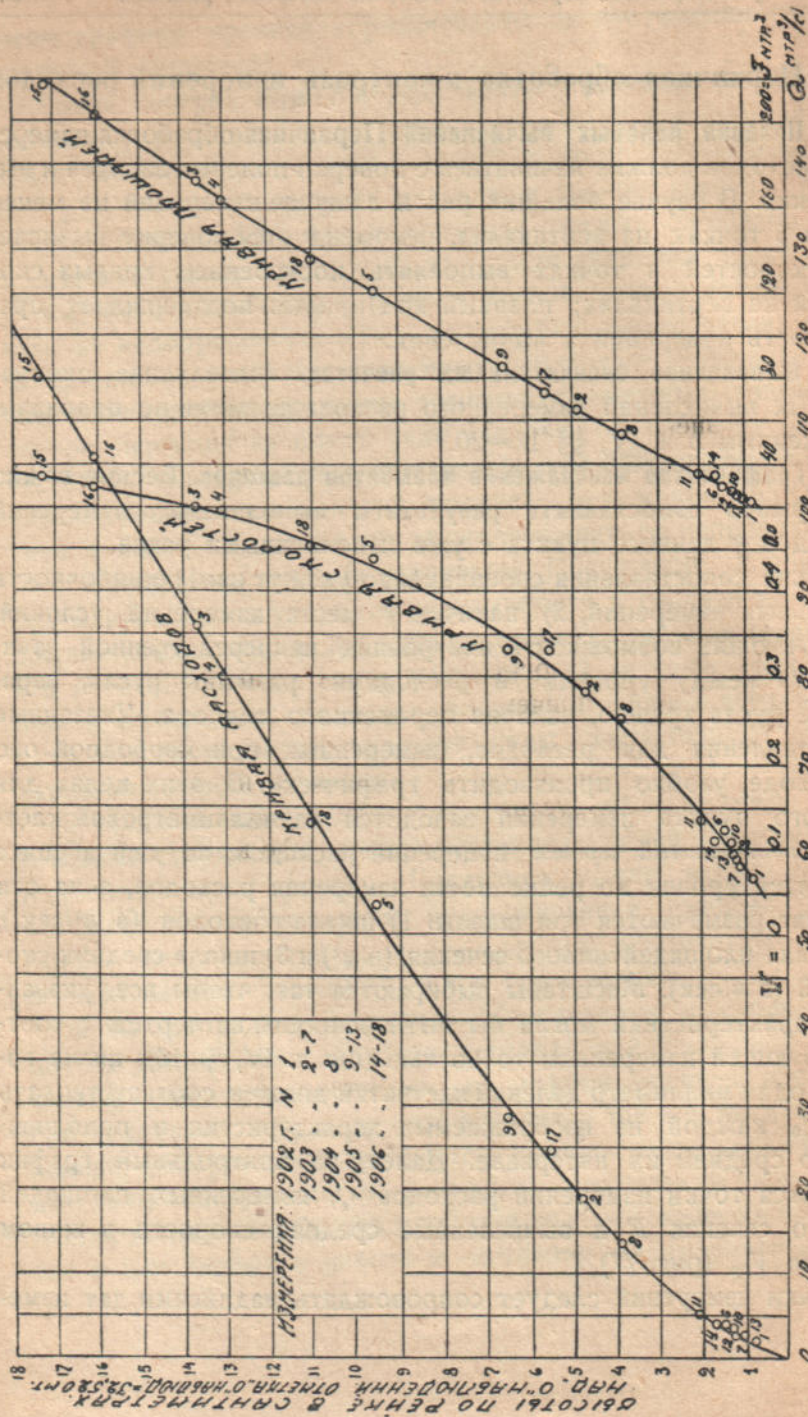


Рис. 77. Кривые расходов, площадей и средних скоростей.

рений, а также выделять случаи измерений при интенсивном подъеме или спаде (на рис. 77 эти обозначения, для того, чтобы не затемнять чертежа, не показаны).

Могут иметь место такие главные случаи:

1) Точки Q , F и $V_{\text{ср}}$ располагаются по намечающимся правильным кривым; в этом случае измерения производятся правильно и условий, нарушающих однозначность соотношений Q и H , нет.

2) Точки F и $V_{\text{ср}}$ ложатся разбросанно, а точки Q — правильно; в этом случае в живом сечении створа имеют место изменения уклонов и живых сечений, но русло и уклоны у пункта измерений уровней — водомерного поста — остаются неизменными.

3) Точки F ложатся правильно, а точки $V_{\text{ср}}$ и Q разбросанно; в этом случае может иметь место следующее: а) измерения производятся неудовлетворительно, б) имеют место на водомерном посту явления переменного подпора, в) имеют место явления зарастания русла; г) наконец, могут иметь место условия, благоприятствующие резкому различию уклонов при спаде и подъеме воды. Условия п. (г) могут быть установлены по обозначениям спада и подъема, причем точки Q для спада и подъема в этом случае располагаются обычно по некоторым двум плавным ветвям (см. рис. 78); условия (в) могут быть выяснены из непосредственных характеристик русла; наибольшие отклонения точек Q и $V_{\text{ср}}$ влево должны иметь место в этом случае в периоды наибольшего развития вегетации в русле.

4) Точки $V_{\text{ср}}$ ложатся правильно, а точки F и Q — разбросанно; в этом случае имеют место равномерные, на более или менее значительном протяжении, изменения русла (без изменения уклона).

Во всех указанных случаях (для летних измерений), при обнаружении результатов, препятствующих установлению непосредственной зависимости уровней от расходов, — следует немедленно принять меры или к дополнительному учету факторов, искажающих зависимость Q от H (см. ч. I, § 8 и ч. II, § 5, п. 8), или выбрать новые места для измерения расходов и регистрации уровней.

Для зимних измерений точки F , $V_{\text{ср}}$ и Q нормально должны

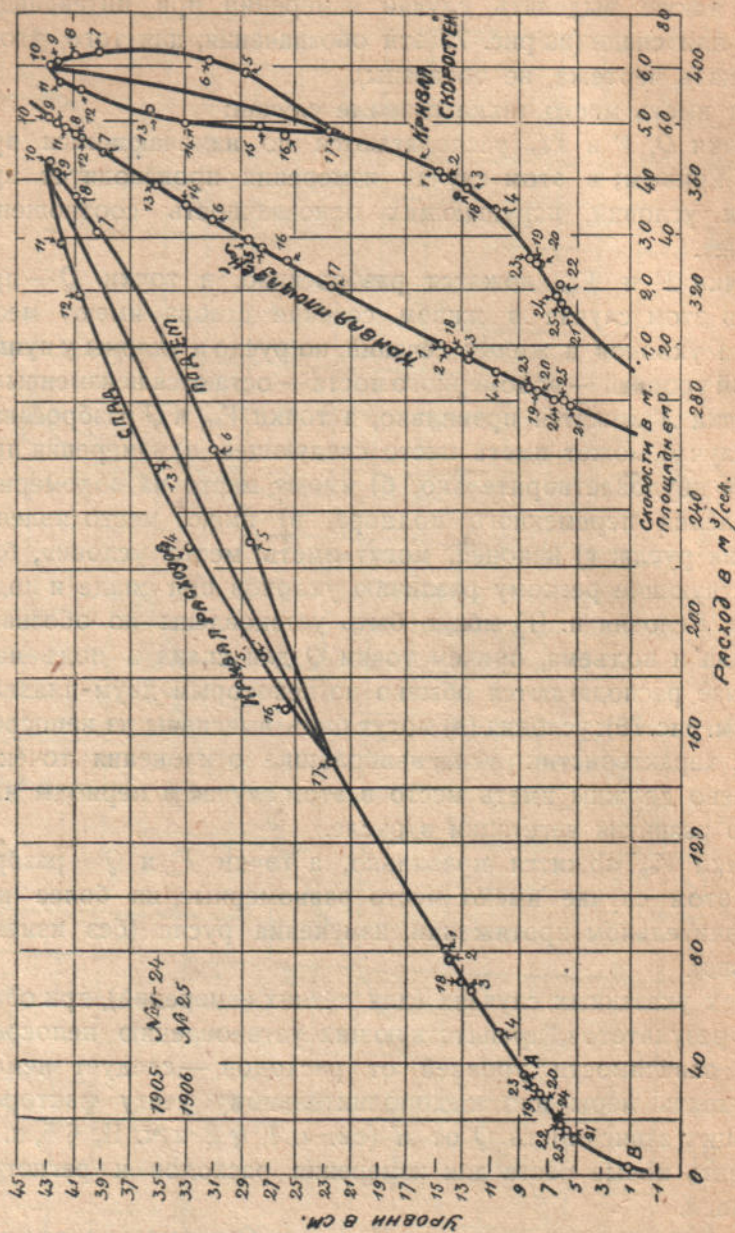


Рис. 78. Кривые расходов, площадей и скоростей для случая резких разниц уклонов при спаде и подъеме.

ложиться влево и в стороне от соответствующих им по уровням летних измерений. Правильность зимних измерений, ввиду значительной сложности зимнего режима реки, может быть проверена более специальными приемами, которых здесь касаться не будем.

Во всяком случае расположение точек зимних измерений даже приблизительно по одной какой-либо кривой — может иметь место весьма редко.

4. Составление сводных ведомостей. Выверенные по предыдущему расходы следует немедленно заносить в сводные ведомости по измерениям расходов у данного пункта.

В заголовке ведомости указывается: 1) река, 2) пункт измерения (расстояние до ближайшего населенного пункта и номер водомерного поста), 3) площадь бассейна до пункта измерения, 4) краткая характеристика бассейна, 5) отметка нуля поста, к показаниям которого относятся измерения, 6) год основания поста, 7) характер русла и поймы у места измерения, 8) особые условия створа (наличие подпора, зарастания, размывов и наносов).

В самой ведомости могут иметь место графы, показанные в примерной форме на стр. 210.

В сводной ведомости полезно оставлять место для примечаний общего характера, в частности, для отметок характерных условий участка измерений и для отметок о результативных обработках расходов.

5. Контрольно-учетный журнал. В целях правильного планирования работ по измерению расходов, полезно вести контрольно-учетный журнал.

В контрольно-учетном журнале ведутся контрольные записи с учетом таких возможных случаев измерения расходов:

1) измерения расходов, нужные для построения новых кривых расхода (для новых мест наблюдений или для старых, при наличии изменений в условиях течения реки);

2) измерения расходов, которые следует выполнить для того, чтобы можно было бы имеющиеся для некоторой амплитуды колебаний кривые расходов продолжить до уровня самых высоких или самых низких вод, т. е. получить расходы для удлинения и дополнения имеющихся кривых;

3) контрольные измерения расходов для поверки уже построенных кривых расходов, большей частью для низких уровней;

4) измерения расходов при наличии ледовых явлений. Примерная форма контрольно-учетного журнала дана ниже.

Форма контрольно-учетного журнала по измерению расходов.

Составлено в году.

№№ пунктов по порядку	Место измерения расходов				Амплитуды колебаний уровней				Замечания об особых условиях измер., (налич. растител., перем. русло и др.)	
	Река	Пункт	Номер поста	Дата открытия поста	При открытом русле:		При ледовых явлениях:			
					от	до	от	до		
	1	2	3	4	5	6	7	8		9

(Продолжение формы).

Кривые расходов для открыт. русла					Измерения зимних расходов														
Имеются ли вообще	В пределах каких уровней они надежны		В пределах каких уровней расходы измерялись с г. по г.		Выполнены на протяжении какого числа зимних периодов	Сколько измерений приходится на													
	от	до	от	до		первый месяц зимы	середи-ну зимы	послед-ний месяц зимы	ледоход										
										11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

(Продолжение формы)

Уровни, при которых были измерены расходы в гидрологические годы (см. примечания в конце формы)					
1930	1931	1932	1933	1934	1935
21	22	23	24	25	26

(Окончание формы).

Уровни, при которых должны быть измерены расходы в гидрологические годы (см. примечания в конце формы)					
1930	1931	1932	1933	1934	1935
27	28	29	30	31	32

Примечания: 1. Уровни измерений при ледовых явлениях обозначаются: 1) в начале зимы — синий цвет; 2) в середине зимы — синий цвет — подчеркнуть один раз; 3) в конце зимы — синий цвет — подчеркнуть два раза; 4) ледоход — синий цвет — подчеркнуть три раза.

2. Следует вписывать отклонения измеренных расходов от имеющихся измерений или кривых расходов, выраженные в процентах, — красным цветом.

Такой журнал, будучи составлен тщательно, дает возможность в любой момент наметить наиболее целесообразное распределение работ по измерениям расходов на ближайшее время, а также проконтролировать выполнение плана работ.

§ 4. Понятия о специальных обработках

1. Цели специальных обработок могут быть различны (см. ч. I, §§ 6 и 13).

Цели изучения водоносности рек, например, для использования их энергии, требуют выполнения вычислений стока реки за весь период наблюдений, с последующим выделением средних, наиболее постоянных и крайних характеристик стока, а также распределения их повторяемостей, — по годам, сезонам и месяцам.

Цели осушительной мелиорации могут требовать специальных обработок уровней и некоторых характеристик расходов, имеющих место в течение весенне-летне-осеннего сезона года. Мелиорация обводнительная может интересоваться только одними характеристиками стока и притом только на протяжении вегетационного периода.

Также могут быть совершенно не нужны детальные обработки уровней для целей водоснабжения, осуществляемого путем устройства на речках водохранилищ; в этом случае интерес

представляют только детальное распределение колебаний стока и максимальные возможные расходы бассейна.

2. Понятие о специальных обработках уровней. Главнейшие приемы специальных обработок уровней имеют в виду:

1) установление средних и крайних характеристик уровней — наивысших и наименее низких, — для различных периодов, с приведением соответствующих дат;

2) нахождение повторяемости и продолжительности стояния уровней для разных периодов.

Следует иметь в виду, что в однородные обработки можно вводить лишь однородные уровни, т. е. или имеющие место при открытом русле, или зимние, при наличии льда.

3. Понятие о приемах обработок расходов. Первая стадия специальных обработок расходов состоит в установлении зависимости между уровнями и расходами, т. е. в построении кривой расходов. Простейший прием такой обработки для случая свободного русла указан в § 3, п. 3. Для установления зависимости между уровнями и зимними расходами, измеренными при наличии в сечении реки льда, применяются иные, более сложные приемы. Эти последние, как и более сложные случаи построения кривых расходов для свободного русла, — рассматриваются в специальных инструкциях и курсах гидрометрии.

Вторая стадия специальных обработок, использующая измерения расходов, имеет целью вычисление стока. Наконец, последняя стадия обработок этого рода имеет в виду выводы характеристик колебаний стока, выполняемые, в общем, аналогично специальным результирующим обработкам уровней.

ГЛАВНЕЙШАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Близняк Е. В., проф. Производство исследований рек, озер, водоразделов. Гл. XI, стр. 105—135. Москва, 1927.
2. Близняк Е. В., проф. Исследование зимнего режима рек. Труды II Всесоюз. гидрологич. съезда, ч. II. Лнгр. 1929, стр. 73—84.
3. Владычанский В. И. Гидрометрия. Ташкент, 1924, стр. 135.
4. Временная инструкция по устройству гидрометрических станций и постов и ведению работ на них. Труды Ср.-Аз. оп.-исслед. и-та вод. хоз. Вып. 6/11. Ташкент, 1929, стр. 59.
5. Глашков В. Г., проф. Условия, каким должно удовлетворять расположение гидрометрического поста. Изд. Отд. зем. улущ.

6. Глушков В. Г., проф. О постановке гидрометрических работ. Труды I Всерос. гидрол. с'езда, 1924 г. Лнгр. 1924.

7. Глушков В. Г. проф. О точности гидрометрических работ. Там же.

8. Глушков В. Г., проф. Ряд статей в отчетах гидром. части в Туркестане за 1910 г., стр. 243—260, 23—43, 475—77, и др. и в изд. Упр. гидром, ч. Европ. Рос. 1915 г.

9. Инструкция № 1 для подробных исследований рек Упр. внутр. вод. путей и шос. дорог, утв. 28/V 1911 г., 137 стр.; то же, ч. III — для производства работ на постоянных гидрометр. станциях. 1914, стр. 141.

10. Инструкция изд. 6. отд. зем. улучш.: для устройства простейших типов водомерных постов; для наблюдения за горизонтом воды; для устройства створных сечений; для выбора места под водомерные посты; для измерения расхода вертушкою; для измерения расхода поплавками; для производства наблюдений над зимним состоянием реки.

11. Инструкция для наблюдения за зимним состоянием рек Рос. гидр. ин-та, Лнгр. 1925.

12. Инструкция по определению расходов на водоспусках и в свободном русле реки (в условиях изысканий), сост. инж. А. В. Огиевским. Изд. СЕВОМО. Киев, 1927, стр. 34.

13. Коллупайло С. И. Гидрометрия. Москва, 1918, 268 стр. (литогр.).

14. Коллупайло С. И. Зачем нужна гидрометрия. Москва, 1921, 28 стр. (литогр.).

15. Крылов А. И., инж. Гидрометрия. Материалы по изысканиям и исследованиям рек Волжского бассейна. Казань, 1918, стр. 194.

16. Марюгин Т. П. Определение расхода рек во время ледохода. Труды II Всесоюз. гидрологич. с'езда, ч. II. Лнгр. 1929, стр. 147—150.

17. Марцелли М. И., проф. Некоторые данные по гидрологии поверхностных текущих вод. Курс внутр. водн. путей сообщений. Т. I. К. Акулова, М. Марцелли и Е. Бриллинга. ГИЗ, М.-Л., 1927, стр. 1—103.

18. Огієвський А. В., інж. Елементи раціональної методики гідрометричних дослідів (на малих несудноплавних річках). Вісті Н.-Д. Ін-ту Водн. госп. України, т. I. Київ, 1927, стор. 65—82.

19. Огієвський А. В., інж. Навіщо треба робити спостереження над рівнями річок. Київ, 1926, стор. 14.

20. Огієвський А. В., інж. Питання гідрології за кордоном. (Звідомлення про закордонне відрядження до Німеччини, Австрії й Франції 4/IX—20/XII 1927 р.). Київ, 1929, стор. 93 з 36 рис.

21. Огиевский А. В., инж. Некоторые данные о зимнем и ледовом режиме украинских рек и его изучении. Труды II Всесоюз. гидрологич. с'езда, ч. II. Ленинград, 1929, стр. 84—89.

22. Огієвський А., інж. та Оппоков Є., акад. Гідрометрія. Підручник для ВТУЗ'ів. ДВУ. Київ, 1930, стор. 352 з 260 рис. (указатель литературы).

23. Оппоков Е. В., инж. Статьи по гидрометрии в Техн. Энциклоп. т-ва „Просвещение“, 1916 г., в т. II, т. IV и в т. VII.

24. Соколов Н. Н. По вопросу о методах и приемах гидрометрических работ (заметки о гидром. работах на р. Зее в 1907—1909 г.) СПб., 1912, 175 стр. Матер. к инстр. по исслед. водн. пут., вып. I.

25. Тяпкин Н. Д. Приборы для определения скоростей и расходов воды в открытых руслах (реках и каналах). М. 1901, текст и атлас. (Указатель литературы).

26. Hoyt I. C. and Grower N. C. River Discharge. New-York, 1921.

27. Liddel W. A. Stream Gaging. New-York, 1927, p. 238.

28. Ott A. Dr.-Ing. Kurze Uebersicht über die Verfahren und Instrumente der Hydrometrie. Kempten, 1923.

ТЕХНИЧЕСКИЙ СПИСОК

водомерного поста¹

А. — При составлении технического списка обязательно должны быть заполнены пп. 1—35.

Б. — Ведомости пп. 36 и 37 заполняются постепенно при обнаружении или исправлении повреждений и при поверках постов.

- | | | | | |
|---|-----------------|---|---------------------|---|
| 1. Река (канал, озеро) | | | | |
| 2. Республика (область) | | Губерния ² (округ) | | |
| Уезд (район) ² | | Волость ² | | Селение ² |
| 3. Почтовая контора
в гор., селе | в | км | Сообщение | |
| 4. Телеграфная контора
в гор., селе | в | км | поста | |
| 5. Железнодорожная станция
или пристань | в | км | с ними | |
| 6. Ближайшее селение
(город) | в | км | по какой | |
| 7. АДРЕС: почтовый | | | дороге | |
| „ телеграфный | | | | |
| 8. Фамилия, имя и отчество наблюдателя | | | | |
| Род занятий | | | | |
| | | | | расстояние от его жилища до поста |
| 9. Пост открыт | числа | | месяца | года |
| (кем) | | | | Находится в ведении |
| 10. Время работы поста в течение года (круглый год, во время свободное от льда и т. п.) | | | | |
| 11. Время ежедневных наблюдений: летом | | | | |
| зимой | | | | |
| 12. Цель устройства поста | | | | |
| 13. Положение поста относительно притоков, островов, перекаатов, порогов | | | | |
| Оросительных, осушительных или судоходных каналов | | | | |
| Плотин, шлюзов, набережных, мостов, проезжих и других дорог | | | | |

¹ Форма, принятая Гидрологическим институтом.

² Необходимо указать как новое, так и старое название.

14. Координаты поста: широта долгота
по карте издания в масштабе 19 . . . года.
15. Расстояние поста от устья реки килом. по карте издания
. в масштабе 19 . . . года.
16. Бассейн реки от верховья до поста кв. км по карте издания
. в масштабе 19 . . . года.
17. Правый берег: высокий, пологий, крутой, обрывистый, низкий, заливаемый
высокими водами, чистый, покрытый лесом, кустарником, камышом, травой,
размываемый, наносный
18. Левый берег: высокий, пологий, крутой, обрывистый, низкий, заливаемый
высокими водами, чистый, покрытый лесом, кустарником, камышом, травой,
размываемый, наносный
19. Ложе реки: скалистое, гравелистое, песчаное, илистое, торфянистое, чистое,
заросшее, переменное
20. Число рукавов, при низкой воде при высокой
. их краткая характеристика
21. Ширина реки при низкой воде м, при высокой м, главное
течение под берегом, посредине, быстрое, медленное
22. Затопы льда: бывают (где)
23. Сопутствующие им явления
24. Производились ли изыскания на данном участке, вблизи его нет.
(подробные сведения поместить в конце техн. списка).
25. Пост расположен на правом, левом берегу (реки, канала), на сев., южн., зап.,
вост. берегу (озера)
26. Пост речного, свайного, смешанного типа
27. Описание переносной рейки, помощью которой производится измерение
горизонтов воды на сваях (материал, длина, поперечные размеры, окована ли
снизу, способ обозначения¹, в каких мерах деления)
28. Замечания относительно условий, которые могут вредить существованию
поста, измерениям горизонтов, уклонов, расходов, например: пльвущие суда,
плоты, ледоход, затопы и навалка льда, подмыв берега, размываемость дна,
отложение наносов, постоянные и временные сооружения, мостовые опоры,
плотины, дамбы, набережные, работа мельниц (попуски и задерживание воды),
впадающие притоки или

¹ Деления накрашены, вырезаны, набиты из жести и т. д.

29. РЕПЕРА ПОСТА

№№	Материал	Способ установки	Условная отметка <i>м</i>	Абсолютная отметка <i>м</i>	Высота над нулем поста <i>м</i>	С какого времени существ.	Примечания

За нуль поста принимается условная плоскость, назначаемая ниже возможного наимизшего уровня воды в створе поста.

30. Чертежи реперов поста, с указанием на них мест для установки рейки и надписей и размеров реперов.
31. Схематический профиль поста, с показанием размеров вертикальных и горизонтальных. Обязательно должны быть показаны репера, сваи, рейки, горизонт воды в день и час составления описания, отметки реперов, голов свай и нулевых делений реек над нулем поста, номера и горизонтальные расстояния между реперами, сваями и рейками (в *м*).
32. Схематический поперечный профиль реки по створу поста с показанием: горизонтальных расстояний от репера (или верхней сваи репера) и условных отметок профиля относительно той же точки. Обязательно должны быть показаны: принятая для нивелировки (ватерпасовки) отметка репера (или сваи — репера) и отметка горизонта воды в день и час составления описания (размеры в *м*)
33. Схематический план участка реки в районе расположения вод. поста¹ с показанием направления магнитной стрелки, свай поста, реек, реперов, приток, селений и прочих местных предметов.

34. ОПИСАНИЕ СВАЙ

№№ свай	Расстоян. от репера	Материал	Длина <i>м</i>	Поперечн. размеры <i>см</i>	Глубина под землей в <i>м</i>	Способ установки ²	Способ укрепления головки свай ³	Условная отметка <i>м</i>	Высота над нулем поста	Примечание

35. ОПИСАНИЕ РЕЕК⁴

№№ реек	Материал	Длина <i>м</i>	Поперечные размеры <i>см</i>	Способ обозначения	В каких мерах деления	К чему и как прикреплена рейка	Условные отметки нуля рейки <i>м</i>	Высота нуля рейки над нулем поста <i>м</i>

¹ Длина показываемого на плане участка должна быть не менее 5-кратной ширины реки.

² Забита, закопана, завинчена.

³ Головка окована железом (колпак), забит гвоздь с широкой шляпкой.

⁴ Дополнения к описанию реек могут быть помещены в конце техн. списка.

ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

страница	строка	напечатано	надо
12	13 сверху	V	VII
43	12 "	рис. 42	рис. 6
70	2 "	VI	V
70	4 "	рис. 11	рис. 12
85	15 снизу	рис. 24	эту же ссылку переставить в конец предыдущего абзаца
95	8 сверху	рис. 29 слева	рис. 32 слева
136	5 снизу	§ 30, п. 4	§ 30, п. 3
154	7 сверху	см. ч. II	см. ч. III
154	9 "	п. 11	п. 12
169	15 "	пойми	поймы
169	4 "	п. 12	п. 13
181	2 "	V (3)	V (2)
202	7 "	H' ₇	H'' ₇
213	10 "	ерк	рек
152—153	13 сверху	H ₂	H ₁
Приложение 3.			
"	19 "	поближе	по ближайшему
"	24 "	$l = \frac{H_1 - H_2}{L}$	$l = \frac{H_1' - H_2'}{L}$
"	10 снизу	H ₁ = ... H ₂ = ...	H ₁ ' = ... H ₂ ' = ...