

У. С. С. Р.

СЕВЕРНАЯ ОБЛАСТНАЯ МЕЛИОРАТИВНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ  
Н. К. З.

---

551.57

И-72

# ИНСТРУКЦИЯ

ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ РАСХОДОВ НА ВОДОСПУСКАХ  
И В СВОБОДНОМ РУСЛЕ РЕКИ

(В УСЛОВИЯХ ИЗЫСКАНИЙ).

1682

Директор  
Института Мелиорации

ПО

КИЕВ—1927 г.

✓

1682



*Проф. А. П. Артемьев  
Сколу оф. сорабива...*

# ИНСТРУКЦИЯ

*16/111-27*

*Лит. Лосиевск*

## ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ РАСХОДОВ НА ВОДОСПУСКАХ И В СВОБОДНОМ РУСЛЕ РЕКИ

*557.  
И-2*

(В УСЛОВИЯХ ИЗЫСКАНИЙ).

I. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДОВ ВОДЫ НА ВОДОСПУСКАХ — НА ДВИГАТЕЛЯХ ГИДРОУСТАНОВОК.

II. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДОВ В СВОБОДНОМ РУСЛЕ РЕКИ.

1682  
Гидромелиоративный  
Институт в Мисси

*ср*  
*✓*

проверено  
1966 г.

*И 0*  
КИЕВ,—1927.

Київський Окрліт № 2736  
Держтрест „Київ-Друк“,  
1-ша фото-літо-друкарня  
Зам. № 1772—400.



## ПРЕДИСЛОВИЕ.

Настоящая инструкция является одной из серии тех, которыми Северная Областная Мелиоративная Организация НКЗ Украины ставит своей целью внести определенную ясность и четкость в производимые сейчас в округах обследования гидроустановок и рек, на которых гидроустановки расположены.

Предлагаемая инструкция состоит из двух частей.

Первая часть имеет в виду дать понятно изложенные способы определения расходов на водоспусках.

Знание этих способов может быть весьма полезно для суждений о работе двигателей, а также,—при некоторых благоприятных условиях,—в сопоставлении с общими данными о работе гидроустановки и характере прохода вод у нее—для предварительных расчетов по вопросу о водных запасах исследуемой реки.

Порядок изложения схематизирован составителем применительно к возможным случаям в практике; теория вопроса дополнена указаниями относительно практического измерения величин, входящих в расчетные формулы, и специально составленными примерами.

Вторая часть предлагаемой инструкции излагает рациональные в изыскательской обстановке способы определения расхода в свободном русле реки—при помощи поверхностных поплавок.

По сравнению с прежними инструкциями по этому же вопросу,—в предлагаемой—составителем даны следующие изменения: дано несколько иное общее построение рекомендуемых упрощенных приемов, обоснованное разными типами рек; введена в расчет величина среднего живого сечения; разделены понятия о выборе места для измерений и выборе рабочего участка; дана вычисленная составителем—по новой формуле Базена,—таблица коэффициентов

перехода от  $V$  макс. к  $V$  средн.; дан графический способ обработки поверхностных скоростей, при измерении их по всей ширине реки,—значительно более простой, чем аналитический; дана новая форма бланка полевых записей, и др.

В основу обеих частей инструкции составителем положены данные, главным образом, новейшей специальной литературы.

Необходимо указать, что выпущенный в 1925 г. Мелиоводхозом НКЗ Украины „Сборник Инструкций“ для производства гидрометрических работ и наблюдений, (Киев, 1925 г.) не включает в себя вовсе данных по определению расходов на водоспусках; в этом отношении, первая часть предлагаемой инструкции дополняет указанный „Сборник“; инструкция по определению расходов в свободном русле реки при помощи поплавков—в „Сборнике“ имеется,—однако, будучи составлена по тексту подобной инструкции б. О. З. У. Мин. Землед. и Г. И.,—не учитывая поэтому положений, даваемых новейшей литературой,—она имеет к тому же в виду исключительно стационарный, а не изыскательский характер работ.

Обе части предлагаемой инструкции составлены *Инженером А. В. Огиевским.*



## 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДОВ ВОДЫ НА ВОДОСПУСКАХ—НА ДВИГАТЕЛЯХ ГИДРОУСТАНОВОК<sup>1)</sup>.

1. Важность определения расходов воды на двигателях.

§ 1. Знание расходов воды, потребляемой двигателями, в совокупности с данными о расходах ниже плотины, о существующих падениях, о средней продолжительности работы двигателей в течение года,—дают основание для весьма важных суждений о среднем использовании наличной водной энергии реки и о характере этого использования. Поэтому, руководствуясь нижеизложенным, работу эту необходимо выполнять возможно тщательнее.

2. Различные возможные случаи определения расходов на двигателях.

§ 2. Применительно к существующим конструкциям плотин и установок двигателей, можно различать следующие случаи способов определения расходов на двигателях.

1) Вода подводится к двигателю непосредственно по обыкновенному водоспуску при полном удалении всех щитов и при отсутствии порога в дне водоспуска (черт. 1 и 2 на отд. листе).

2) Вода подводится к двигателю по водоспуску, закрытому по линии бровки верхового откоса плотины щитами, и переливается через эти щиты (черт. 3 и 4 на отд. листе).

3) Щиты рабочего водоспуска приподняты над порогом так, что вода идет в образующееся таким образом отверстие, ограниченное сверху нижней кромкой приподнятого щита (черт. 5 и 6 на отд. листе).

Соответственно указанным трем главным случаям, расход воды, поступающей на двигатель,—может быть определен по формулам, выведенным для каждого из этих случаев:

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

<sup>1)</sup> Теория вопроса и приводимые ниже табличные данные взяты, главным образом, применительно к книге: Н. Н. Павловский. Гидравлический Справочник. Ленинград, 1924.

3. Общий вид формул для вычисления расходов через водосливы.

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

$$Q = m b_c \sqrt{2g} H_0^{3/2} \sigma_n$$

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 метр./сек<sup>2</sup>.

$H_0$  — 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 метр./сек. и принимать равной 0, при величине  $< 0,5$  метр./сек.

$\sigma_n$  — коэффициент затопления, характеризующий степень затопления водою водоспуска с нижней его стороны.

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

$$Q = 4,43m b_c H_0^{3/2} \sigma_n \quad (1)$$

4. Общий вид формулы для вычисления расхода через отверстие.

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

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

Здесь:  $\mu$  — коэффициент расхода, характеризующий условия подхода воды к отверстию, зависящий от степени сжатия струй,  $H_0 = H + \frac{V^2}{2g}$ ;

$\omega$  — 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:

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



5. Условия, характеризующие отдельные случаи.

§ 5. *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:

$$\frac{H}{\delta} \geq 0,5 \quad (3)$$

*2M > \delta вод. в срезе*  
*2M < \delta вод. в толщ*

где  $H$  — напор над стенкою;  
 $\delta$  — толщина стенки.

Случай *истечения через отверстие* характеризуется поступлением воды на водопуск 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:

*Но если*  
*расчет*  
*виден*  
*как на*  
*доск Вет*

$$e > \frac{2}{3} \left( H_0 + \frac{V^2}{2g} \right), \text{ где} \quad (4)$$

*если 2M < \delta*  
*и H < \delta*  
*или 2L < \delta*  
*или*  
*L < \delta*

$e$  — высота отверстия над дном водопуска,

$H_0$  — высота стояния воды над дном перед отверстием (разность отметок: уровня воды и дна у отверстия), а остальные обозначения указаны в § 3.

6. Условия затопления водосливов и отверстия.

§ 6. 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 (черт. 1).

*Затопленный водослив с широким порогом* (черт. 2) 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 § 3.

*Водослив в стенке* имеет признаки затопления (черт. 4), 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:

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

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

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 в стенке считается незатопленным (черт. 3).

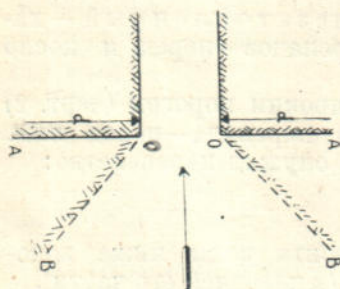
Отверстие в стенке является незатопленным (черт. 5), если уровень воды за отверстием стоит ниже верхней кромки отверстия; в противном случае, т. е. если уровень воды за отверстием стоит выше верхней кромки отверстия, — такое отверстие является затопленным (черт. 6).

**7. Условия подхода воды к водосливам или отверстию и условия сжатия.**

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

В этом последнем отношении можно различать следующие случаи:

*А. Для водосливов с широким порогом и через стенку:*



Черт. 7.

1) случай сжатия несовершенного, характеризуется наличием направляющих откосных крыльев перед водосливом  $OB - \bar{OB}$  (черт. 7).

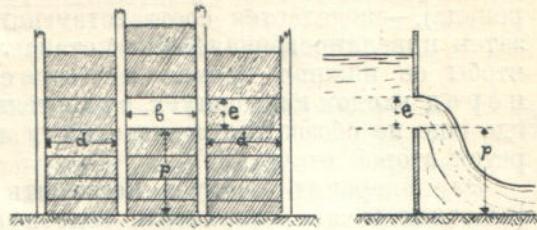
2) случай достаточно бокового сжатия, характеризуется наличием перед водосливом стенок, перпендикулярных к направлению течения в водосливе (см. черт. 7:  $AO - \bar{AO}$ ) и имеющих длину  $d$ .

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 (черт. 8) 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  $e$ :



Черт. 8.

$$d > 3b; p > 3e; (8).$$

2) случай несовершенного сжатия снизу, если для нижней части отверстия (порога), через которую переливается вода,—условие полного сжатия согласно предыдущему пункту—не соблюдено. В частном случае полного отсутствия порога—отверстие носит название „донного“ (черт. 9 на отд. листе).

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

§ 8. Определение расхода должно совершаться в следующем порядке: производится непосредственный осмотр водоспускного приспособления и, руководствуясь изложенным в §§ 2 и 5, относят данный водоспуск к одному из указанных выше трех типов.

Для этого, в развитие общих признаков, указанных в § 2, проверяют частные условия § 5, измеряя величины входящие в неравенства, которые характеризуют эти частные условия.

Способ измерений величин, входящих в частные условия § 5, как и остальных, нужных для расчетов,—приводится в § 9.

Все величины измеряются в метрах.

§ 9. Если имеется случай водослива с широким порогом, измерению в натуре подлежат следующие величины (черт. 1 и 2):

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 1—2 метр., 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 проверки следует брать из них среднюю арифметическую.

3)  $V$  — скорость подхода к водоспуску, — принимается во внимание, если она больше 0,5 метр./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 метр.; длина должна быть выбрана так, чтобы отсчет по секундомеру был не меньше 3 секунд, т. е. при более значительных скоростях подхода следует брать большую длину жердины. 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:

$$V = \frac{s \text{ метр.}}{t \text{ сек.}} \times 0,85, \text{ где } s \text{ — длина пройденного пути.}$$

Таких определений необходимо для проверки 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 проверки 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. пункт 2).

5) Кроме сказанного, обследуют условия входа воды на водослив: имеется ли 1) порог без закругленного ребра (черт. 1), 2) порог с закругленным ребром (чертеж 2) и 3) плавная входная часть без порога (черт. 10 на отд. листе), а также—условия сжатия струй с боков (см. § 7, А).

10. Измерение величин, входящих в ф-лу водослива через стенку.

§ 10. Если имеется случай водослива через стенку (черт. 3 и 4), то величины 1)  $b$ , 2)  $V$ , определяются соответственно § 9, п. п. 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 в п. 2, § 9.

4) Величина  $\delta$ —толщина стенки или порога водослива, определяется непосредственным измерением.

5) Величина  $d$  (§ 7)—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 в) 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 § 9, п. 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. § 9, п. 2).

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

*Не укаж  
це. турб  
инженеру  
указан:  
Внутр  
продолж  
продолж*



**11. Измерение величин, входящих в формулу отверстия в стенке.**

§ 11. Если имеется случай отверстия в стенке (черт. 5 и 6), следует прежде всего определить, имеется ли в данном случае затопленное или незатопленное отверстие (§ 6).

Если данное отверстие является незатопленным и при том донным (§ 7, В, 2 и § 6, черт. 9), то прежде всего определяются величины, входящие в неравенство (4) § 5:

1)  $e$ —высота отверстия—определяется как разность отметок а) верхнего края отверстия и в) 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)  $V$ —определяется по § 9, п.п. 2 и 3.

После этого проверяют условие (4) § 5.

В случае, если это условие имеет место,—далее определяют величины, входящие в формулу водослива с широким порогом по § 9, по которой и производится расчет.

Если неравенство (4) § 5 неверно для рассматриваемого случая или если данное отверстие не есть донное,—определяют, кроме 1)  $e$  и 2)  $V$ :

3)  $b$ — по § 9, п. 1.

4)  $d$ — по § 10, п. 5.

5)  $p$ — по § 10, п. 6.

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

Для случая затопленного отверстия (черт. 6, § 6), вместо  $H_c$  определяется  $H_b$ , как разность нивелировочных отметок горизонтов воды перед отверстием и после отверстия.

**12. Вычисление расхода по формуле водослива с широк. порогом.**

§ 12.  $Q = 4,43 m b_c H_0^{3/2} \sigma_n$  (черт. 1 и 2);

I.  $m$  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.  $b_c$  определяется по формуле:

$b_c = \epsilon b$ , где  $\epsilon$ —коэффициент сжатия;  $\epsilon$  принимается равным:

- 1) для водопусков с направляющими откосными крыльями

$\epsilon = 0,90 — 0,95$



2) для водопусков без направляющих откосных крыльев:

$$\varepsilon = 0,85 - 0,90$$

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

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

В случае водослива затопленного (§ 6)  $\sigma_n$  определяется по нижеследующей таблице I в зависимости от величины  $\frac{a}{H_0}$ :

ТАБЛИЦА I.

$\frac{a}{H_0}$	$\sigma_n$	$\frac{a}{H_0}$	$\sigma_n$	$\frac{a}{H_0}$	$\sigma_n$
до 0,7	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
0,83	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 приложена таблица значений  $H^{3/2}$  (приложен. 1).

13. Вычисление расхода по формуле водослива через стенку. § 13.  $Q = 4,43mb_e H_0^{3/2}\sigma_n$  (черт. 3 и 4).

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 II) значений  $m$  для случая  $\frac{H}{\delta} < 2,0$

$\frac{H}{\delta}$	$m$
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 значений  $m$  для случая  $\frac{H}{\delta} > 2$

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

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

II.  $b_c$  определяется по формулам:

- 1) если нет откосных крыльев или  $d > 3H$ , то  $b_c = b - 0,2H_0$
- 2) если есть откосные крылья или  $d < 3H$ , то  $b_c = b - 0,14H_0$

III.  $H_0$  определяется по § 12.

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

В случае водослива затопленного (§ 6)  $\sigma_n$  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  $\frac{z}{p}$ ).

ТАБЛИЦА IV значений  $\sigma_n$  для случая  $\frac{H}{\delta} < 2,0$

$\frac{h_n}{H}$	$\sigma_n$	$\frac{h_n}{H}$	$\sigma_n$
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 значений  $\sigma_n$  для случая  $\frac{H}{\delta} > 2,00$

$\frac{z}{p} \backslash \frac{h_n}{p}$	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

14. Вычисления расхода по ф-ле для отверстия в стенке.

§ 14.  $Q = 4,43\mu\phi H_0^{3/2}$  (черт. 5 и 6)

I.  $\mu$  принимается равным

- 1) для случая совершенного сжатия (§ 7, В, п. 1):  $\mu = 0,62 - 0,65$ ;
- 2) для случая несовершенного сжатия снизу или для донного отверстия, с совершенным сжатием с боков (§ 7, В, п. 2):  $\mu = 0,65 - 0,70$ ;
- 3) для случая слабого сжатия (§ 7, В, п. 3):  $\mu = 0,70 - 0,80$ .

Примечание: при верхней стенке, наклонной (по течению) — следует брать наибольшие значения  $\mu$  и увеличивать их на 5—8%.



II.  $\omega$  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:

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

при чем  $V$  берется по § 9—3, а  $H_c$  и  $H_b$  — по § 11, п. 6. Таблицы значений  $H^{1/2}$  приложены в конце (прил. II).

§ 15. Пример I. 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. (черт. 5).

Отсюда заключаем: данный случай есть не-донное и незатопленное отверстие в стенке.

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

Находим:  $\mu$  соответственно § 14, п. 1—берем  $\mu = 0,65$ , 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:  $e = 0,50$  мет. (черт. 9).

$$H_g = 0,70$$

Отверстие является донным, с совершенным сжатием с боков.

Проверим условие (4) § 5:

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

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

Тогда:

$$e > \frac{2}{3} H_g$$

$$\frac{2}{3} H_g = \frac{2}{3} \times 0,70 \cong 0,46$$

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

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

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

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

Коэффициент сжатия  $\epsilon$  принимаем равным  $0,875$  (среднее из значений  $\epsilon$  для данного случая—отсутствие откосных крыльев, см. § 12—II).

Тогда  $b_c = 2,20 \times 0,875 \cong 1,93$  метр.

$$Q = 4,43 \times 0,38 \times 1,93 \times 0,70^{3/2} = 1,90 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Пример 3. Вода поступает в рабочий водоспуск переливаясь через опущенный щит (черт. 3); 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:

$$b = 0,90 \text{ метр.}; V < 0,5 \text{ м/с.}; H = 0,50 \text{ метр.};$$

$$\delta = 0,08 \text{ метр.}; d = 1,00 \text{ метр.}; p = 1,00 \text{ метр.};$$

Находим:  $\frac{H}{\delta} = \frac{0,5}{0,08} \cong 6,25$  и видим, что условие (3) § 5

соблюдено ( $\frac{H}{\delta} \cong 0,5$ ). Так как  $\frac{H}{\delta} > 2,00$ , то значение  $m$  берем из таблицы III § 13: для  $H = 0,50$  м. и  $p = 1,00$  м.,  $m = 0,44$ .

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

$$b_c = b - 0,14 H = 0,90 - 0,14 \times 0,5 = 0,83 \text{ м.}$$

$$Q = 4,43 \times 0,44 \times 0,83 \times 0,50^{3/2} = 0,57 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

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

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

Находим  $\frac{z}{p}; \frac{z}{p} = \frac{0,2}{1,0} = 0,2$ , т. е.  $\frac{z}{p} < 0,7$ . Значит, имеем случай затопленного водослива в стенке (см. § 6).

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



Для этого находим  $\frac{h_n}{p}$ :

Пусть  $h_n$  равно разности отметок:  $48,450 - 48,350 = 0,10$  м.

$$\frac{h_n}{p} = \frac{0,1}{1,0} = 0,10;$$

По табл. V находим, при  $\frac{z}{p} = 0,20$  и  $\frac{h_n}{p} = 0,10$ :  $\sigma_n = 0,93$ .

$$Q = 0,57 \times 0,93 = 0,53 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Пример 5. Вода поступает на мельничное колесо через совершенно открытый водоспуск, имеющий форму, как на черт. 10; второго перепада за водоспуском не наблюдается.

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

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

$$H = 48,800 - 48,550 = 0,25 \text{ метр.}$$

$$b_c = b \times 0,925 \text{ (среднее из 0,90 и 0,95),}$$

$$\text{т. е. } b_c = 2,20 \times 0,925.$$

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

Чтобы определить, чему равна  $\sigma_n$ , находим  $a$ :

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

Проверяем попутно условие затопления:

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

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

Значение  $\sigma_n$  находим по табл. I, вычислив  $\frac{a}{H_0}$ :

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

По таблице I:  $\sigma_n = 0,93$ .

Тогда расход  $Q$ :

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

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. 6).

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

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

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

Поэтому, берем  $\mu = 0,65$ .

Далее:  $\omega = 2,20 \times 0,40$  метр.

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

**Пример 7.** Пусть имеем условия, как в примере 6, исключая того, что скорость подхода воды к отверстию  $V > 0,5$  м/с. Измерив эту скорость (при помощи секундомера и 2-х метровой рейки на плаву, перед отверстием, позволяющей регистрировать расстояния, проходимые пускаемыми поплавками), получили  $V = 0,85$  метр/сек.

Тогда в ф-лу

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

вместо  $H_b = 0,15$  метр. (как в примере 6), следует ввести

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

тогда получим:

$$Q = 4,43 \times 0,65 \times 2,20 \times 0,40 \times 0,187^{1/2} = 2,55 \times 0,187^{1/2} = 2,55 \times 0,433 = 1,10 \text{ метр}^3/\text{сек.}$$

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

§ 15. Из приведенных способов определения расхода на водоспусках, наиболее близкие к истине результаты 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 двигателях желательно создавать ус-



ловия, подходящие к случаю (2) и условию  $\frac{H}{\delta} > 2,00$ .

К этому же случаю преимущественно нужно стремиться сводить те могущие встретиться условия впуска воды на двигатели, которые прямо не вкладываются ни в одну из приведенных схем.

Осуществление подобной схемы в натуре, конечно, — во многих случаях может быть выполнено без особых затруднений.

---

Т А Б Л И Ц А   З Н А Ч Е Н И Й    $H^{1/2}$

Приложение I.

$H$	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95
0	0,000	0,011	0,022	0,038	0,063	0,125	0,164	0,207	0,253	0,302	0,353	0,408	0,465	0,524	0,586	0,649	0,715	0,784	0,854	0,926
1	1,000	1,076	1,153	1,232	1,313	1,397	1,482	1,568	1,656	1,746	1,837	1,930	2,024	2,120	2,217	2,315	2,414	2,516	2,619	2,723
2	2,828	2,935	3,043	3,152	3,263	3,375	3,488	3,602	3,718	3,834	3,953	4,072	4,192	4,314	4,436	4,560	4,685	4,811	4,939	5,067
3	5,196	5,327	5,458	5,591	5,725	5,859	5,994	6,131	6,269	6,408	6,548	6,689	6,831	6,974	7,117	7,261	7,407	7,554	7,702	7,851
4	8,000	8,150	8,301	8,454	8,607	8,761	8,916	9,072	9,229	9,387	9,546	9,706	9,867	10,03	10,19	10,35	10,51	10,68	10,84	11,01
5	11,18	11,34	11,51	11,68	11,85	12,03	12,22	12,37	12,54	12,72	12,89	13,06	13,24	13,42	13,60	13,78	13,96	14,14	14,32	14,51
6	14,70	14,88	15,06	15,24	15,43	15,62	15,81	16,00	16,19	16,38	16,57	16,76	16,95	17,14	17,34	17,53	17,72	17,92	18,12	18,32
7	18,52	18,71	18,90	19,10	19,31	19,52	19,72	19,92	20,12	20,33	20,54	20,74	20,95	21,16	21,37	21,58	21,79	22,00	22,21	22,42
8	22,63	22,84	23,05	23,26	23,47	23,69	23,91	24,12	24,34	24,56	24,78	25,00	25,22	25,44	25,66	25,89	26,11	26,33	26,56	26,78
9	27,00	27,22	27,45	27,67	27,90	28,13	28,36	28,59	28,82	29,05	29,28	29,51	29,75	29,98	30,22	30,45	30,68	30,92	31,15	31,39
10	31,62	31,85	32,09	32,33	32,57	32,81	33,05	33,29	33,53	33,77	34,02	34,26	34,51	34,75	35,00	35,24	35,49	35,73	35,98	36,23

Примеры:  $H = 2,65$ ;

$H = 0,85$ ;

$H = 0,67$ ;

$H^{1/2} = 4,314$

$H^{1/2} = 0,784$

$H^{1/2} = \frac{0,586 - 0,524}{5} \times 2 + 0,524 = 0,548$

Приложение II.

Т А Б Л И Ц А   З Н А Ч Е Н И Й    $H^{1/2}$

$H$	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95
0	0,000	0,224	0,316	0,387	0,447	0,500	0,548	0,592	0,632	0,671	0,707	0,742	0,755	0,806	0,837	0,866	0,894	0,922	0,949	0,975
1	1,02	1,05	1,07	1,09	1,12	1,14	1,16	1,18	1,20	1,22	1,24	1,26	1,28	1,30	1,32	1,34	1,36	1,38	1,40	1,42
2	1,41	1,43	1,45	1,47	1,48	1,50	1,52	1,53	1,55	1,56	1,58	1,60	1,61	1,63	1,64	1,66	1,67	1,69	1,70	1,72
3	1,73	1,75	1,76	1,77	1,79	1,80	1,82	1,83	1,84	1,86	1,87	1,88	1,90	1,91	1,92	1,94	1,95	1,96	1,97	1,99
4	2,00	2,01	2,02	2,04	2,05	2,06	2,07	2,08	2,10	2,11	2,12	2,13	2,14	2,16	2,17	2,18	2,19	2,20	2,21	2,22
5	2,24	2,25	2,26	2,27	2,28	2,29	2,30	2,31	2,32	2,33	2,34	2,36	2,37	2,38	2,39	2,40	2,41	2,42	2,43	2,44
6	2,45	2,46	2,47	2,48	2,49	2,50	2,51	2,52	2,53	2,54	2,55	2,56	2,57	2,58	2,59	2,60	2,61	2,62	2,63	2,64
7	2,65	2,66	2,66	2,67	2,68	2,69	2,70	2,71	2,72	2,73	2,74	2,75	2,76	2,77	2,78	2,79	2,79	2,80	2,81	2,82
8	2,83	2,84	2,85	2,85	2,86	2,87	2,88	2,89	2,90	2,91	2,92	2,92	2,93	2,94	2,95	2,96	2,97	2,98	2,99	3,00
9	3,00	3,01	3,02	3,02	3,03	3,04	3,05	3,06	3,07	3,07	3,08	3,09	3,10	3,11	3,11	3,12	3,13	3,14	3,15	3,15
10	3,16	3,17	3,18	3,19	3,19	3,20	3,21	3,22	3,22	3,23	3,24	3,25	3,26	3,26	3,27	3,28	3,29	3,29	3,30	3,31

Примеры:  $H = 2,65$ ;

$H = 0,85$ ;

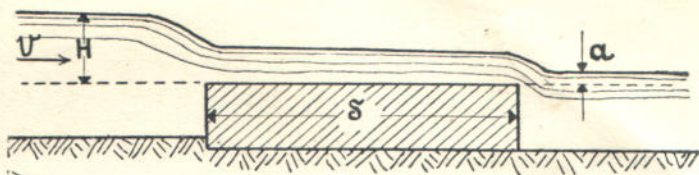
$H = 0,67$ ;

$H^{1/2} = 1,63$ ;

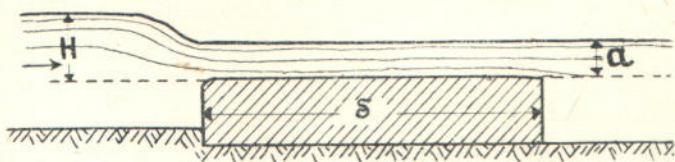
$H^{1/2} = 0,922$ ;

$H^{1/2} = \frac{0,837 - 0,806}{5} \times 2 + 0,806 = 0,818$

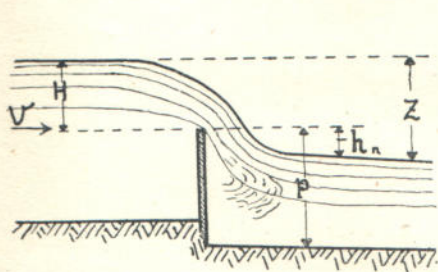




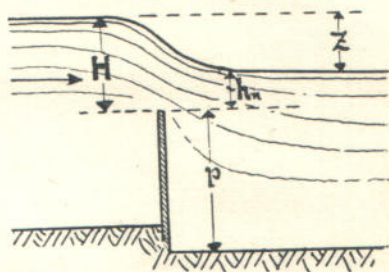
Черт. 1.



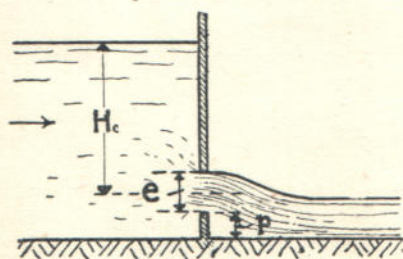
Черт. 2.



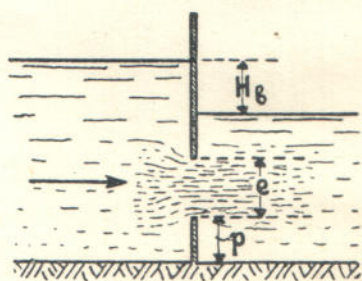
Черт. 3.



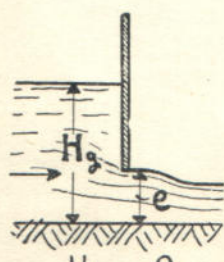
Черт. 4.



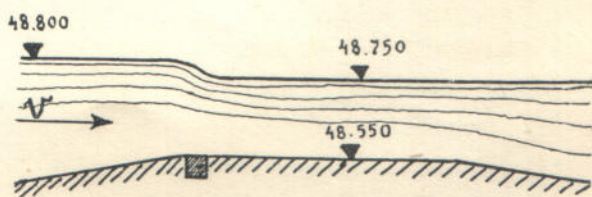
Черт. 5.



Черт. 6.



Черт. 9.



Черт. 10.

## II. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДА В СВОБОДНОМ РУСЛЕ РЕКИ.

1. Общие замечания. § 1. В условиях свободного русла определение расхода реки включает в себя измерения двоякого рода: во-первых,—определение живого сечения реки  $F$  и во-вторых,—определение средней скорости течения реки  $V_{ср}$ . Площадь живого сечения находится путем промеров глубин; средняя скорость вычисляется по измеренным в натуре скоростям. Расход  $Q$  получается как произведение:

$$Q = F \cdot V_{ср}.$$

В обстановке обследований и изысканий для измерения скоростей течения большею частью имеется возможность применять только простейший прибор—поверхностные поплавки,—в виду малой распространенности в наших условиях более сложных гидрометрических приборов, как, например, вертушка, гидрометрическая трубка и др. Поэтому, нижеследующее изложение имеет в виду только способы определения расходов при помощи поплавков.

2. Поплавки поверхностные. § 2. Удобным типом поверхностных поплавков следует считать обыкновенную бутылку, наполненную водой настолько, чтобы пущенная на воду она стояла прямо и из воды высывалась бы только верхняя часть горлышка; горлышко затыкается пробкой, лучше всего сделанной из белой материи хорошо выделяющейся на фоне поверхности реки.

Если глубина реки настолько незначительна, что пользование бутылочными поплавками затруднительно,—в качестве поплавков могут быть использованы круглые обрезки дерева, диаметром около 12 сант. и толщиной около 4 сант.; дерево лучше брать для этой цели полусухое или сырое, чтобы поплавки лишь немного высывались из воды.

3. Необходимые условия для применения поплавков. § 3. Необходимое условие, при котором возможно применение поверхностных поплавков — отсутствие ветра, могущего влиять на ход поплавков или непосредственным действием на них, или действием на поверхностный слой воды в реке. В этом отношении поплавки из бутылок более надежны.



**Второе условие, которое имеет большое влияние на конечный результат—надлежащий выбор участка для измерений.**

**4. Выбор места.** § 4. Участок реки для определения ее расхода при помощи поплавок—выбирается руководствуясь следующим: Этот участок должен быть взят на прямолинейной части реки, имеющей однообразную глубину и ширину на протяжении в пределах двойной или тройной ширины реки, но во всяком случае не менее 15—20 метров; скорости течения на таком участке должны быть равномерными; не должно быть с берегов никаких препятствий, которые могли бы вызывать отклонения струй или создавать обратные и косые течения или, так называемые, „мертвые пространства“ со стоячей водой. Дно участка должно быть ровным, не иметь корчей, выступающих камней и т. п. В случае наличия водной растительности, таковая должна быть обязательно удалена путем выкоса или выдергивания.

Предварительный выбор необходимого участка делается путем осмотра реки с берегов, руководствуясь очертанием берегов и характером течения; правильному руслу соответствуют скорости, постепенно увеличивающиеся от берегов к середине и однообразные по длине участка.

Окончательный выбор производится после летучих промеров в брод или с лодки, имеющих целью убедиться в полном соответствии дна участка указанным выше условиям.

**5. Разбивка створов.** § 5. Наметив на реке участок, удовлетворяющий указанным в § 4 условиям, выбирают на нем рабочий участок.

Для этого предварительно определяют приблизительно наибольшую поверхностную скорость течения  $V$  max; тогда необходимая длина рабочего участка  $S$  может быть найдена по формулам:

$$S = 25v \text{ или } S = 30v.$$

Во всяком случае, длина  $S$  не должна быть меньше 4 метров.

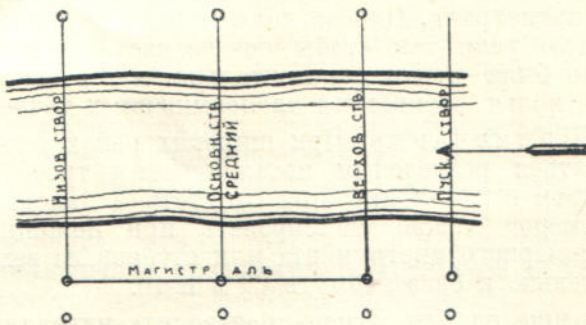
Примечание: В случае отсутствия секундомера и необходимости пользоваться секундной стрелкой обычных часов,—длина рабочего участка должна быть взята в  $1\frac{1}{2}$ —2 раза больше, чем по вышеуказанной формуле.

Обозначив границы выбранного участка вехами, разбивают по берегу *магистраль* параллельно течению в реке, т. е. при правильном русле,—параллельно урезам воды.

Затем из середины разбитой магистрали, перпендикулярно к ней и к направлению течения,—провешивают основной *средний створ* участка, закрепляя его двумя вешками (с расстоянием между ними в 6—10 метр.) на магистральном берегу и одной—на втором берегу.



На концах выбранного участка точно также устанавливают и закрепляют вехами направления *верхового* и *низового* вспомогательных створов.



Черт. 11.

Кроме указанных рабочих створов, выше верхового створа на 5—10 метр.,—разбивают *вспомогательный*—пусковой створ (черт. 11); с этого створа при определении скорости течения запускают поплавки для того, чтобы войдя в первый рабочий створ, поплавок уже принял бы скорость той струи, которая его перемещает по поверхности реки.

§ 6. После разбивки и обозначения створов, производят промеры глубин русла реки на каждом из трех створов.

**6. Производство промеров.**

Промеры следует делать через 1—2 метра, в зависимости от ширины реки и характера изменения ее глубин, имея в виду необходимость получить правильное изображение распределения глубин в профиле.

Места измеряемых глубин по створу (*промерных вертикалей*) обозначаются расстояниями их от магистрали.

Для производства промеров должна быть заготовлена нетолстая прочная и легкая бичева, размеченная через каждый метр. Разметка делается путем вплетения в бичеву чередующихся разноцветных лоскутков, наприм., на четных местах—белые, на нечетных—красные; следует выделять особо каждый пятый и десятый метры, напр., пятый—двойным вплетением лоскутков одного цвета, десятый—вплетением лоскутков обоих цветов; такая разметка весьма облегчает счет расстояний от магистрали.

Примечание: Следует иметь в виду, что скверная бичева кустарной выработки после намачивания ее водой обнаруживает иногда довольно значительное изменение длины, нарушающее предварительную разметку. Бичева хорошей выделки (из манильской пеньки)—значительно более надежна. Все же разметку



следует делать для уже вымоченной бичевы и проверять ее перед каждым приступом к работе.

Размеченная бичева перетягивается по промерному створу, при чем нулевая метка совмещается с колом, забитым на магистрали. Бичева должна быть натянута над поверхностью реки так, чтобы она не касалась воды и в то же время была почти горизонтальна; для этого закрепляющие ее кольца забиваются на повышенных точках берега.

**Примечание:** При широких реках удобно пользоваться размеченным металлическим троссом (с диаметром в 2,5—3 мм); при отсутствии такового—места промеров можно фиксировать при помощи засечек угломерного инструмента или створов из вех, применительно к сказанному в §§ 9 и 10.

Измерение глубин можно производить нивелировочной рейкою, ставя ее узкой стороной против течения и следя, чтобы при илистом дне она не входила в грунт. Лучше, однако, иметь специальный промерный шест (футшток, наметка), диаметром в 5—6 сант., размеченный на сантиметры. Отсчеты по рейке или футштоку обязательно должен делать производящий промеры техник. Измерение глубин производится в летнее время при неглубоких реках—вброд; при глубоких реках и холодной погоде—с лодки, которую можно удерживать против течения при помощи упора в дно специальным шестом или двумя шестами, а иногда при опытных гребцах—на веслах. *Производство промеров* в каждом створе *начинают* обязательно *от одного и того же берега* (магистрального); в каждой промерной точке записываются: расстояние этой точки от магистрали и измеренная глубина воды; обязательно нужно записать также расстояние от магистрали обоих урезов воды створа.

Следует иметь в виду, что ширина и соответственные глубины реки на всех трех створах должны быть примерно одинаковыми: в противном случае следует считать, что участок для измерения расходов выбран не совсем удачно.

**7. Определения скоростей на малых реках с быстрым течением.**

§ 7. На малых реках с быстрым течением, при ширине до 20 метр., для получения средней скорости всего потока возможно определить лишь наибольшую поверхностную скорость.

Для этого поплавки забрасываются (с пускового створа) в те места, где наблюдаются наибольшие скорости, т. е. в середину реки.

Моменты вступления поплавка в верховой и низовой створы отмечаются по секундомеру. Всего следует пускать 10—15 поплавков, обозначая каждый из них порядковым номером и записывая против каждого номера поплавок со-



ответствующую ему продолжительность хода между крайними створами.

Из полученных результатов выбирают два с наименьшей продолжительностью хода. Если расходимость между ними не превосходит 10%, то берут из них среднее арифметическое, которое и принимается за соответствующее наибольшей поверхностной скорости. При расходимости больше 10% для такой пары поплавок,—пускают 5—6 дополнительных поплавков; если и после этих измерений расходимость между двумя самыми быстрыми поплавками больше 10%, то самый быстрый поплавок откидывается как случайный и берут следующие два.

По расстоянию между створами  $s$  и средней из двух случаев наименьшей продолжительности хода поплавков  $t$ , находят наибольшую скорость на поверхности

$$V \max = \frac{s \text{ метр.}}{t \text{ ср. макс.}}$$

**8. Определение скоростей на реках шириной в 20—50 метр. или меньших, но с медленным течением.**

§ 8. При ширине реки больше чем 20 метр. или меньше, но с медленным течением, необходимо определять скорости течения по всей ширине реки в разных продольных профилях участка, не ограничиваясь измерением лишь наибольшей скорости поверхностного течения.

Организация и выполнение таких работ должно идти следующим образом:

На среднем створе перетягивается, как для производства промеров,—размеченная бичева (или металлический трос).

Руководящий работою техник с секундомером помещается несколько ниже основного среднего створа, так чтобы ему удобно было замечать место прохода поплавка под натянутой бичевой или тросом.

Первый поплавок забрасывается помощником руководителя работ на пусковом створе у ближайшего берега реки. Затем помощник переходит к верховому створу и отмечает (желательно звуковым сигналом) как момент подхода поплавка к створу (*предупредительный сигнал*) так и момент самого прохода поплавка через створ (*сигнал прохода*); например,—при подходе поплавка, поднимает руку с флажком,—в момент прохода поплавка через створ — опускает руку;—или кричит—„подходит“ и „прошел“. По последнему сигналу, руководитель работ пускает секундомер в ход.

Затем помощник переходит к среднему створу и точно также отмечает проход поплавка через этот створ; руководитель обязан заметить то расстояние, на котором нахо-



дится в этот момент поплавок от магистрали на берегу, — напр., 5 метр. Далее помощник переходит к низовому створу и по его сигналу секундомер останавливается, отметив, таким образом, продолжительность хода поплавка между створами.

Полученная продолжительность хода поплавка и место его прохода через средний створ (расстояние от магистрали), записывается в бланк (или книжку) под № 1.

Следующий поплавок забрасывается ближе к середине реки, и вся процедура повторяется по предыдущему.

Этот поплавок отмечается № вторым.

Таких пусков поплавок, обозначенных последовательными номерами, необходимо произвести не менее 15—30, имея в виду, чтобы получены были скорости по всей ширине реки, как по середине, так и у обоих берегов, причем распределение их должно быть по ширине реки более или менее равномерное.

При большой ширине реки удобно полавки запускать не с берега, а с лодки, что должен выполнять специальный рабочий; при большой скорости течения следует у каждого из створов ставить отдельных наблюдателей, так как один может не успевать переходить от одного створа к другому, не теряя в то же время из виду поплавок.

По полученным продолжительностям хода поплавок между крайними створами и расстоянию между этими створами, — вычисляют поверхностные скорости струй различных продольных сечений русла.

**9. Определение скоростей на широких реках при помощи угломерного инструмента.** § 9. На широких реках, с шириною более 50 мет. пользоваться перетянутою через реку размеченной бичевой неудобно, так как последняя дает сильный провес, а при более значительном натяжении — сильно растягивается. С другой стороны специальный металлический тросс, с успехом применяемый при промерах глубин, тоже не может служить для определения места прохода поплавок в виду большой ширины реки.

Поэтому место прохода поплавок через створ определяют двумя путями:

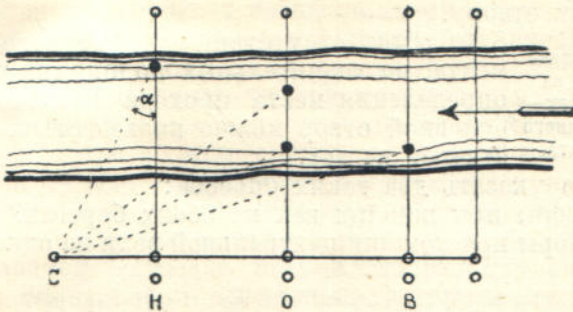
- 1) путем засечек угломерным инструментом,
- 2) путем створов из вех.

При наличии угломерного инструмента (теодолит, гониометр), работа по определению скоростей и места прохода поплавок организуется следующим образом:

Разбитая по § 5 магистраль продолжается (вниз или вверх) на такое расстояние, чтобы на ближайшем створе углы засечек угломерным инструментом, установленным



в конечной точке  $C$ , были бы не острее  $30^\circ$  (угол  $\alpha$  на черт. 12).



Черт. 12.

Для этого расстояние от ближайшего створа до стоянки инструмента должно быть более половины ширины реки. Порядок пуска поплавков такой же, как и по § 8.

При инструменте, кроме техника, наблюдающего за ходом поплавков, должен быть его помощник с секундомером. Наблюдатели у створов сигнализируют по предыдущему два момента: подход поплавок к створу и самый проход поплавок через створ.

Для успешности работы необходимо, чтобы пущенный поплавок сразу же был пойман в поле зрения угломерного инструмента и не выпускался из такового до конца хода поплавок через все створы. Поэтому все зрительные сигналы наблюдателей у створов—как предварительные, так и соответствующие моменту прохода поплавок через створ,—передаются технику у угломерного инструмента стоящим рядом с ним с секундомером его помощником условными звуковыми сигналами. По этим последним сигналам техник у угломерного инструмента делает засечку положения поплавок на створе, т. е. отмечает угол по отношению к магистральной; момент прохода отмечается по секундомеру помощником, который также ведет счет поплавков, их нумерацию и делает все необходимые записи.

По окончании полевой работы, вычисляются по предыдущему скорости хода отдельных поплавков, затем определяются места прохождения поплавками главного—среднего створа; для этого вычерчивается в достаточно крупном масштабе (см. § 12) схема расположения створов, магистральной и угломерного инструмента; откладывая полученные углы засечек, получают искомые положения поплавков на основном, а также и на других створах; место прохода одних и тех же поплавков на всех трех створах должны лежать на

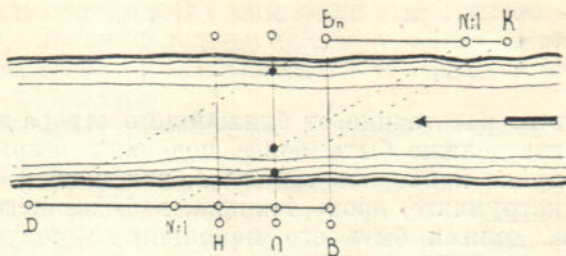


линиях, близких к прямым, параллельным берегом; таким образом, засечками положений поплавков на верховом и низовом створах достигается проверка правильности засечек по основному створу.

**10. Определение скоростей на широких реках — без угломерного инструмента.** § 10. При отсутствии угломерного инструмента, на значительных по ширине реках, для определения места прохода поплавков через основной створ можно пользоваться способом створов из вех.

Можно указать два таких способа:

- 1) Створы при помощи вех на обоих берегах.
- 2) Створы при помощи центральной вехи на одном берегу.



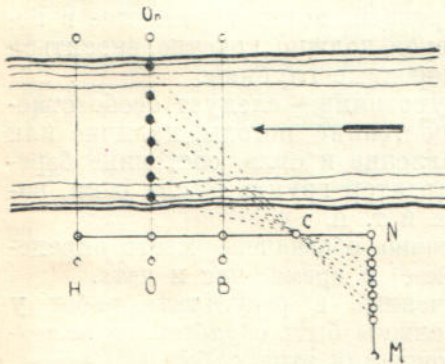
Черт. 13.

При способе первом (черт. 13) магистраль продолжается примерно на полную свою длину или больше— $HD$ ; на втором берегу разбивается дополнительная магистраль  $KB_n$ ; по этой последней забиваются перенумерованные колышки через равные промежутки, в количестве, соответствующем желательному числу засечек хода поплавков. Колышки эти обозначают будущие места установки передвижной створной вехи. На этом берегу должен находиться рабочий с вехою.

На магистральном берегу продолжение магистрали  $HD$  обозначается на земле протянутой между точками  $H$  и  $D$  бичевою или не широкою бороздою; на этой линии должен находиться наблюдатель (помощник руководителя) с вехою; при нем должен быть рабочий с комплектом колышков, обозначенных такими же номерами, как и на другом берегу. Кроме того, должен быть наблюдатель, отмечающий момент прохождения поплавка через створы (см. § 8). Время хода поплавков по секундомеру отмечает руководитель работы, обозначая, конечно, поправки номерами, соответствующими номерам косых створов, фиксирующих проход поплавков через основной створ.

Поплавки пускаются, постепенно удаляя место их забрасывания от магистрального берега.

Работа производится следующим образом: рабочий второго берега, находящийся у линии  $B_nK$ ,—перед пуском первого поплавок, выставляет вежу в точке 1 около колышка № 1. Наблюдатель магистрального берега берет вежу и двигается все время лишь по линии; по предварительному сигналу наблюдателя у створа о моменте подхода поплавок к поперечному основному створу, наблюдатель с вежою ловит поплавок в створ своей вежи и установленной вежи второго берега; при сигнале о самом моменте прохода,—первая вежа углубляется в землю. Затем, вместо этой последней вежи забивается колышек с таким же номером, как колышек у вежи другого берега. Далее, на втором берегу рабочий переносит вежу к следующему по порядку колышку (напр., № 2), сигнализируя этот номер наблюдателю первого берега; последний приготавливает для установки такой же номер колышка и ловит в створ следующий поплавок по предыдущему, и т. д.



Черт. 14.

При втором способе работ—основная (черт. 14) магистраль продолжается примерно на полную свою длину или больше, и по середине этого дополнительного участка устанавливается центральная неподвижная вежа  $C$ ; затем перпендикулярно к  $BN$ , из точки  $N$  забивается дополнительный участок  $NM$ , обозначаемый на земле бичевой или бороздою.

Место прохода поплавок через створ  $OO_n$  засекается вежами, устанавливаемыми по линии  $NM$ , и центральной вежою  $C$ , применительно к предыдущему.

Вежа, устанавливаемая по линии  $NM$ , при засечке поплавок в момент его прохода через створ,—сейчас же заменяется колышком с номером, соответствующим номеру пущенного поплавок. Продолжительность хода поплавок отмечается по предыдущему.

Для вычисления точек (расстояний от основной магистрали) прохода поплавокками основного створа—по окончании работы измеряют длины, фиксирующие положение колышков вежовых створов и наносят их на вычерченный план; необходимые расстояния можно определить графически из чертежа.



11. Наблюдения за уровнями воды при определении расхода и другие полевые записи. § 11. Перед приступом к измерению глубин забивается на урезе воды, в профиле основного створа,—кол диаметром около 0,05 метр. и длиной около 0,50 метр., заподлицо с водою. Этот кол связывается нивелировкой с ближайшим репером. Во все время производства работы следует следить за тем, не меняется ли уровень воды в реке. Особо следует замечать уровни перед и после измерения глубин, перед приступом к измерению скоростей, перед пуском каждого поплавка и после всех измерений.

Если за время работы уровни изменились не больше чем на 2 сант., за уровень соответствующий расходу,—принимается средний из зарегистрированных уровней.

При более значительных колебаниях уровней во время определения расхода, определение скоростей следует повторить, следя чтобы весь процесс измерения скоростей закончился возможно быстрее, при колебаниях уровней не больше 2 см. Изменение уровней, констатированное в период после окончания промеров, должно, конечно, вноситься в виде поправки в уже измеренные глубины.

Помимо наблюдений за уровнями,—следует особо отмечать также данные: общее состояние погоды, наличие или отсутствие ветра, его направление и сила, состояние берегов на рабочем участке, характер грунта русла реки, наличие в воде мути и мусора и т. п.

Наконец, должно быть точно обозначено место определения расхода (географическое) и время: час и дата.

12. Обработка полевых данных. § 12. Полученные в результате работ у реки данные должны быть обработаны немедленно после окончания этих работ.

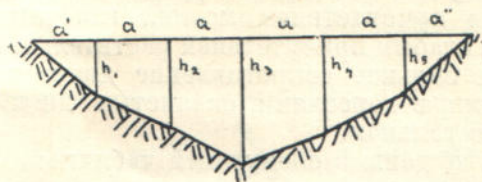
Должны быть вычерчены: 1) измеренные профили живого сечения реки в масштабе: горизонт: в 1 сант. = 2—4 метр.; вертикаль: в 1 сант. = 0,50—1,00 метр., с указанием на профиле глубин и расстояний урезов и промерных вертикалей от магистрали,—2) план участка в масштабе в 1 сант. 2—4 метр., с нанесением магистралей, створов, длин их и расстояний между ними, и направления течения.

Примечание: Чертежи эти выполняются (можно в карандаше) на обыкновенной клетчатке формата писчего листа и прикладываются к *бланку измерения расхода* (см. § 15).

Затем вычисляются скорости движения поплавков. Далее производится подсчет площадей живого сечения как для основного среднего створа, так и для верхового и низового.

Проще всего (и при том точно) площади живого сечения

вычисляются как сумма элементарных площадок, получаемых перемножением полусумм смежных глубин на расстояния между ними по формуле (см. черт. 15).



Черт. 15.

$$F = \frac{h_1}{2} a' + \frac{h_1 + h_2}{2} a + \dots + \frac{h_{n-1} + h_n}{2} a''$$

где:  $h_1, h_2, h_3 \dots h_n$  измеренные глубины, взятые последовательно, а  $a, a', \dots a''$  — расстояния между ними, обычно одинаковые.

13. Вычисление расходов для рек шириною до 20 метр.

§ 13. Для рек шириною до 20 метр. с более или менее быстрым течением, т. е. в тех случаях, когда ограничиваются измерением одних наибольших поверхностных скоростей (§ 7), вычисление расхода ведут следующим образом:

Расчетная площадь находится, как средняя из суммы площадей верхового, низового и удвоенной площади среднего створа:

$$F_{\text{расч.}} = \frac{F_{\text{верх}} + 2 F_{\text{ср}} + F_{\text{низ}}}{4}$$

Расчетная скорость  $V_{\text{ср}}$  находится путем помножения полученной максимальной поверхностной (см. § 7) на некоторый коэффициент  $K$ :

$$V_{\text{ср}} = V_{\text{max}} \times K$$

Коэффициент  $K$  имеет различные значения в зависимости от величины гидравлического радиуса основного створа и характера русла.

Гидравлический радиус  $R$  равен:

$$R = \frac{F}{p} \text{ где: } \left. \begin{array}{l} F — \text{площадь живого сечения} \\ p — \text{длина смоченного периметра.} \end{array} \right\}$$

Смоченный периметр проще всего определить графически, нанеся для этого данное сечение в одинаковом горизонтальном и вертикальном масштабах;  $p$  определится тогда, как сумма длин отдельных участков смоченного очертания русла.



Допустимо вместо гидравлического радиуса определять просто среднюю глубину сечения, обычно весьма близкую  $R$ .

Что касается характера русла, то следует различать 2 главных случая: 1) земляное русло в обычном состоянии с возможным присутствием мелких галечных отложений или с весьма слабым присутствием растительности; 2) русло, оказывающее сильное сопротивление движению воды — со значительными водорослями, скалистым дном с валунами или крупной галькой.

Значения  $K$  даны в следующей таблице:

ТАБЛИЦА

Гидравл. радиус $R$	Значения $K$		Гидравл. радиус $R$	Значения $K$	
	Обычное землян. русло	Русло заросшее или с крупными камн. и галькой		Обычное землян. русло	Русло заросшее или с крупными камн. и галькой
0,10	0,55	0,49	0,60	0,70	0,66
0,15	0,58	0,53	0,80	0,72	0,68
0,20	0,61	0,56	1,00	0,73	0,69
0,25	0,63	0,58	1,20	0,74	0,71
0,30	0,65	0,60	1,60	0,75	0,72
0,40	0,67	0,62	2,00	0,76	0,73
0,50	0,69	0,64			

14. Вычисление расхода для других случаев.

§ 14. Если определены были скорости по всей ширине реки, вычисление расхода производится следующим образом:

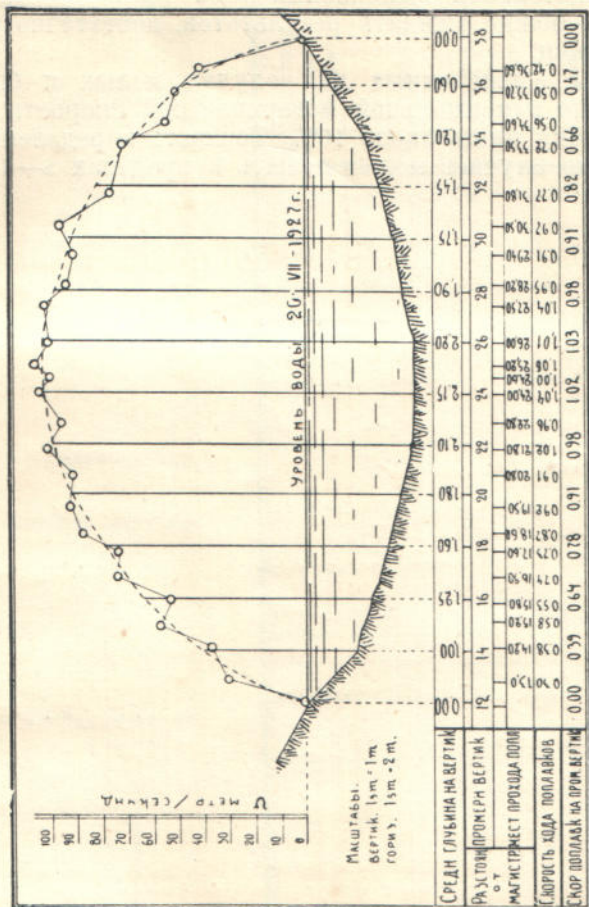
Площади живых сечений по створам вычисляются по § 12. За расчетную площадь живого сечения берется площадь по основному створу; однако, должна быть сделана проверка равенства:

$$F_{\text{расч}} = \frac{F_{\text{верх}} + 2F_{\text{ср}} + F_{\text{низ}}}{4}$$

при чем разница между  $F_{\text{ср}}$  и  $F_{\text{расч}}$  не должна превосходить 4%; если это разница > 4%, это должно быть оговорено особо. Затем, по вычисленным значениям поверхностных скоростей, над чертежом живого сечения для среднего створа, строится кривая поверхностных скоростей; для этого откладывают на оси абсцисс расстояния и по оси ординат — скорости в мет./сек. (см. черт. 16); эта кривая должна образовывать более или менее плавную кривую; отдельные выпадающие случаи выбрасываются из рассмотрения, как ошибочные и случайные.

Далее, из построенной кривой поверхностных скоростей берут (по чертежу) скорости, соответствующие промерным

вертикалям, выписывая их в нижнюю графу (черт. 16) и в соответствующую графу бланка для определения расходов. Затем находят полусуммы этих скоростей, беря их последовательно; эти полусуммы скоростей являются частными поверхностными скоростями для вычисленных по § 12 элементарных площадок.



Черт. 16.

Перемножив частные поверхностные скорости  $V_{пов.}$  и площади элементарных площадок  $f$ , — получим фиктивный расход  $Q_{фискт}$ , как сумму этих произведений

$$Q_{фискт} = V_n' f' + V_n'' f'' + \dots + V_n^n f^n$$

Действительный расход  $Q_d$  находится умножением фиктивного  $Q_{фискт}$  на переходной коэффициент, равный 0,85—0,90.

$$Q_d = 0,90 Q_{фискт}$$



15. **Общее заключение.** § 15. Для удобства полевых записей и вычислений следует пользоваться особыми бланками, форма которых дана в приложении (см. прилож. III).

Порядок заполнения этих бланков понятен из заголовков его граф. К бланку обязательно должны быть приложены указанные выше схемы и чертежи.

При тщательном выполнении всех приведенных выше указаний, — можно ожидать результатов, достаточно точных для практики.

Расходы вычисленные для случая малых и быстрых рек даже по максимальной поверхностной скорости, могут иметь ошибку лишь около 10%. Точность определения для всех вообще случаев может лежать в пределах 8—15%.













Цена 75 коп.

---

ИЗДАНИЕ СЕВЕРН. ОБЛ. МЕЛИОР. ОРГ. Н. К. З.  
КИЕВ, УЛ. КОМИНТЕРНА, № 2.