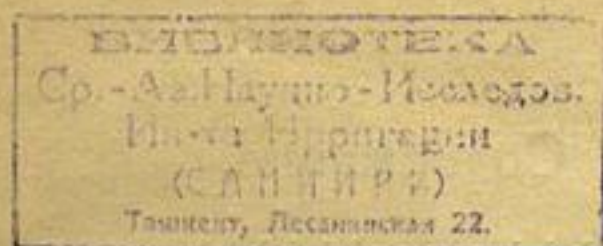


ПРОВ. 1951 г. ✓

ТРУДЫ СРЕДНЕАЗИАТСКОГО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО
ИНСТИТУТА ИРРИГАЦИИ

ВЫПУСК 31



17314

626

8-79

В. Н. ЯРЦЕВ

ПРАКТИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО ДЛЯ ТАРИРОВКИ МЕЛКИХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

ОБРАЗЦОВАЯ

ТАШКЕНТ

1936



Содержание

I. Полевые работы	—
1. Состав работ и общий метод тарировки	—
2. Порядок и выполнение работ при тарировке	4
3. Наблюдения при тарировке сооружения	12
II. Обработка материалов	25
4. Состав работ предварительной обработки	—
5. Составление тарировочных таблиц и графика	31
6. Составление номограмм расходов	38
Приложения	44

Ответственный редактор. П. Н. Кириллин
Технический редактор Е. П. Глаголева

Сдано в набор 15 II-36 г.
Подписано к печати 3/V-36 г.
3¹/₂ л. п. л. по 55 т. зм. к.
Узлит № 03369. Заказ № 47. Формат Б5. Тираж 2052

Ташкент. Тип. Увополиграфкомбината им. Нирамова. 1936 г.

Сложность работ при тарировке гидротехнических сооружений с целью последующего учета воды всецело зависит от рода и характера сооружения и от условий его работы. Чем сложнее сооружение и чем многообразнее возможные условия его работы, тем больше требуется полевых работ и тем сложнее обработка материалов. В последних случаях тарировка сооружений требует от производящих работу достаточной квалификации и опыта.

Обратно — сооружения простые, работающие в постоянных условиях подхода и истечения потока, могут быть протарированы достаточно быстро и просто, однообразными приемами, легко усваиваемыми. Подобных несложных сооружений на наших ирригационных системах множество и использование их в первую очередь для учета оросительной воды должно дать значительный эффект в деле рациональной эксплуатации системы.

Настоящее руководство имеет целью дать практические указания о тарировке именно таких простых сооружений, допускающих производство работ силами местных работников (гидрометров) без предварительной их подготовки.

Все руководство для удобства пользования разделено на две основные части:

1. На часть, устанавливающую правила производства полевых работ.
2. На часть, в которой дается указание об обработке материалов и тарировки.

При изложении правил как в той, так и в другой части предполагается, что лица, коим будет поручена тарировка, достаточно знакомы с общей практикой гидрометрических работ.

1. Полевые работы

1. Состав работ и общий метод тарировки

Расход воды, пропускаемой гидротехническим сооружением, кроме непосредственного измерения (вертушкой, водосливом и др.), может быть определен по известным в гидравлике расходным формулам, устанавливающим связь между расходами и элементами потока в сооружении.

Общий вид подобной формулы выражается уравнением

$$Q = m \cdot \sqrt{2gz}$$

где Q — искомый расход воды;

m — площадь отверстия в сооружении, через которое протекает поток (например, отверстие под щитом регулятора), или площадь живого сечения потока в сооружении (например, в случае, когда в регуляторе щит поднят полностью);

g — ускорение силы тяжести — постоянная величина, равная 9,81,
 z — так называемый действующий напор, определяемый различно в зависимости от условий истечения потока;
 m — коэффициент расхода.

Все элементы, входящие в эту формулу, за исключением величины m , для каждого отдельного случая могут быть определены на месте достаточно просто: ω — измерением ширины и высоты отверстия (или иногда ширины отверстия и высоты переливающегося слоя воды над порогом сооружения), z — измерением глубины воды в районе сооружения. Более сложным является правильное назначение m — величины, учитывающей сопротивление при движении потока через сооружение, так как значение коэффициента расхода различно не только для отдельных сооружений, но различно и для данного сооружения при различных условиях его работы.

Опытное определение значений m для данного сооружения и является сущностью и конечной целью тарировки.

Состав приведенной выше формулы устанавливает и объем работ при тарировке сооружения. Тарировка сводится при каждом отдельном наблюдении к регистрации и измерению всех элементов, входящих в формулу, а именно Q , ω и z .

Число отдельных определений будет зависеть от числа отдельных возможных условий работы сооружения и от устойчивости значений m для каждого подобного условия.

Определенные опытным путем коэффициенты расхода позволяют в дальнейшем составить ряд расходных уравнений (тарировочных) для данного сооружения, с помощью которых определение расходов воды, пропускаемых сооружением, может производиться без непосредственного их измерения, а путем лишь регистрации положения затворов и действующих напоров, легко наблюдаемых в поле.

2. Порядок и выполнение работ при тарировке

Полевые работы при тарировке можно разделить на две части:

а) на предварительно-подготовительные работы;

б) на непосредственные отдельные наблюдения.

К предварительным работам относятся:

1. Подробный осмотр и ознакомление с сооружением и с возможными условиями его работы.

2. Описание тарлируемого сооружения, составление схематического чертежа и определение основных его размеров.

3. Выбор места для створа измерения расходов воды, пунктов наблюдения за горизонтами воды, разбивка необходимых поперечников, установка репера.

4. Установка необходимых приспособлений для учета горизонтов воды, для определения положения затворов и для измерения расходов воды.

К общему комплексу работ отдельных наблюдений относятся:

1. Установка в определенное положение регулировочных затворов или создание необходимой высоты напора.

2. Записи, предшествующие измерениям расходов.

3. Регистрация горизонтов воды по выбранным точкам наблюдения и одновременное измерение расхода.

Задачи перечисленных работ, порядок и способ их проведения следующие:

Осмотр и ознакомление с условиями работ сооружения, намеченного к тарировке, должны, с одной стороны, установить возможность

его тарировки приемами, рекомендуемыми настоящим руководством, с другой, дать возможность принять решение о плане тарировочных работ (т. е. о порядке и объеме их).

Первое, на что необходимо обратить внимание, это на исправность сооружения, насколько оно нормально работает. Все неисправности, могущие так или иначе нарушить зависимость между расходами и элементами потока сооружения, должны быть устранены до тарировки. Сооружения с неисправными затворами (перекошенные, неплотно затворяющие отверстие), занесенные наносами, неправильно эксплуатируемые (примитивная регулировка) тарировать до устранения недостатков не следует.

Вопрос о том, насколько намеченное к тарировке сооружение отвечает условиям водомерности, разрешается сопоставлением его с приведенным здесь перечнем сооружений и детальным ознакомлением с возможными условиями его работы (перечень сооружений см. ниже)¹.

Выполнение прочих предварительных работ следует вести следующим образом:

Составление схематического чертежа тарируемого сооружения и определение его основных размеров должны, с одной стороны, дать все необходимые сведения при обработке материалов, а с другой, зафиксировать состояние сооружения во время его тарировки.

Следует помнить, что изменения как в самом сооружении, так и в районе его могут существенно повлиять на полученные при тарировке результаты и потребовать проверки их, а иногда и проведения работ вновь. Изменения, конечно, будут сказываться только тогда, когда они существенно могут повлиять на характер подхода потока к сооружению (изменять скорости и направления), или на характер истечения потока из сооружения (свободное истечение заменяется затопленными, или наоборот)².

Эта часть предварительных работ проще всего выполняется заполнением какой-либо ведомости стандартной формы. Пример такой формы дается в приложении I.

При заполнении ведомости следует придерживаться следующих правил:

а) Записи по первым четырем пунктам должны дать исчерпывающие данные для точного определения местонахождения тарируемого сооружения. В эти пункты заносятся, к какой оросительной системе принадлежит сооружение, на каком канале расположено и т. п., указывается наименование и характер сооружения (например, головной регулятор арыка Джуй-базар, ступенчатый перепад на распределителе №, на пик. 120+50 и т. п.). При обозначении местоположения указывается расстояние от ближайших крупных сооружений или от пикетов. При вычерчивании общей схемы (п. 4) наносятся в плане сооружение и участки каналов в его районе с обозначением створа измерения, пунктов наблюдения за горизонтом воды, местоположение репера и пр.

Пример составления подобной схемы приведен на рис. 1.

б) При определении основных размеров сооружения (п. 5) все измерения производятся непосредственно в поле, брать размеры

¹ Руководством предусматриваются наиболее простые сооружения, иначе — наиболее водомерные, для тарировки более сложных сооружений разрабатывается другая соответствующая инструкция.

² Пояснение о характере затопления см. ниже.

с чертежей сооружения (проектных или исполнительных) не разрешается. Все высотные размеры определяются с помощью нивелировок, при чем такие отметки, как отметки порога, определяются не по одной какой-нибудь точке, а по нескольким (на середине пролета у опорных стенок — несколько отступя от них, в многопролетных отметки определяются перед каждым отверстием).

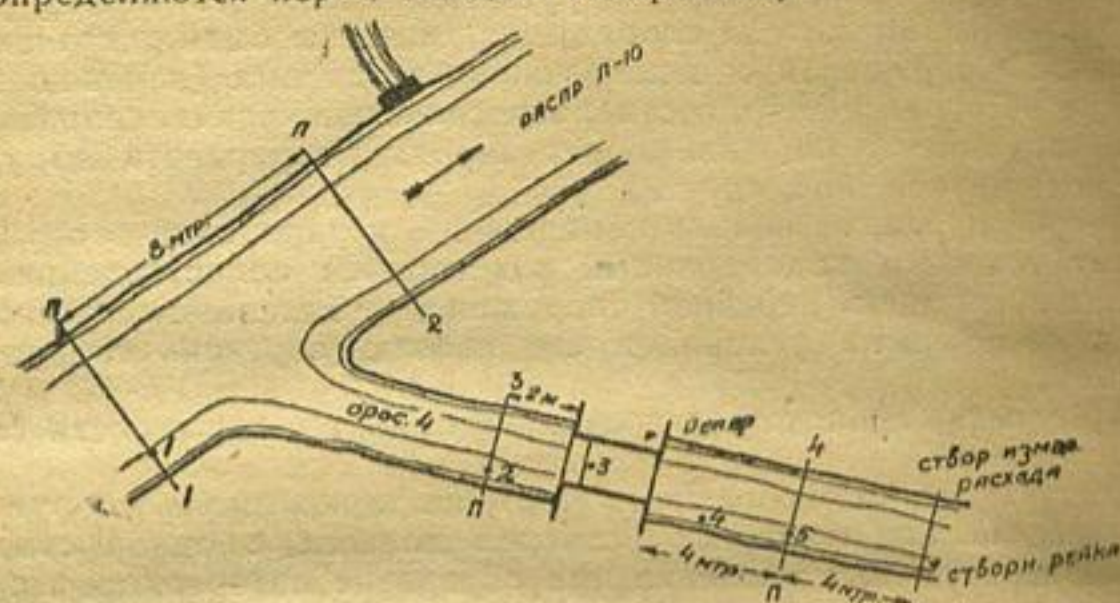


Рис. 1.

Плановые размеры определяются с помощью стальных рулеток или точных реек. Измерения производятся для малых сооружений (общим отверстием до 1 метра) с точностью до 0,005 м, для более крупных — с точностью до 0,01 м.

Сведения об обычно пропускаемых расходах воды через тарп-руемые сооружения и каналы заносятся по данным эксплуатационной гидрометрии. Основные размеры участков канала, примыкающих к сооружению, определяются из непосредственных промеров по поперечникам:

1. В верхнем и нижнем бьефах сооружения.
2. В случае, когда сооружение расположено в голове бокового водовыпуска — то в верхнем бьефе выше и ниже сооружения (на основном канале) и в нижнем бьефе (примерную схему расположения поперечников см. на рис. 1). Поперечники следует совмещать с основными пунктами наблюдения за горизонтами воды (см. ниже).

в) При составлении схематических чертежей (п. 6) сооружения вычерчиваются все основные части его и указываются основные размеры и отметки. На чертеже условным обозначением отмечается материал, из которого построено сооружение. Масштаб чертежей достаточно принимать от 1/50 до 1/100. Пример составления подобного схематического чертежа показан на рис. 2.

г) К сведениям о состоянии сооружения (п. 7) относятся данные о его исправности и о видимых на-глаз деформациях (трещины, осадки, подмыв и пр.).

д) При даче характеристики условий работы сооружения (п. 8) необходимо отмечать, находится ли оно в сфере влияния работы соседних сооружений и на чем это влияние сказывается, когда последние работают (на величине и направлении скоростей подхода, образовании поперечных уклонов, на изменении высоты горизонта воды в районе тарп-руемого сооружения и пр. Если влияющее сооружение расположено в нижнем бьефе, то насколько его работа сказывается на характере затопления потока).

Остальные пункты ведомости пояснений не требуют.
При оборудовании сооружения и участков канала для провоза тарпоровых работ следует придерживаться следующих указаний: Место для закладки перера должно быть выбрано с таким расчетом, чтобы вся последующая нивелировка по возможности могла быть произведена с одной стоянки инструмента. В качестве перера может быть выбрана точка на самом сооружении, если имеет ся уверенность в неизменности ее положения или опорная бетонная или каменная стенка сооружения. Такая точка обязательно отмечается за метным условным знаком. Положение перера или выбранной точки указывается в схеме (п. 4) ведомости с точным обозначением до него расстояний от характерных точек сооружения.

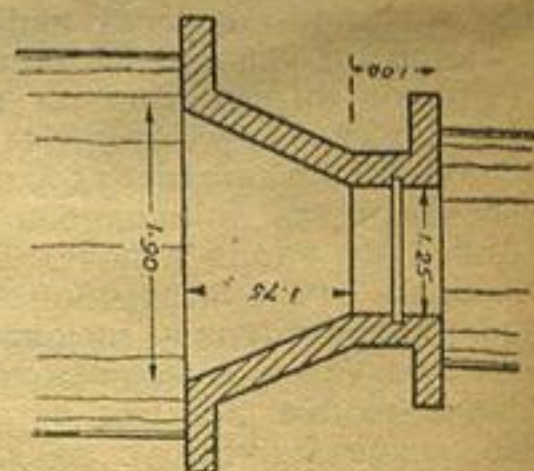
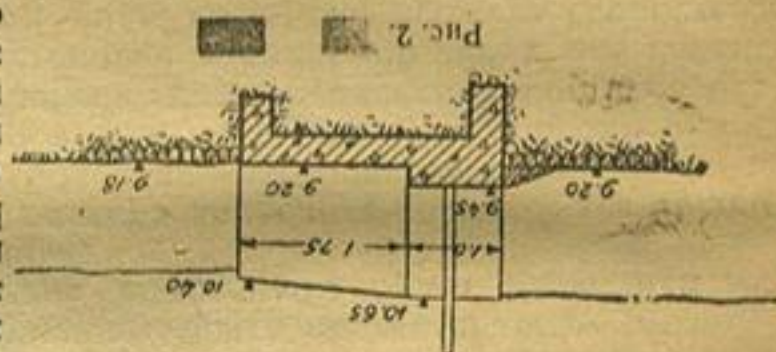
Расходы воды во время тарпировки сооружения обычно измеряются не в самом сооружении, а на прилегающем к нему участке канала, по которому проходит вся вода, пропускаемая сооружением. Участок канала, на котором оборудуется створ для измерения расхода, должен удовлетворять всем требованиям, предъявляемым к устройству гидрометрических постов, обеспечивающим в основном точность измерений и удобоиспользование техники работ. Условия эти подробно описываются в соответствующих инструкциях по гидрометрическим работам.

Когда по местным условиям расход воды, проходящей через сооружение, не может быть учтен измерениями на одном створе (отсутствие удобного места для измерения, наличие отводных сооружений у сооружения), то расход воды может определяться на двух стовах (как сумма или как разность расходов). В этом случае расходы по стовам определяются обязательно одновременно.

Створы для измерения расходов вообще желательно располагать вблизи тарпированного участка на канале, допускающем створу устраивать и в удалении от сооружения, но с обязательным выполнением следующих условий:

а) Чтобы на протяжении канала от сооружения до стова не было потерь воды от неисправности берегов канала, или притока воды по сбросам с опорами или от подпунктов.

б) Чтобы возможные расходы воды на просачивание в грунт на участке от сооружения до стова не сказывались на измерениях. В зависимости от фильтрационных свойств грунтов, скапывающих русло, опрени-



ровочно можно считать за предел удаления створов измерения: 1—на каналах с расходами меньше $0,100 \text{ м}^3/\text{сек.}$ от 25 до 50 м, 2—с расходами $0,100$ до $1,00 \text{ м}^3/\text{сек.}$ от 50 до 500 м, 3—с расходами больше $1,00 \text{ м}^3/\text{сек.}$ от 500 м до 1 км.

Во всех случаях, когда это допускают местные условия, вертушечный способ измерения должен быть заменен измерениями с помощью временно устанавливаемых водосливов, идя при расходах, превышающих обычно учитываемые переносными водосливами (больше $0,5 \text{ м}$), на сдвоенную установку. При пользовании для измерения водосливами при выборе места для их установки, кроме соблюдения приведенных предельных расстояний, необходимо учитывать еще возможность влияния водослива на работу тарифируемого сооружения. Водослив должен располагаться настолько ниже сооружения (при установке его в нижнем бьефе), чтобы создаваемый им подпор не оказывал влияния на поток в сооружении и не изменял бы обычный для сооружения характер истечения струи (т.е. при обычном свободном истечении струи не затопливал бы ее, а при той или иной степени затопления—не увеличивал резко таковую). Место расположения водослива будет удовлетворять поставленному условию, если отметка горизонта воды над водосливом будет равна или меньше отметки порога сооружения.

Установка и выбор размера водослива подчиняются общим правилам, соблюдение коих обеспечивает точность наблюдения.

Оборудование створов для измерения вертушками обычно заключается в устройстве легких гидрометрических мостиков без промежуточных опор и в установке водомерной рейки для наблюдения за колебанием горизонтов воды во время промера скоростей. Правила закрепления створов, разбивки вертикалей и проч. подробно перечисляются в соответствующих инструкциях.¹

Горизонты воды при тарифировке сооружения наблюдаются в верхнем и нижнем бьефах, при чем как в том, так и в другом по нескольким точкам, с целью:

1. Взаимного контроля над произведенными наблюдениями.
2. Для возможности выбора в последующем, после обработки материалов, для практического учета воды наиболее удобных и правильных пунктов наблюдения.
3. Для освещения характера подхода потока и истечения его с сооружения.

Точность получаемых данных в результате тарифировки в весьма большой степени зависит от точности и правильности наблюдений за горизонтами воды, поэтому как выбор точек наблюдения и оборудование наблюдений, так и само производство их должны делаться со всей тщательностью и вниманием.

Горизонты воды для тарифировки сооружения, вообще говоря, наблюдаются в непосредственной близости к сооружению, но во всяком случае в точках, расположенных вне местного влияния частей сооружения на горизонт воды, например, вне повышения горизонта воды от набега на стенки сооружения, вне воронки всасывания, образующейся иногда перед щитом, вне подпора от бычков сооружения и т. д.

Точки наблюдения разделяются на основные и дополнительные; по основным точкам горизонт воды фиксируется при всех отдельных определениях коэффициентов расхода при тарифировке, по дополнитель-

¹ Для тарифировки сооружения вновь посты устраиваются обычно только в случае отсутствия постов эксплуатационной гидрометрии (для русловой гидрометрии).

ным — при частных условиях работы сооружения (например, только при истечении из-под щита).

В верхнем бьефе основной пункт наблюдения назначается выше сооружения примерно на 3—4 глубины воды над порогом (возможной максимальной) сооружения, когда щиты в нем подняты полностью (например, точки № 1 на рис. 3 а, б, в, г).

В нижнем бьефе — ниже сооружения, где течение воды можно считать установившимся, т.е. в таком месте, где отсутствует уже

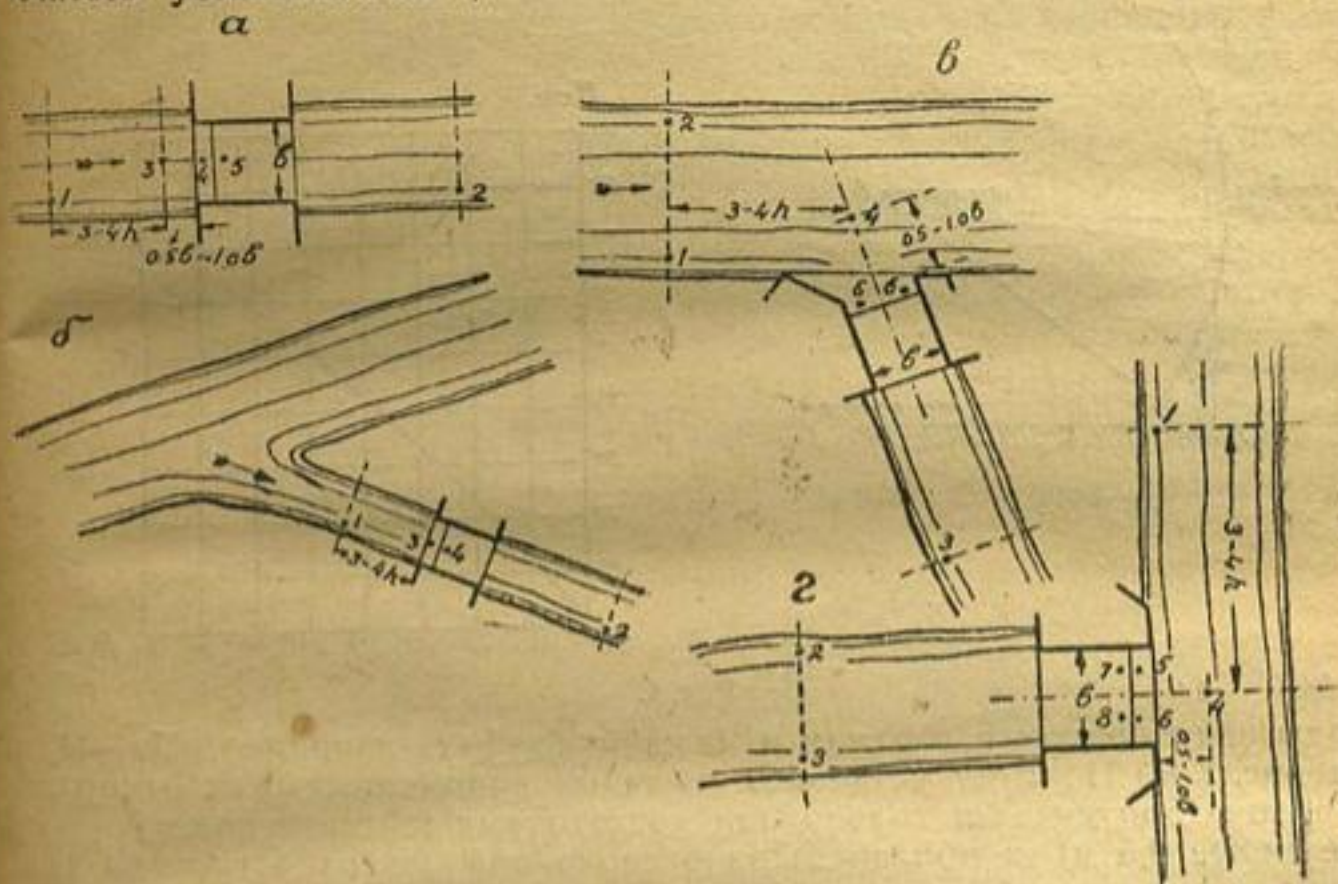


Рис. 3.

резкое волнение, набег воды на откосы, отсутствует постоянное колебание горизонта воды (на рис. 3-а, б, г — точ. № 2, рис. 3-в — точ. № 3).

Дополнительными пунктами наблюдений в верхнем бьефе служат точки, расположенные несколько выше сооружения — на 0,5 — 1 ширину отверстия сооружения (рис. 3 а — точка № 3, рис. 3-в, г — точка № 4) и перед самыми щитами (рис. 3-а — точ. № 4, 3-б — точ. № 3, 3-а — точ. № 5 и 6, 3-г — точ. № 5 и 6).

Для нижнего бьефа дополнительные точки следует назначать непосредственно за щитами (рис. 3-а — точ. № 5, 3-б — точ. № 4, 3-а — точ. № 7 и 3-г — точ. № 7 — 3).

При наличии в створах точек наблюдения за горизонтами воды поперечных поверхностных уклонов (обычно происходящих от несимметричного подхода потока к сооружению) точки наблюдения следует располагать у обоих берегов (в одном створе, например, на рис. 3 — точ. № 1 и 2, 3-г — точ. № 2 и 3).

Наблюдение за горизонтом воды при тарировке (также, конечно, и при учете воды по данным тарировки) должно производиться с большей точностью, чем это обычно принято при эксплуатационных гидрометрических работах на речных постах, и тем точнее, чем меньше действующие напоры. (За действующие напоры принимаются: при свободном истечении через порог — глубины воды над-

порогом в верхнем бьефе, например, на рис. 6-а, глубина H_2 ; при затопленном истечении через порог — разность глубин над порогом сооружения в верхнем и нижнем бьефах, например, на рис. 6-а, $H_2 - H_1$; при свободном истечении из-под шита — глубина воды над центром подшитового отверстия, равная, как указано на рис. 7-б, $H_2 - \frac{h_{ш}}{2}$; при затопленном истечении из-под шита — разность глубин

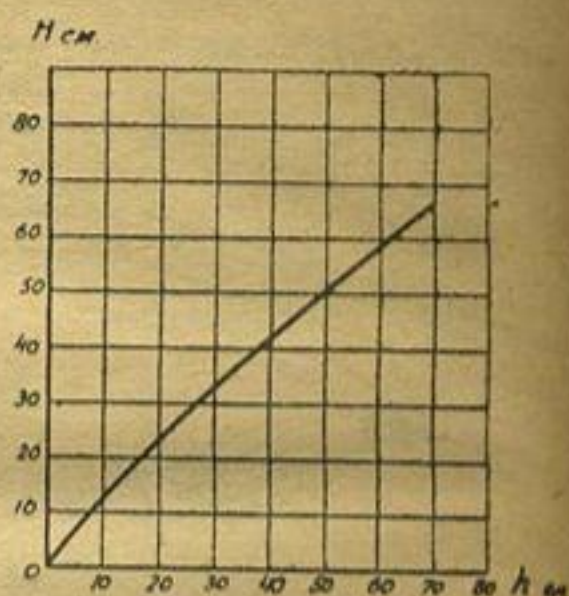
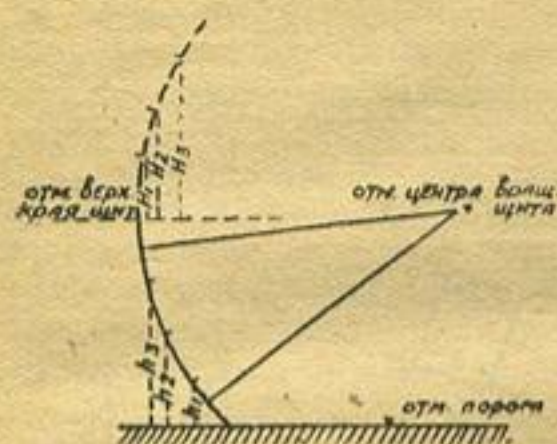


Рис. 4.

воды над порогом в верхнем и нижнем бьефах, например, $H_2 - H_1$ на рис. 7-в) Поэтому установка обычных водомерных реек открыто в потоке допускается только при достаточных действующих напорах (не менее 0,5 м) и при достаточно спокойной поверхности воды потока, позволяющей производить отсчеты с точностью до 0,005 м.

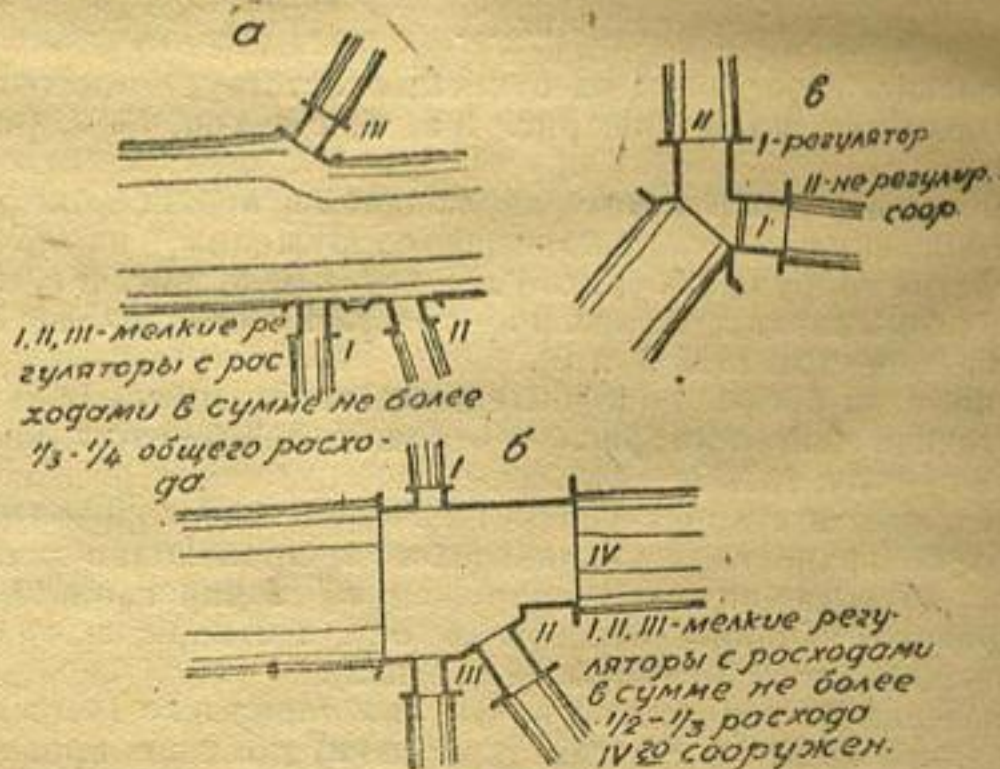


Рис. 5.

При тех же примерно напорах, но при неспокойной поверхности воды, рейки следует располагать в специальных успокоительных

колодцах, как это принято при обычных гидрометрических работах (в случаях, где устройство подобных колодцев возможно — в необлицованных руслах).

Во всех остальных случаях (малые действующие напоры) пользоваться водомерными рейками не рекомендуется, их следует заменять точками — реперами, расположенными в успокоительных колодцах, или проинвентаризованными и зафиксированными точками на сооружении и т. п. При таком оборудовании определение горизонта воды производится измерением по отвесу расстояний от заивелированной точки до уровня воды.

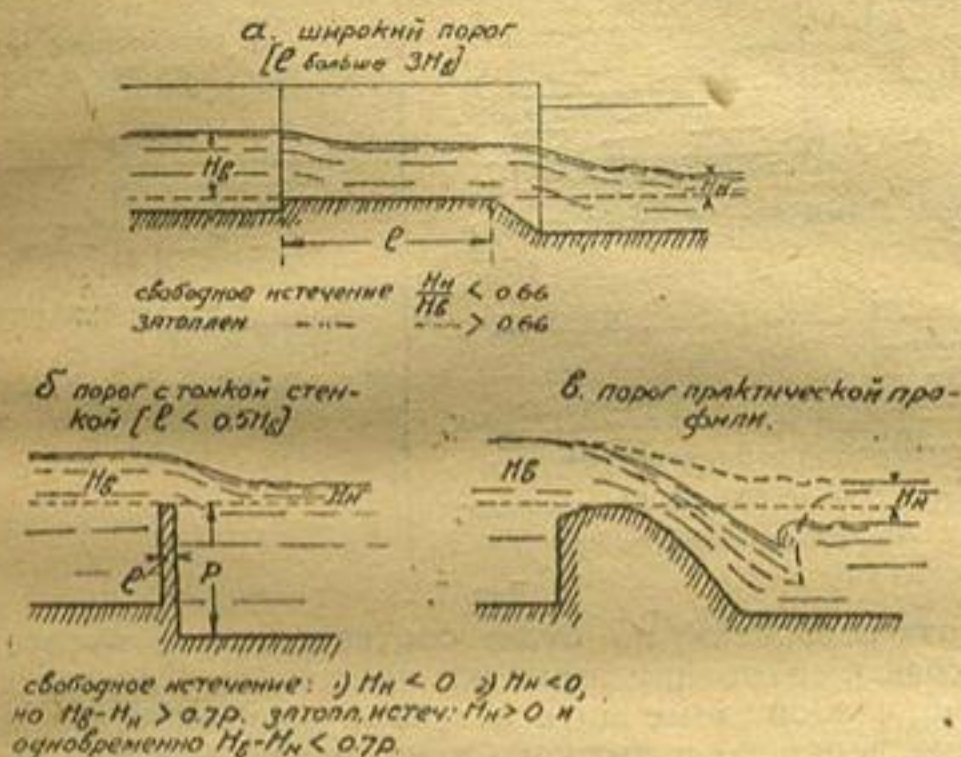


Рис. 6.

При наблюдении горизонта воды с помощью водомерных реек нули последних следует располагать на уровне порога сооружения с тем, чтобы показание реек давало бы сразу глубину воды над порогом.

Примечание. Из многочисленных пунктов наблюдения за горизонтом воды, назначенных для тарировки сооружения в последующем для практического учета воды по данным тарировки сохраняются лишь немногие, так что до получения результатов работ устройство постоянных установок (особенно в дополнительных точках) не рекомендуется.

Во все время производства тарировки местоположение отдельных точек наблюдения должно строго сохраняться.

Не меньшее влияние на точность результатов тарировки и учета воды будет оказывать также точность определения высоты подъема щита. Высота подъема щита должна учитываться с точностью не ниже 0,005 м.

Достаточно простым оборудованием для определения высоты подщитового отверстия служит разметка (краской) вдоль паза щита (на стойках). Для более удобного отсчета ноль разметки следует совмещать с верхним краем щита, когда последний опущен до самого дна.¹

¹ При наличии донного паза ноль разметки необходимо совмещать с верхним краем щита, когда нижний его край находится на уровне дна.

Для плоских наклонных щитов при нанесении разметки необходимо учитывать угол наклона щита¹.

Для определения высоты отверстия при секторных щитах разметку следует делать по дуге круга. Деления разметки в этом случае будут неравномерными, так как высота подъема нижнего края

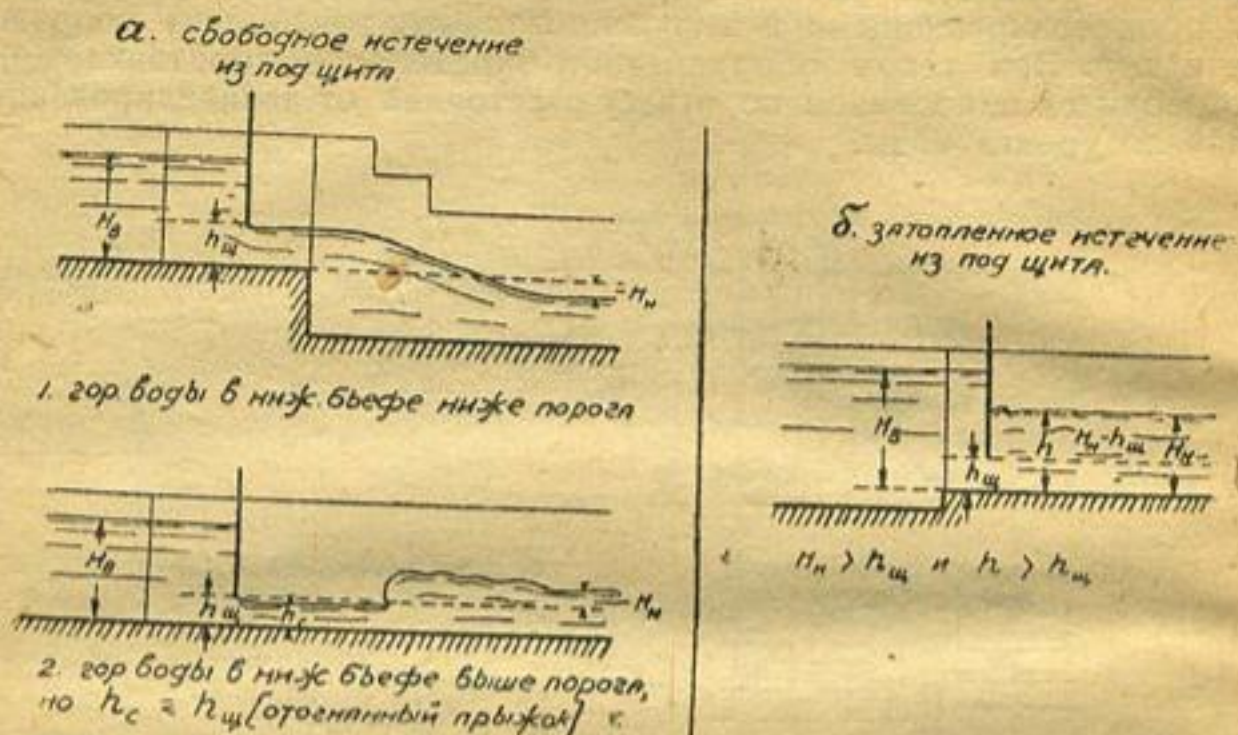


Рис. 7.

щита (высота отверстия) не будет соответствовать высоте подъема верхнего края (построение разметки проще всего делается графически по вычерченной схеме щита и кривой зависимости между высотой подъема верхнего и нижнего краев щита; (см. рис. 4).

3. Наблюдения при тарировке сооружения

Как уже указывалось, тарировка сооружения сводится к определению коэффициентов расхода, при чем для каждого сооружения коэффициенты определяются несколько раз. Многократность определения требуется обычно:

а) Для вычисления по отдельным определенным коэффициентам средних коэффициентов (пользование для учета средними величинами уменьшает вероятные ошибки отдельных определений).

б) Для установления зависимости изменения коэффициентов от других элементов, если подобное изменение имеет место.

в) Для характеристики точности получаемых тарировочных данных.

Количество отдельных определений для каждого сооружения будет изменяться от характера сооружения и от условий его работы. Чем сложнее сооружение и чем больше число возможных условий его работы, тем большее количество наблюдений требуется для его тарировки.

Ниже приводится перечень сооружений с указанием для каждого характерного типа объема работ и основных условий, при которых необходимо производить определения коэффициентов.

¹ Для подъема щита на один сантиметр щит подвигается на пазу наклонной рамы на величину $1 : \sin \alpha$, где α — внутренний угол наклона щита к горизонтальной плоскости.

Характерист. сооружений и условий их работы	Объем и порядок работ при тарировании сооружений.	Примечания и пояснения
1. Одиночные¹, однопролетные нерегулируемые сооружения. При нормальных условиях работы с постоянно свободным истечением² потока с порога сооружения: а) Сооружения с прямоугольным поперечным сечением, с параллельными боковыми стенками, с широким порогом или донным водосливом; в последнем случае при условии, что длина параллельных стенок, даже при наибольших расходах, не будет меньше $3H_0 \left(\frac{L}{H_0} \right)$. Ось сооружения совпадает с осью подходаго участка клина³. Среди подобных сооружений могут встречаться перепады ступенчатые и консольные.	Тарировать не меньше 3 раз: 1) при возможном максимальном расходе сооружения; 2) при обычном среднем нормальном и 3) при малом расходе (или при трех напорах в верхнем бьефе, а именно при H_{max}, $H_{ср}$ и H_{min}).	1. Под одиночными сооружениями здесь понимаются сооружения, на пропускную способность которых не оказывает влияния переменная работа соседних сооружений. Влияние соседних сооружений обычно сказывается в изменении подпорных условий к тарированному, а именно в изменении направления и в величине подпорных скоростей. Изменение направления и величины скоростей может значительно увеличить или уменьшить расход, пропускаемый тарированным сооружением, хотя бы высота действующего напора перед ним не изменилась (другими словами, переменная работа соседних сооружений может нарушить закономерность между величиной действующего напора и расходом, пропускаемым сооружением, и потребовать введения поправок, определение которых достаточно сложно и практически трудно выполнимо. В некоторых случаях, однако, отдельные сооружения узла при тарировке могут быть также отнесены к одиночным, а именно, когда влияние работы соседних сооружений сказывается практически незначительно. Например, рис. 5. а) Когда узел представляет собой лишь небольшое число (2—3) группированных в одном месте отдельных сооружений (рис. 5), пропускающих в сумме незначительные расходы в сравнении с общим расходом основного водотока (не более 1% общего расхода), то каждое такое сооружение может быть тарировано как одиночное.

выстрелки, тауэкс перегораживающие сооружение, безнапорные трубы прямоугольного сечения

б) Подобные же сооружения при расположении их осей под углом к оси подходного канала. Расход сооружений не превышает $1/2$ расхода питающего канала. Сюда могут быть отнесены перепады, быстроты, нерегулируемые водовыпуски, постоянно действующие сбросы.

в) Подобные же сооружения (по характеру порога), но имеющие не прямоугольную форму поперечного сечения (напр., трапециoidalную) или же при прямоугольной форме сечения, но расположенные под углом к оси потока и пропускающие расход больше $1/2$ расхода основного водотока.

г) Такие же сооружения, как в п.п. а, в и б, но с шириной порога меньше $3H$, или при длине параллельных стенок (при донном водосливе) меньше $3H$.

а) Сооружения с порогами, представляющими тонкую стенку постоянной высоты или проточеские профили, независимо от формы поперечного сечения и относительного расхода, а равно и расположения осей по отношению к основному водотоку. Сюда могут быть отнесены водосливы—сбросы, перегородивающие сооружения.

е) Трубы круглого и прямоугольного сечения, работающие всегда под напором, и всегда только или полным сечением, или только неполным сечением так, например, трубчатые боковые водовыпуски

ж) Трубы, работающие всегда неполным сечением—мостовые трубы, трубчатые водовыпуски.

б) Когда в узле, наряду с сооружениями, несомненно по пропускаемому расходу (относительно общего, поступающего к узлу расхода), имеется сооружение, превосходящее (по расходам) все остальные (рис. 5-б), то последнее может быть отнесено к одиночным.

в) Если узел состоит из нерегулируемых сооружений, то такие тарифируют как одиночные, ибо работа остальных сооружений имеет влияние постоянного характера.

г) Когда узел состоит из двух сооружений, из которых одно нерегулируемое, а другое регулируемое (рис. 5-в), то последнее тарифируется как одиночное.

д) Если условия эксплуатации требуют определенных условий работы отдельных сооружений узла (напр., обязательного каждый раз пропорционального давления, отсутствующей воды между отдельными водовыпусками, или работы одного из и непрерывном закрытии другого, то тарифовка производится отдельно с соблюдением указанных условий и во многих случаях отдельные сооружения тарифируются как одиночные.

Настоящее руководство предусматривает в основном способе тарифовки именно одиночных сооружений.

Тарифируются не менее 5 раз при разных напорах в верхнем бьефе. Так, если вероятный возможный максимальный напор в верхнем бьефе принять равным 1, то тарифовку с учетом произвести при:

H	равном прин.	$1/5$
H	"	$2/5$
H	"	$3/5$
H	"	$4/5$
H	"	1

Для получения более точных результатов тарифовки указанное количество тарифов желательно увеличить по вторым наблюдениями для каждого характерного H_2 (это положение является общим вообще для всех случаев тарифовки).

Характерист. сооружений и условий их работы	Объем и порядок работ при тарифов. сооружеи.	Примечания и пояснения
2. Одиюочные, однопролетные, нерегулируемые сооружеия. При всех возможных условиях работы с постоянно затопленным истечением потока. Нижний бьеф сооружеия не находится под влиянием переменного подпора. К этому разряду относятся все сооружеия, перечисленные в п. 1 (за исключением напорных труб, работающих всегда с неполным сечением — п. е"). Из типов сооружеия сюда могут быть отнесены также люкеры.	Т а к ж е	2. Свободное или затопленное истечение потока с сооружеия будет: а) при широком пороге и при донном водосливе, а также при безнапорной трубе прямоугольного сечения (рис. 6 а): свободным — когда глубины воды в нижнем бьефе (H_n) под порогом меньше $\frac{2}{3}$ глубины над порогом в верхнем бьефе ($H_n < 0,66 H_p$), затопленным — при H_n больше $\frac{2}{3}$; б) при пороге с тонкой стенкой (ширина порога при прямоугольном сечении стенки по оси потока не больше 0,5 H). Свободное (рис. 6 б) истечение всегда будет, когда горизонт воды в нижнем бьефе ниже порога водослива ($H_n < 0$), или когда горизонт воды в нижнем бьефе и выше порога водослива, но перепад z — больше 0,7 высоты порога над дном нижнего бьефа. Затопленное истечение будет наблюдаться при соблюдении двух условий: 1) горизонт воды в нижнем бьефе выше порога и 2) перепад $z = H_p - H_n$ 3) меньше 0,7 высоты порога над дном нижнего бьефа ($H_p - H_n < 0,7 p$); в при пороге практический профили (рис. 6 а) свободным истечением будет всегда, когда горизонт воды в нижнем бьефе ниже порога, или когда последний и выше порога, но имеется в наличии отогнанный прыжок. Затопленное истечение будет при горизонте воды в нижнем бьефе выше порога и при надвинутым прыжком.
3. Облицованные участки каналов и открытые лотки, не находившиеся в сфере влияния перемещенного подпора.	Тарифуются 3—6 раз при разных горизонтах воды. Фиксируемых примерно на середине участка или лотка. Отдельными наблюдениями равномерно охватываются все	3. При тарифовке сооружеия при малых напорах для достаточной точности определения коэф. расхода необходимо обращать внимание чтобы величина действующего напора (при

возможная амплитуда колебания горизонтов воды от минимума до максимума (см. общ. примеч. п. 2).

4. Одиночные, однопролетные, нерегулируемые сооружения.

При всех возможных условиях работы с постоянно затопленным истечением потока. Сооружения, расположенные в сфере влияния переменного подпора. Сюда могут относиться все сооружения, отмеченные в п. 2.

5. Одиночные, однопролетные, перерегулируемые сооружения с переменным характером истечения потока, когда истечение в одном случае может быть свободным, в другом затопленным, или в зависимости от величины

Тарируются 5—6 раз при разных характерных расходах и при разном затоплении потока. Отдельные определения при тарировке могут быть производимы примерно в следующем порядке:

1. Средний обычный расход воды и нормальное затопление (имеющее место при наименьшем возможном подпоре или при отсутствии подпора (прим. 5)).
2. Тот же примерно расход, но при увеличенном затоплении.
3. Максимальный возможный расход воды при нормальном затоплении.
4. То же при увеличенном затоплении.
5. Расход ниже нормального среднего при нормальном затоплении.
6. То же при повышенном затоплении.

Тарируются обязательно при свободном истечении и при затопленном, а именно:

1. Когда переменный характер истечения происходит от переменного подпора. Не менее 3—5 раз при свободном истечении,

свободном истечении H_n , а при затопленном $H_n - H_m$ была бы не меньше 0,05 метра. При напорах меньше указанной величины тарировать сооружение не следует. Если сооружение всегда имеет затопленное истечение и действующий напор ($H_n - H_m$) при разных расходах не превышает 5 см, а учет воды в данном сооружении возможен будет лишь только по данным коэффициентов расходов (о возможности учета воды по данным тарировки без определения коэф. расхода см. ниже), то от тарировки подобного сооружения следует отказаться, или же принять все меры, могущие обеспечить точность наблюдения за горизонтами воды в бьефах сооружения до миллиметров.

4. Когда горизонт воды в верхнем бьефе покрывает полностью входное отверстие трубы. Свободным истечением струи из трубы будет тогда, когда глубина воды в нижнем бьефе меньше $\frac{1}{2} d$ (d — диаметр трубы или высота ее). Признаки безнапорной трубы со свободным истечением — H_n меньше d , H_m/H_n меньше 0,6. Затопленным истечением будет — для напорных труб условие — H_n больше $\frac{1}{2} d$, для безнапорных — H_m/H_n больше 0,6. Признаком работы напорной трубы неполным сечением — H_n меньше d .

5. Переменный подпор обычно происходит, когда на участке канала в нижн. бьефе сооружения имеется регулируемое перегораживающее сооружение (также временные запруды), или когда сам участок канала в нижн. бьефе

Характерист. сооружений и условий их работы	Объем и порядок работ при тарифов. сооруже-	Примечания и пояснения
пропускаемого расхода, или под влиянием переменного подпора. Сюда можно отнести все перечисленные выше сооружения (за исключением люков).	как было указано в п. 1-а, б, в, г, д, ж. Не менее 5—6 раз при затопленном—при разных расходах и разном затоплении, в порядке, указанном в п. 4. 2. Когда переменный характер истечения зависит от пропускаемых расходов. Тарифуются не менее 6 раз с таким расчетом, чтобы измерениями были охвачены как случаи свободного истечения, так и случаи затопленного. Измерения производятся при разных расходах, равномерно распределенных от средне-минимальных до вероятных максимальных.	неустойчив (заливание, зарастание, размывание). При наличии подобного подпора при затопленном истечении потока с сооружения зависимость между расходами воды, пропускаемыми сооружением и H_2, нарушается и тарировку необходимо производить не при разных H_2, а при разных H_2 — H_1. Определить на месте, находится ли тарлируемое сооружение в сфере подпора от нижележащего сооружения, производится непосредственным наблюдением, а именно при некотором расходе воды в н-жем бьефе тарлируемого сооружения фиксируют горизонт воды при наименьшем во возможном подпоре (например, при полностью поднятых штах в перегораживающем сооружении или полностью снятых шандорах). Затем, не изменяя расхода воды, создают регулировкой подпирającego сооружения возможный наибольший подпор (поднимают горизонт воды перед перегораж. сооружением до допустимого предела). Если горизонт воды у тарлируемого сооружения изменяется (повышается, то это указывает на то, что последнее находится в сфере влияния перемены его подпора. Подобное же определение произведено с помощью нивелировки, так, как это указывалось выше для нахождения места расположения водослива при измерении расхода воды при тарировке; если отметка нивелившего горизонта воды перед перегораживающим сооружением больше отметки порога тарлируемого сооружения, то последнее находится в сфере переменного подпора, если ниже — то оно свободно от него.
6. Одиночные, однопролетные, регулируемые, затопляемые сооружения. Истечение	Тарифуются при двух основных условиях:	6. Затоплением принято называть отношение H_2 к H_1 (см. рис. 6).

ние из-под шита при всех условиях работы всегда бывает свободным².

Сюда относятся всякого рода сооружения, имеющие регулировочный шит, независимо от их расположения в плане и независимо от характера порога.

Главные регуляторы, шлюзы, водовыпуски, регулируемые мелкие перегораживающие сооружения, регулируемые перепады, сбросы, трубчатые водовыпуски.

7. Подобные же шитовые регулируемые сооружения. Истечение из под шита всегда затопленное. Поток в нижнем бьефе сооружения находится вне влияния переменного подпора.

1. При полностью поднятом шите, как нерегулируемое сооружение в порядке и объеме, указанных выше в пунктах 1—5.

2. При истечении из-под шита от 5 до 7 раз при разных расходах и при различных соотношениях высоты подшитового отверстия ($h_{\text{ш}}$) к глубине воды в верхнем бьефе над порогом, а именно:

при $\frac{h_{\text{ш}}}{H_2} = \infty 0,6; \infty 0,5;$

$\infty 0,4; \infty 0,5; \infty 0,25; \infty 0,10$

Например: 1) $H_{\text{макс.}} \quad \frac{h_{\text{ш}}}{H_2} = 0,25$

2) " $\frac{h_{\text{ш}}}{H_2} = 0,4$

3) $H_{\text{ср.}} \quad = 0,1$

4) " $= 0,5$

5) $H_{\text{мин.}} \quad = 0,6$

6) " $= 0,4$

(См. прим. 9)

Тарифуются при двух основных условиях:

1. При полностью поднятом шите как нерегулируемые сооружения в порядке и объеме, указанных в п. п. 1—5.

2. При истечении из-под шита 6—8 раз при разных расходах и при разной высоте подшитового отверстия.

Например: 1) $H_2 \text{ max} \quad \frac{h_{\text{ш}}}{H_2 \text{ max}} = \sim 0,8$

2) " $\frac{h_{\text{ш}}}{H_2} = \sim 0,5$

3) $H_2 \text{ сред.} \quad \frac{h_{\text{ш}}}{H_2 \text{ сред.}} = \sim 0,7$

4) " $\frac{h_{\text{ш}}}{H_2} = \sim 0,5$

5) " $\frac{h_{\text{ш}}}{H_2} = \sim 0,1$

6) $H_2 \text{ min} \quad \frac{h_{\text{ш}}}{H_2 \text{ min}} = \sim 0,3 \text{ и т.д.}$

(См. прим. 10)

7. Затопление увеличивается повышением гор. воды в нижнем бьефе регулировочной перегородки сооружения, создающего подпор. Если переменный подпор, влияющий на поток в сооружении, происходит обычно от временно устраиваемых подпруд, то проще всего тарифовку сооружения произвести как указано в п. 2 и затопить ее при подпоре. Так же следует поступить при переменном подпоре, вызываемом неустойчивостью участка канала—тарифовку производят тотчас после очистки канала и потом повторяют ее при достаточном изменившемся русле канала (или наоборот).

Характерист. сооружений и условий их работы

Объем и порядок работ при тарифов. сооруже.

Примечания и пояснения

8. Одиночное однопролетное регулируемое сооружение с шитовыми затворами. Истечение из-под шита всегда затопленное. Поток в нижнем бьефе находится в сфере влияния переменного подпора.

Для трубчатых водовыпусков следует различать затопление только подшитового отверстия от затопления всего выходного отверстия трубы. Если труба имеет только всегда одно из указанных затоплений, то тарифовка производится в указанном порядке, если же для данной трубы возможно затопление как подшитового отверстия, так иногда и всего отверстия трубы, то тарифовку в данном объеме следует повторить для того и другого случая.

Тарифируется также при полностью поднятых шитах и при истечении из-под шита.

При первом условии тарифовка ведется в объеме и порядке, указанных для соответствующего нерегулируемого сооружения (см. п. 4).

При втором условии тарифовка ведется, как указано для п. 7, при чем из 6—8 отдельных наблюдений раза 3—4 при наименьшем подпоре и раза 3—4 при повышенном подпоре (создавая его регулируемой нижележащего перегородивающего сооружения).

9. Подобные же сооружения с переменным характером истечения как при полностью поднятом шите, так и при истечении из-под шита.

Переменность характера истечения обуславливается или наличием переменного подпора, или изменением пропускаемых расходов воды.

В случае, если переменный характер истечения обуславливается наличием переменного подпора, то тарифовка подобных сооружений производится в следующем порядке:

1). При полностью поднятых шитах сооружение тарифируется в объеме и порядке, указанных для соответствующих случаев, для нерегулируемых сооружений (см. п. 5—1).

8. Свободное и затопленное истечение из-под шита. Истечение из-под шита считается свободным, если:

1) горизонт воды в нижнем бьефе ниже порога сооружения и 2) или, если горизонт воды в нижнем бьефе и выше сооружения, но непосредственно ниже шита глубина воды (h_е) будет равна или меньше высоты подшитового отверстия.

Затопленным истечением из-под шита будет, когда горизонт воды в нижнем бьефе выше верхнего края шита (h_н > h_ш) и когда глубина воды h непосредственно ниже шита также больше h_ш (рис. 7-6).

9. Производить тарифовку при $\frac{h_{ш}}{H_n} > 0,6$

не следует, ибо при таком положении шита коэффициент расхода неустойчив (обычно резко понижается). Не допуская в подобных условиях тарифовку сооружений, конечно, нельзя допускать при них и последующий учет воды по данным тарифовки.

Тарифовать сооружения при подъеме шита на высоту, меньшую чем 5 см, или при глу-

При истечении из-под шмита тарировка ведется как бы два раза, — сперва при свободном истечении, как указано в п. б, а затем при затопленном не менее 3—5 раз при разном расходе и при разном затоплении, например, при:

$$1) H_{\text{н. макс}} \text{ и при } \frac{h_{\text{из}}}{H_{\text{н}}} = 0,5$$

$$2) \quad \dots = 0,2$$

$$3) H_{\text{в сред. и}} \frac{H_{\text{в}}}{H_{\text{н}}} = 0,4$$

$$4) H_{\text{min}} = 0,75$$

2. Когда характер затопления зависит от пропускаемых расходов, то порядок работ при полностью поднятых штахх согласуется с указанным в п. 5 (2), а при терировке штахх работу ведут таким образом, чтобы отдельными наблюдениями были охвачены как случаи свободного, так и случаи затопленного истечения

$$1) \quad H_{\text{в ст. в.}} = \frac{H_{\text{ст. в.}}}{H_{\text{в ст. в.}}} = 0,1 \text{ (ист. эгоп.)}$$

2) . . . = 0,4 (нст. свобод.)

3) $N_{\text{в сред.}}$ и $\frac{n_{\text{в}}}{N_{\text{в сред.}}} = 0,1$ (вст. запон.)

4) . , = 0,2 (вст. затоп.)

5) . . . = 0,5 (ист. таб.)

6) $H_B \text{ min}$ и $\frac{H_B}{H_D \text{ min}} = 0,7$ (ист. затоп.)

7) . . . $= 0,5$ (кст. зблп.)

и т. д., получая необходимые условия маневрирования щитов и напорам в верхнем бьефе.

бине воды над порогом в верхнем бьефе меньше чем 10 см также не следует во избежание грубых ошибок, происходящих от значительных относительных вероятных ошибок полевых измерений.

Характерист. сооружений и условий их работы	Объем и порядок работ при тариров. сооруже-.	Примечания и пояснения
10. Одиночные, многопролетные, регулируемые сооружения с штиговыми затворами в различных условиях истечения потока. При эксплуатации сооружения вполне допустимо сохранение условия равномерной работы всех пролетов, т.е. совершенно одинаковое положение штов (высота подъема) в отдельных пролетах¹¹.	Тарировка подобных сооружений производится как однопролетных, в порядке и объеме, указанных для соответствующих условий работы. Положение штов в отдельных пролетах при тарировке сохраняется обязательно одинаковым, т.е. при тарировке штов последние поднимаются на одинаковую высоту.	10. При затопленном истечении из-под шта тарировать сооружения (по той же причине, что указали в прим. 9) не следует при $h_{\text{ш}} < 0,05$ м и при $H_{\text{ш}} - H_{\text{н}} < 0,05$ м. При полностью поднятых штах в этом отношении следует руководствоваться прим. 3. 11. В настоящем руководстве тарировка многопролетных сооружений ограничивается случаями равномерной работы всех отдельных пролетов, так как тарировка при неравномерной их работе требует значительного количества полевых наблюдений, достаточно сложно к тому же обрабатываемых. Работа соседних пролетов может измениться для данного пролета как условия подхода, так и характер истечения, т.е. изменить факторы, обуславливающие пропускную способность. Тарировка сооружений, в которых сохранение равномерности работы в пролетах по эксплуатационным соображениям затруднено, в объеме и порядке, указанных для однопролетных сооружений, возможно только при благоприятном условии подхода потока, а именно: при достаточно спокойном подходе потока к пролетам сооружения (незначительные скорости подхода, спокойная поверхность воды перед сооружением, отсутствие поперечных уклонов, мало отличающиеся отметки гориз. воды перед отдельными отверстиями даже при неравномерной их работе). Эти условия обычно имеются налицо при симметричном подходе потока к сооружению (при сопадении сооружения с осью потока) и при достаточно подпертом потоке в верхнем бьефе. При боковом водозаборе эти явления наблюдаются, когда расход сооружения со-

ставляет лишь незначительную часть расходов основного водотока (не более $\frac{1}{4} - \frac{1}{6}$).

При подобных благоприятных условиях тарировка многопрелетного сооружения ведется в объеме и порядке, указанных для однопрелетного (расход воды отдельных пролетов учитывается суммарно), т.е. при полностью поднятых шитах во всех пролетах и при истечении из-под шита при чем в последнем случае шиты в пролетах могут быть устанавливаемыми на разную высоту, но обязательно таким образом, чтобы характер истечения потока с порога во всех пролетах был одинаков.

ОБЩЕЕ ПРИМЕЧАНИЕ

1. Указанные в этом перечне объем и порядок работ, как видно, предусматривают самую разнообразную работу сооружения по пропускаемым расходам и по положению регулировочных штов. На практике, при эксплуатации очень часто условия пропуска воды через данное сооружение могут быть ограничены. Например, через сооружение вода пропускается только из-под шита, или расходы воды, пропускаемые сооружением, колеблются в весьма ограниченных пределах; далее может быть такой случай, что напор воды в верхнем бьефе всегда поддерживается регулировкой, более или менее постоянной и т. д.

Ясно, что при тарировке подобных сооружений необходимо учитывать обычные условия их работы, а тарировку ограничивать указанными условиями (что, несомненно, сильно сократит количество работ).

2. Приведенный перечень сооружений, объем работ при тарировке предусматривает, как указывалось в своем месте, основной метод тарировки, заключающийся в опытным определении коэффициентов расхода для данного сооружения. Однако, в некоторых случаях этот метод может быть заменен другим (в отличие от основного назовем его здесь гидрометрический*), конечной целью которого является нахождение зависимости между расходами, пропускаемыми сооружением, и горизонтами воды в верхнем бьефе.

Из перечня к сооружениям, тарировка которых может быть произведена только гидрометрическим способом, относятся все сооружения, перечисленные в пункте 3, т.е. облицованные участки каналов, не находящиеся в сфере переменного подпора, и трубчатые водовыпуски, работающие неполным сечением с постоянно свободным истечением (п. 1-ж).

Кроме того, гидрометрический метод тарировки может применяться для нерегулируемых, одиночных сооружений, которым присущи при всех расходах исключительно свободное истечение, т.е. когда положение горизонтов воды нижнего бьефа не сказывается на горизонте воды верхнего бьефа (сооружения, включенные в пункт 1 перечня).

При замене для этих сооружений основного метода гидрометрическим количество измерений при тарировке не должно быть менее 5-6, которыми равномерно охватывается весь период колебаний горизонтов воды от минимума до максимума.

Для планомерного проведения работ тарировки, после ознакомления с условиями работы сооружения, всегда рекомендуется перед началом производства отдельных измерений составлять предварительно план тарировки, в котором предусматриваются число наблюдений, расходы или напоры для отдельных определений, положение регулировочных щитов и пр. Пример составления подобного плана дается в приложении II.

После установки в необходимое положение щита, создания желательной высоты напора в бьефах сооружения, приступают одновременно к измерению расхода воды, протекающей через тарируемое сооружение, и к фиксации горизонтов воды в намеченных пунктах наблюдения.

Порядок и объем работ при измерении расходов воды вертушкой установлены соответствующими инструкциями и при тарировках отличаются лишь некоторыми упрощениями, преследующими цель уменьшения объема работ. К подобным упрощениям можно отнести:

а) Сокращение числа скоростных вертикалей, примерно раза в два против обычно принятого, т.е. расстояние между вертикалями может быть назначаемо примерно через $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{5}$ ширины канала.

б) Измерение скоростей производится не более чем в 2—3 точках (на 0,2 h и на 0,8 h или на 0,2 h, 0,6 h и на 0,8 h).

Все полевые записи производятся в обыкновенных книжках для измерения расходов воды и скоростей. Дополнительно при каждом измерении отмечается обязательно высота подъема щита и горизонтов воды в бьефах сооружения (с нумерацией точек наблюдения согласно схеме плана сооружения).

К измерению скоростей приступают только после того, как установится постоянный расход воды, что учитывается постоянством показаний на водомерных рейках поста и постоянством горизонта воды в районе сооружения.

Если для тарировки сооружения в полном объеме требуется значительное количество отдельных измерений (более 6), а измерение расхода воды можно производить на участке достаточно устойчивом (хотя бы для периода тарировки), то часть расходов воды можно определять по кривой расхода, составленной для створа измерения для чего сооружение в начале работы тарируется при условиях (по плану), которые дают полный охват возможного колебания расходов воды (от минимальных до максимальных).

Обработав эту первую серию наблюдений, по полученным данным строят графически кривую зависимости между Q и H (створа). Если подобная кривая удовлетворительна (отклонение отдельных точек от кривой не более $\pm 5\%$), то в дальнейшем тарировку производят без непосредственного измерения расходов, а ограничиваются при каждом определении лишь точной фиксацией горизонтов воды у створа измерения.

При измерении расходов воды водосливом к записям по реечкам водослива следует приступать только после того, как установится постоянный расход (когда колебание показаний по рейке не выходит из пределов 0,001 м), а самое наблюдение производят в течение 2—3 минут, отмечая уровень воды через каждые 0,5 мин.

Наблюдение за горизонтами воды в бьефах сооружения и на посту измерения расхода производится при вертушечных замерах обязательно в начале и в конце измерения, при водосливах — одновременно с отсчетами по водосливу. Для большей точности определения

горизонтов воды в каждом пункте наблюдения делается каждый раз не менее двух отсчетов с обязательным фиксированием максимума и минимума.

Горизонты воды при отдельных измерениях наблюдаются только в тех пунктах, которые характеризуют истечение потока при данном условии работы сооружения (например при тарировке сооружения при полностью открытом отверстии, горизонт воды в точках, расположенных непосредственно перед и за щитом, наблюдать нет нужды).

II. Обработка материалов

4. Состав работ предварительной обработки

Обработка материалов, полученных в результате тарировки сооружения, заключается:

а) в подсчете отметок, полученных при съемке сооружения и при наблюдении за горизонтами воды, в вычислении расходов воды, определенных при отдельных наблюдениях, и в составлении схематического чертежа сооружения;

б) в составлении сводной таблицы фактических данных, полученных при отдельных наблюдениях;

в) в вычислении коэффициентов расхода и в составлении тарировочных уравнений для характерных условий работы сооружения;

г) в составлении цифровых таблиц расходов, построенных по полученным уравнениям для практического учета воды, и, наконец, в построении для той же цели графиков и номограмм расходов.

Во всех случаях, где это допускает полевая обстановка, рекомендуется обработку материалов, хотя бы до вычисления коэффициентов расхода, вести параллельно полевым работам. Такая постановка дела обеспечит своевременный контроль, укажет на допущенные ошибки и недостатки и позволит немедленно их исправить.

Вычисление расходов воды, измеренных вертушкой, производится аналитическим методом по общим правилам, установленным соответствующими инструкциями. Расходы воды, измеренные водосливом, определяются по специальным таблицам, в которых даются для разных глубин переливающегося слоя (через 0,005 или через 0,002 м) соответствующие расходы. При отсутствии необходимых таблиц расходы по водосливу могут быть определены по формуле расхода $Q = 1,86 b \sqrt{H}$, где b — длина ребра в метрах, а H — высота переливающегося слоя над ребром (в метрах).

Вычисленные расходы воды весьма полезно бывает проверить по кривой зависимости между расходами и горизонтами воды по створу наблюдения. Эта проверка дает возможность охарактеризовать устойчивость русла в нижнем бьефе, а при устойчивости русла в нижнем бьефе несколько выравнивать фактически наблюденные расходы по кривой.

Расходы вычисляются с точностью до 3 значущих цифр, но не точнее 0,001 м³/сек. Подсчет отметок производится с точностью до 0,005 м.

После вычисления отметок и расходов воды и проверки их по каждому сооружению составляют общую сводную таблицу данных фактических наблюдений (см. форму 1 с примерным заполнением).

Сводная таблица

данных наблюдений при тарировке головного регулятора

Ф. I

№ изм.	Дата	Расходы воды в м³/сек.		Высота подъема щита	Глубина воды под порогом в точк. наблюдения					Примечание
		Измерен.	Исправ. по крив.		1	2	3	4	5	
1	7/VII	0,530		Откр.	0,585	—	—	0,250	—	Схема располож. точек наблюдения за горизонт. вод.
2	"	0,134		0,10	0,420	0,425	0,080	0,070	—	
3	"	0,073		0,05	0,430	0,430	0,045	0,055	—	
4	"	0,039		Откр.	0,105	—	—	0,060	—	
5	"	0,270		"	0,390	—	—	0,290	—	
6	"	0,400		"	0,520	—	—	0,430	—	
7	"	0,334		0,21	0,605	0,600	0,190	0,110	—	
8	8/VII	0,502		0,35	0,600	0,600	0,320	0,200	—	Отметка порога 9,813
9	"	0,295		Откр.	0,40	—	—	0,150	—	
10	"	0,114		"	0,21	—	—	0,115	—	
11	"	0,116		"	0,265	—	—	0,240	—	
12	"	0,033		0,075	0,150	0,155	0,125	0,120	—	
13	"	0,205		0,260	0,600	0,600	0,510	0,505	—	
14	"	0,051		0,120	0,420	0,430	0,155	0,150	—	
15	"	0,084		0,150	0,260	0,250	0,210	0,205	—	
16	"	0,416		0,405	0,610	0,610	0,395	0,405	—	

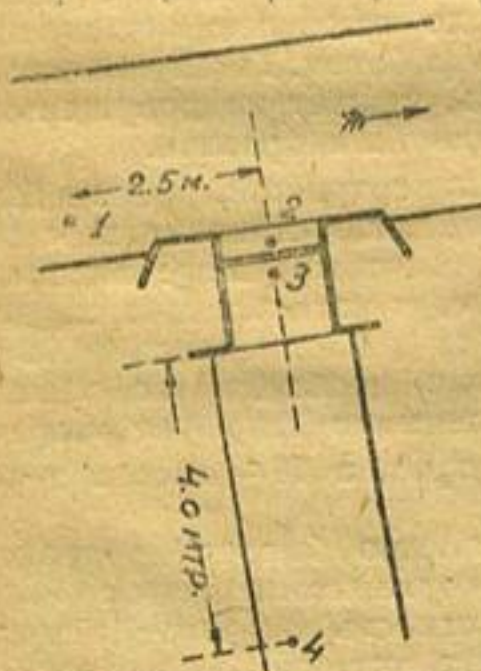


Схема расположения точек наблюдения за горизонт. воды.

Высота подъема щита к глубине воды в данной таблице выражается в метрах, при чем последние вычисляются как разность между средней отметкой порога (с точностью до 0,005 м). Данные примерного заполнения в приводимой форме I предусматривают однопролетный регулятор с переменным истечением (см. прил. II, пункт 3).

После окончания всей предварительной обработки, результатом коей является указанная сводная таблица, приступают к вычислению коэффициентов расхода для каждого отдельного определения. Вычисление коэффициентов производится по общим, несколько упрощенным¹ расходным формулам, имеющим при различном характере истечения следующие выражения:

а) При свободном истечении через порог или водослив при полностью поднятом щите или в нерегулируемых сооружениях (широкий порог, донный водослив, порог в виде тонкой стенки, ненапорная труба прямоугольного сечения, порог практической профили).

¹ В основном упрощение выражается в определении действующего напора, который не уточняется влиянием подходов скоростей.

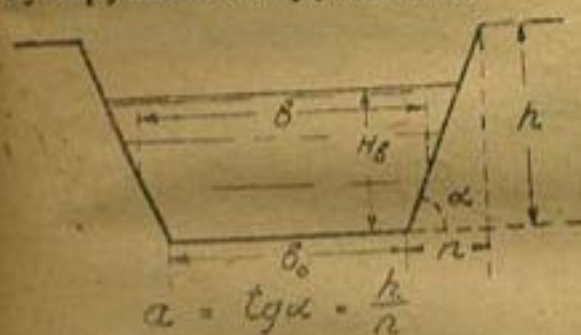
$$m = \frac{Q}{b \sqrt{2g} H_n^{3/2}} \dots \dots \dots (1)$$

где m — искомый коэффициент расхода;

b — ширина пролета в свету в метрах, равная при прямоугольном поперечном сечении ширине по дну (b_0), а при трапециoidalной средней ширине $b = b_0 + \frac{H_n}{a}$, где a равно тангенсу угла откоса, т.е. отношению высоты сечений h к заложению n (рис. 8); H_n — глубина воды под порогом в верхнем бьефе сооружения (напор в метрах)

$$\sqrt{2g} = 4,43.$$

б) При затопленном истечении через порог, водослив или по безнапорной трубе, при полностью поднятых щитах (или при нерегулируемых сооружениях)



$$m = \frac{Q}{b \sqrt{2g} H_n^{3/2} \sigma_n} \dots \dots \dots (2)$$

Рис. 8

где σ_n — так называемый коэффициент затопления, зависящий от затопления, т.е. от отношения H_n к H_n , и вычисляемый для отдельных видов водосливов по различным формулам. Определение в отдельных случаях σ_n проще всего производить по таблицам, которые и даются в приложении к настоящему руководству (прил. III).

в) При свободном истечении из под щита (рис. 7-а) для открытых сооружений и труб прямоугольного сечения

$$m = \frac{Q}{b h_{щ} \sqrt{2g} \sqrt{H_n - \frac{h_{щ}}{2}}} \dots \dots \dots (3)$$

где $h_{щ}$ — высота подъема щита (высота подщитового отверстия).

г) При свободном истечении через трубу прямоугольного сечения, работающую под напором всем сечением (если имеется щит, то щит поднят полностью)

$$m = \frac{Q}{bh \sqrt{2g} \sqrt{H_n - \frac{h}{2}}} \dots \dots \dots (3-a)$$

где h — высота отверстия трубы.

д) При свободном истечении через трубу, работающую в тех же условиях, но круглого сечения

$$m = \frac{Q}{0,785 d^2 \sqrt{2g} \sqrt{H_n - \frac{d}{2}}} \dots \dots \dots (3-б)$$

где d — диаметру трубы.

е) При свободном истечении через трубу из-под щита при круглом сечении трубы

$$m = \frac{Q}{\omega \sqrt{2g} \sqrt{H_n - h_1}} \dots \dots \dots (3-в)$$

где ω — площадь подщитового отверстия (равная площади кругового сегмента, стрела дуги которого равна высоте подъема щита $h_{ш}$), а h_1 — расстояние от дна трубы до центра тяжести сегмента.

ж) Затопленное истечение из-под щита (рис. 7-б) для открытых сооружений и для труб прямоугольного сечения.

$$m = \frac{Q}{b h_{ш} \sqrt{2g} \sqrt{H_n - H_n}} \dots \dots \dots (4)$$

з) Затопленное истечение через трубу круглого сечения при работе с полностью поднятыми щитами

$$m = \frac{Q}{0,785 d^2 \sqrt{2g} \sqrt{H_n - H_n}} \dots \dots \dots (4-а)$$

и) То же при истечении из-под щита

$$m = \frac{Q}{\omega \sqrt{2g} \sqrt{H_n - H_n}} \dots \dots \dots (4-б)$$

к) Затопленное истечение через безнапорную трубу

$$\varphi = \frac{Q}{\omega_0 \sqrt{2g} \sqrt{H_n - H_n}}$$

где ω_0 — площадь сечения потока в самой трубе (площадь сегмента с высотой H_n).

Вычисление коэффициента в расходе производят по специальной форме (II), в которой отдельные определения группируются по характерным условиям работы (группа коэффициентов, определенных при полностью поднятых щитах, группа определенных при свободном истечении из-под щита и т. д.).

Все величины, входящие в формулу — $h_{ш}$, b , Q , H_n и H_n , берутся в значениях, определенных по данным при тарифовке (из сводной ведомости I), при чем последние, т. е. напоры в бьефах (H_n и H_n), берутся по основным пунктам наблюдения за горизонтами воды в бьефах (см. выше).

Глубины воды по другим пунктам наблюдения (дополнительным) служат для контроля и уточнения характера истечения потока. В некоторых случаях, когда вычисленные коэффициенты расхода не удовлетворяют условию устойчивости (отдельные коэффициенты в группе значительно разнятся друг от друга, что может иногда происходить или от неудачного выбора основных пунктов определения напоров, или недоучета некоторых моментов, допустивших неправильное применение формул), следует произвести дополнительный перерасчет коэффициентов (данной группы или коэффициентов всех групп).

В первом случае пересчет будет заключаться в повторном вычислении m по формулам, в которых величина напоров берется не по основному пункту наблюдения, а по дополнительному (например, на рис. 3-а — H_n при перерасчете берутся по пункту 3 и т. п.).

Второй случай может встретиться главным образом при вычислении коэффициентов для случая затопленного истечения из-под

В м	Q м ² /сек.	h _ш или h	в	H _в	H _ш	V 2 g b = 4,43 b	ω V 2 g	4,43 b h _ш	V H _в	V H _в · H _в - H _ш ^{3/2}	H _в - h _ш · 2	V H _в - h _ш · 2	H _в - H _ш	V H _в - H _ш	2h	4,43 b H _ш ^{3/2} - C ₂	4,43 b V H _в - h _ш · 2 = C ₂	4,43 b V H _в - h _ш · 2 = C ₂	4,43 b h _ш V H _в - h _ш · 2 = C ₂	4,43 b h _ш V H _в - H _ш = C ₂	m = C ₂
§ 3. Свободн. истечен. с порога																					
0,80	0,530	—	—	0,586	0,250	3,34	—	—	0,765	0,443	—	—	—	—	—	1,583	—	—	—	—	0,335
	0,039	—	—	0,105	0,060	3,54	—	—	0,324	0,034	—	—	—	—	—	0,120	—	—	—	—	0,325
	0,295	—	—	0,400	0,150	3,54	—	—	0,533	0,253	—	—	—	—	—	0,896	—	—	—	—	0,330
и т. д.																					
Затоплен. истечен. с порога																					
0,270	—	—	—	0,390	0,290	3,54	—	—	0,624	0,243	—	—	—	—	—	0,978	0,837	0,818	—	—	0,625
0,400	—	—	—	0,520	0,430	3,54	—	—	0,721	0,357	—	—	—	—	—	0,890	1,325	1,180	—	—	0,340
и т. д.																					
Свободн. истечен. из - под шита																					
0,134	0,10	—	—	0,420	0,070	3,54	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,625
0,073	0,05	—	—	0,430	0,055	3,54	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,650
и т. д.																					
Затоплен. истечен. из - под шита																					
0,200	0,26	—	—	0,600	0,510	3,54	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,276
	и т. д.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,725

Таблица коэффициента расхода головного регулятора

№

Ф. II

№ изм- рен.	Q м ³ /сек.	$h_{ш}$	Действительные напоры					$\frac{H_{ш}}{H_{в}}$	сп	Коэф. расх. ш	Примечание
			z_1	z_2	z_3	z_4	z_5				
1	0,530	Откр.	0,585	—	—	—	—	Своб.	—	0,335	z_1 по формуле (1)
4	0,09	"	0,105	—	—	—	—	"	—	0,325	
9	0,295	"	0,400	—	—	—	—	"	—	0,330	
10	0,114	"	0,210	—	—	—	—	"	—	0,335	z_2 —то же
									сред.		
5	0,270	"	0,390	—	—	—	—	0,745	0,973	0,330	z_3 —по форм. (3)
6	0,400	"	0,520	—	—	—	—	0,830	0,890	0,340	
11	0,116	"	0,265	—	—	—	—	0,905	0,725	0,383	z_4 —по форм. (4)
									сред.		
2	0,134	0,10	—	0,370	—	—	—	—	—	0,625	Ширина отверст.
3	0,073	0,05	—	0,415	—	—	—	—	—	0,650	$b=0,80$ м.
7	0,384	0,21	—	0,500	—	—	—	—	—	0,635	
8	0,502	0,35	—	0,425	—	—	—	—	—	0,620	
16	0,446	0,405	—	0,308	—	—	—	—	—	0,560	
									сред.		
12	0,033	0,075	—	—	0,030	—	—	—	—	0,715	
13	0,205	0,260	—	—	0,095	—	—	—	—	0,725	
14	0,051	0,120	—	—	0,030	—	—	—	—	0,690	
15	0,084	0,150	—	—	0,056	—	—	—	—	0,705	
									сред.		

щита, когда при большом действующем напоре ($H_{ш} - H_{в}$) затопление отверстия нижнего бьефа в общем незначительно ($H_{ш} - H_{в}$ раз в два-три больше $H_{в} - h_{ш}$; см. рис. 7.б). Так как здесь имеет место как бы несовершенное затопление, то в случае неустойчивости получаемых отдельных коэффициентов по формуле (7) делают пересчет коэффициентов по формуле (5).

Определение коэффициентов проще всего вести в порядке постепенного вычисления, составляя для этого разграфленную таблицу, примерно по прилагаемой форме (цифровые данные, включенные как в эту форму, так и по формам I и II, согласованы между собой и являются результатами как бы тарировки некоторого сооружения см. приложение V).

После вычисления по каждому определению коэффициентов расхода (а где это потребуется, то и по нескольким вариантам) приступают к определению средних m отдельно для каждого характерного условия работы, т.е. по указанным выше группам, а именно:

а) отдельно по данным, полученным при полностью поднятых щитах и при свободном истечении;

б) отдельно при том же условии, но при затопленном истечении;

в) отдельно при свободном истечении из-под щита и т.д.

Вычисление $m_{ср.}$ общего для нескольких групп, допускается в том случае, если коэффициенты в группах разнятся между собой не

более чем на 5% (например, общего $m_{\text{ср.}}$ для свободного и затопленного истечения при полностью поднятых щитах).

Средний коэффициент расхода вычисляется как среднее арифметическое из отдельных m данной группы, при чем некоторые значения m могут и не приниматься в расчет, если имеются обоснованные данные об ошибочности его определения, или если они, отклоняясь резко от среднего, сопровождались особыми условиями работы сооружения.

Примеры: 1. Из 4 коэффициентов расхода, полученных при свободном истечении с порога, три значения m близки друг к другу по величине, четвертое же сильно отклоняется. Последнее m определено при весьма незначительном напоре ($H_0 < 0,05$ м), в то время как остальные — при $H_0 > 0,10$ м.

Несомненно, что в отклонении четвертого m сказалась большая относительная ошибка в определении H_0 в поле. Этот коэффициент расхода при вычислении $m_{\text{ср.}}$ вводить не следует.

2. Из 5 m , полученных при затопленном истечении с порога, одно резко отклоняется от других. При определении его затопление было порядка 0,98, в то время как при определении остальных оно не превосходило 0,90. Отклоняющееся значение при вычислении $m_{\text{ср.}}$ в расчет принимать не следует.

3. Из 6 отдельных m , определенных при различных напорах (от макс. до мин.), одно m резко отклоняется, несмотря на то, что оно определялось при среднем напоре. Здесь имеется или ошибка в полевых записях, или наблюдения были произведены при неустойчивом расходе. Подобное m в расчет принимать не следует.

Средние коэффициенты расходов входят как основные величины в тарифовочные уравнения, поэтому тщательное вычисление, проверка и анализ всего материала являются необходимым условием обработки материала.

При пользовании при тарифовке сооружения гидрометрическим способом предварительная обработка материалов заключается только в подсчете глубины воды по пункту наблюдения (от дна канала или от порога сооружения) и в вычислении расходов воды. Сводной ведомостью результатов тарифовки будет служить таблица измеренных расходов и наблюденных горизонтов (см. табл.).

№№ п/п	Глубина воды Н	Расх. воды		Примечание
		Измер.	Исправл. по крив.	
1	0,12	0,25	0,25	
2	0,25	0,47	0,47	
3	0,43	0,82	0,80	
4	0,60	1,25	1,20	
5	0,75	1,60	1,54	
6	1,05	2,15	2,20	

5. Составление тарифовочных таблиц и графика

После определения $m_{\text{ср.}}$ приступают к составлению тарифовочных уравнений расходов для данного сооружения. Составление

уравнений заключается в замене в общих формулах коэффициента m полученным средним значением и b , измеренной при съёмке сооружения рабочей шириной пролёта или отверстия.

Тарифовочные уравнения примут вид в зависимости от условий работы сооружения:

а) При свободном истечении при полностью поднятых щитах

$$Q = C_1 H^{3/2} \dots \dots \dots (1')$$

б) При затопленном истечении при полностью поднятых щитах

$$Q = C_1 H^{3/2} \sigma_n \dots \dots \dots (2')$$

в) При свободном истечении из-под щита для открытых сооружений и труб прямоугольного сечения, работающих под напором

$$Q = C_1 h_m \sqrt{H_n - \frac{h_m}{2}} \dots \dots \dots (3')$$

где C_1 (для 1, 2 и 3) равно $m_{cp} \cdot b \sqrt{2g} = 4,43 m_{cp} \cdot b$.

г) При свободном истечении через трубу прямоугольного сечения, работающую под напором всем сечением

$$Q = C_2 \sqrt{H_n - \frac{h}{2}} \dots \dots \dots (3' \cdot a)$$

где $C_2 = m_{cp} \cdot b \cdot h \sqrt{2g}$, а h — высота трубы.

д) То же — через трубу круглого сечения

$$Q = C_3 \sqrt{H_n - \frac{d}{2}} \dots \dots \dots (3' \cdot б)$$

где $C_3 = m_{cp} \cdot 0,785 d^2 \sqrt{2g} = 3,48 m_{cp} \cdot d^2$, а d — диаметр трубы.

е) При свободном истечении через трубу круглого сечения из-под щита

$$Q = C_4 \omega \sqrt{H_n - h_1} \dots \dots \dots (3' \cdot в)$$

где ω — площадь подщитового отверстия, h_1 — расстояние от дна трубы до центра тяжести отверстия, а $C_4 = m_{cp} \times \sqrt{2g} = 4,43 m_{cp}$.

ж) Затопленное истечение из-под щита для открытых сооружений и труб прямоугольного сечения

$$Q = C_1 h_m \sqrt{H_n - H_n} \dots \dots \dots (4')$$

з) Затопленное истечение через трубу круглого сечения при работе всем отверстием (щиты подняты полностью)

$$Q = C_3 \sqrt{H_n - H_n} \dots \dots \dots (4' \cdot a)$$

и) То же при истечении из-под щита

$$Q = C_4 \omega \sqrt{H_n - H_n} \dots \dots \dots (4' \cdot б)$$

В тех случаях, когда коэффициенты вычислялись по нескольким вариантам, в тарифовочное уравнение необходимо вводить m_{cp} по тому варианту, по которому отдельные значения m имеют наименьшее отклонение от своего среднего коэффициента.

Для характеристики указанного отклонения следует предварительно определить по каждому варианту среднее относительное от-

клонение (в процентах) коэффициентов данной группы от $m_{\text{ср}}$. Последнее решается с помощью формулы (9).

$$\pm \alpha \% = \frac{m_{\text{макс}} - m_{\text{мин}}}{n} \cdot M_{\text{ср}} \times 100 \dots (9)$$

где $m_{\text{макс}}$ и $m_{\text{мин}}$ — максимальное и минимальное значения отдельных коэффициентов расхода из числа вошедших при вычислении $m_{\text{ср}}$.

n — число определенных m , вошедших при вычислении для данной группы данного варианта $m_{\text{ср}}$ (пример обработки материалов, составление таблиц, вычисление m и $m_{\text{ср}}$, составление тарифовочных уравнений и пр. дается в приложении V).

Таблицы расхода для практического учета воды, пропускаемой протарифованным сооружением, составляются по полученным тарифовочным уравнениям.

В зависимости от вида уравнения меняется и вид таблиц (и графиков).

При составлении таблиц следует руководствоваться следующими общими правилами:

а) Число отдельных таблиц для каждого сооружения должно быть наименьшим (объединяя по возможности данные для отдельных условий работы сооружения в одну сводную таблицу).

б) Таблицы (и графики) должны быть построены так, чтобы от производящего учет воды требовалось наименьшее количество каких-либо дополнительных подсчетов.

в) Данные в таблице не должны по возможности охватывать те условия работы сооружения (напоры, положения щитов), которые значительно выходят из границ области фактической, наблюдаемой при тарифовке.

г) Данные в таблицах по возможности должны быть размещены так, чтобы производящий учет автоматически не мог бы пользоваться теми условиями работы, которые дают неточные результаты, а иногда и просто невозможными для данного сооружения.

д) Подробность составления таблиц зависит от точности полученных тарифовочных данных. Два соседние значения расходов в таблице в общем не должны отличаться менее чем на вероятную ошибку учета. За вероятную ошибку учета можно принять среднее отклонение отдельных m от $m_{\text{ср}}$, т. е. величину $\pm \alpha \%$ в уравнении (9).

Ориентировочно значения расходов достаточно будет давать при действующих напорах, изменяющихся в пределах больше чем 0,5 м, — через каждые 2 сантиметра, меньше 0,5 м — через каждый 1 см. То же для различной высоты подъема щита — при возможности подъема щита более чем на 0,5 метра значения Q следует давать через каждые 2 см подщитового отверстия, при меньшем возможном подъеме — через каждый 1 см.

Ниже приводятся образцы таблиц для различных характерных условий работы сооружения:

1. Свободное истечение при полностью поднятых щитах в регулируемых сооружениях или при свободном истечении в нерегулируемых сооружениях (обр. 1).

Обр. I

в м	$Q \text{ м}^3/\text{сек.}$	в м	$Q \text{ м}^3/\text{сек.}$



Наиболее простой по форме и по заполнению вид таблицы, так как расход воды зависит только от напора в верхнем бьефе (H_n). Заполнение производится решением уравнения (1') при различных значениях H_n .

Совершенно подобный же вид будет иметь таблица, составленная по данным тарировки, произведенной гидрометрическим способом. В последнем случае заполнение таблицы делается не по формуле, а по кривой зависимости, построенной графически по данным Q и H , полученным при тарировке (построение кривой зависимости ведется обычным принятым способом в гидрометрии; см. ниже).

Этот же образец таблицы служит для расходов по трубам — при свободном и затопленном истечении при условии работы их полным сечением и под напором, при чем для затопленного истечения в первой графе вместо H_n проставляются действующие напоры $H_n - H_{n1}$. Для труб таблица заполняется решением уравнений (3'-а), (4'-а) и (3'-б).

2. Для затопленного истечения при полностью поднятых щитах (обр. II). Расходы даются для свободного истечения (если для данного сооружения таковое может иметь место) и для различной степени затопления, начиная и кончая затоплениями, которые обычно могут наблюдаться для данного сооружения. Для сохранения примерно 5% разницы между двумя расходами (при данном H_n) последние следует давать в таблице:

а) при затоплении широкого порога и донного водослива для $\frac{H_{n1}}{H_n} < 0,70$ (свободное истечение), далее последовательно для $\frac{H_{n1}}{H_n} = 0,75; 0,80; 0,82; 0,84; 0,86; 0,88; 0,90; 0,91; 0,92; 0,925; 0,930; 0,935; 0,940; 0,945; 0,950$ и т. д. через каждые 0,005.

Обр. II

H в м	(своб.)	Расход воды Q м³/сек. при															
		0,75	0,80	0,82	0,84	0,86	0,88	0,90	0,91	0,92	0,925	0,930	0,935	0,940	0,945	0,950	0,955
0,06	0,017	,017	,016	,015	,015	,014	,013	,013	,012	,011	,011	,011	,010	,010	,010	—	—
0,08	0,027	,026	,025	,024	,024	,023	,021	,020	,019	,018	,018	,017	,017	,016	,016	,015	,014
0,10	0,037	,036	,034	,033	,032	,031	,029	,027	,026	,025	,024	,024	,023	,022	,021	,020	,019
12	0,049	,048	,046	,044	,043	,041	,039	,036	,035	,033	,032	,031	,030	,029	,028	,027	,026
14	0,062	,060	,058	,056	,054	,052	,049	,046	,044	,042	,041	,040	,038	,037	,036	,034	,033

и т. д.

При затоплении водослива через тонкую стенку для $\frac{H_{n1}}{H_n} = 0$

(своб. истеч.), далее для $\frac{H_{n1}}{H_n} = 0,25; 0,35; 0,45; 0,50; 0,55; 0,60; 0,65; 0,70; 0,725; 0,750; 0,775; 0,80; 0,82; 0,84; 0,86; 0,88; 0,90; 0,91; 0,92; 0,93; 0,935; 0,940; 0,945; 0,950$ и т. д. через каждые 0,005.

в) При затоплении водослива практической профили плавного очертания или приближающейся к широкому порогу — для $\frac{H_{n1}}{H_n} = 0$

(своб. истечен.), далее для $\frac{H_{\text{н}}}{H_{\text{в}}} = 0,40; 0,60; 0,70; 0,75; 0,80; 0,825; 0,850; 0,875; 0,90; 0,91; 0,92; 0,93; 0,94; 0,95; 0,960$ и далее через 0,005.

Заполнение таблицы (обр. II) производится решением уравнения (2') при различных $H_{\text{в}}$ и различных $\sigma_{\text{н}}$, которое определяется по соответствующим таблицам (см. прил. III).

3. Для свободного истечения из-под щита (обр. III). Таблица составляется для разного значения $H_{\text{в}}$ и разной высоты подъема щита.

Обр. III

$H_{\text{в}}$ в м	Расход воды в м ³ /сек. при высоте подъема щита ($h_{\text{щ}}$) в м								
	Полн. откр.	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18 и т. д.
0,10	0,037	0,027							
0,12	0,049	0,038	,040						
0,14	0,062	,031	,044	,057					
0,16	0,076	,033	,048	,062					
0,18	0,090	,036	,052	,067	,081				
0,20	0,105	,038	,056	,072	,087	,100			
0,22	0,122	,040	,058	,076	,092	,107			
0,24	0,139	,042	,062	,080	,093	,114	,129		
0,26	0,156	,044	,065	,084	,103	,120	,137		
и т. д.									

При открытом сооружении и для трубы прямоугольного сечения таблица заполняется решением уравнений вида (3'), подставляя необходимые значения $h_{\text{щ}}$ и $H_{\text{в}}$; для составления же таблицы для трубы круглого сечения требуется каждый раз для данной пары $h_{\text{щ}}$ и $H_{\text{в}}$ определение соответствующего ω — площади подщитового отверстия и h_1 — расстояния от дна трубы до центра тяжести площади указанного отверстия.

Для облегчения таких подсчетов в приложении IV даются таблицы относительных величин площадей сегмента и h_1 в зависимости от $h_{\text{щ}}$, там же приводится и пример определения этих величин для трубы любого диаметра. Подставляя для каждого $h_{\text{щ}}$ и $H_{\text{в}}$ значения ω и h_1 в формулу (3'-е), вычисляют необходимые данные.

В горизонтальном направлении для того, или иного $H_{\text{в}}$ графы заполняются только до тех значений $h_{\text{щ}}$, при которых расход воды (вычисленный по формуле 3' или 3'-в) меньше расхода, определенного для того же $H_{\text{в}}$ при полностью поднятых щитах (Q в графе „полн. открытие“). Кроме того, если по полученным коэффициентам расходов усматривается, что при некоторых соотношениях $h_{\text{щ}}$ к $H_{\text{в}}$ (обычно когда $\frac{h_{\text{щ}}}{H_{\text{в}}} > 0,6$) коэффициенты были неустойчивы, то при за-

полнении таблицы это учитывают и расходы при этих соотношениях не вычисляются (например, для $H_{\text{в}} = 0,16$ м расходы вычисляются только при $h_{\text{щ}} < 0,10$ м, так как $0,16 \times 0,6 = \approx 0,10$).

4. Для затопленного истечения из-под щита таблицы составляются по образцу IV, где Q дается для различной высоты подъема щита и для разных $H_{\text{в}} - H_{\text{н}}$. Таблица заполняется решением уравнений (4') и (4'-б), при чем для второго случая требуется, подобно уже ска-

занному, определение $\rho h_{\text{ш}} - \omega$ и h_1 . При заполнении таблицы необходимо помнить о допустимом в натуре соотношении между $h_{\text{ш}}$ и $H_{\text{в}} - H_{\text{н}}$. Ясно, что при некотором предельном для данного сооружения $H_{\text{в}}$ действующий напор $H_{\text{в}} - H_{\text{н}}$ не может быть больше $H_{\text{в}} - h_{\text{ш}}$.

Обр. IV

$H_{\text{в}} - H_{\text{н}}$ М	Расходы воды в м ³ /сек. при высоте подъема щита $h_{\text{ш}}$ в метрах											
	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26
0,05	0,020	0,034	0,046	0,036	0,068	0,079	0,090	0,101	0,113	0,124	0,135	0,147
0,06	0,025	0,037	0,049	0,062	0,074	0,086	0,099	0,111	0,123	0,136	0,147	0,163
0,07	0,027	0,040	0,053	0,067	0,080	0,093	0,106	0,120	0,133	0,146	0,160	0,173
0,08	0,029	0,043	0,057	0,071	0,086	0,100	0,114	0,128	0,143	0,157	0,171	0,186
0,09	0,030	0,045	0,060	0,076	0,091	0,106	0,121	0,136	0,151	0,166	0,182	0,196
0,10	0,032	0,048	0,064	0,080	0,096	0,111	0,127	0,143	0,159	0,175	0,191	0,207
0,11	0,033	0,050	0,067	0,084	0,100	0,117	0,133	0,150	0,167	0,184	0,200	0,217
0,12	0,035	0,052	0,070	0,087	0,105	0,122	0,139	0,167	0,174	0,192	0,209	0,226
												и т. д.

Приведенный здесь метод обработки материалов тарировки, как видно из самого способа составления тарировочных уравнений, имеет в своей основе предположение, что тарируемые сооружения, во всяком случае большинство из приведенных типов, для отдельных характерных условий работы имеют достаточно постоянные коэффициенты расхода. Другими словами, отдельные значения m группы, отклоняясь от своего $m_{\text{ср}}$ (что в значительной степени зависит от точности полевых наблюдений), не находятся, однако, в какой-либо определенной зависимости от элементов потока (например, от $H_{\text{в}}$, или от затопления $\frac{H_{\text{в}}}{H_{\text{н}}}$, или от отношения $h_{\text{ш}}$ к $H_{\text{в}}$ и т. д.).

Однако, для отдельных сооружений в зависимости от их конструкции и условий работы, подобное постоянство m может и не иметь места. Коэффициенты могут быть переменны и зависеть от указанных выше элементов.

Если при наличии подобной зависимости все же отдельные группы в среднем не отклоняются от своего $m_{\text{ср}}$ более чем на допустимую величину, то для простоты обработки материалов приведенный метод применим полностью. Это будет, когда среднее отклонение m от $m_{\text{ср}}$ не превышает $\pm 10\%$. Среднее вероятное отклонение для каждого характерного условия работы сооружения контролируется по формуле (9).

Когда, в силу тех или других обстоятельств, зависимость m от других величин выражается достаточно резко и введение в тарировочное уравнение $m_{\text{ср}}$ в качестве расчетного коэффициента допускает ошибки учета воды более чем на $\pm 10\%$, то приведенный порядок обработки материалов уже не применим.

Порядок составления тарировочных уравнений будет несколько иной, а именно:

Составив таблицу коэф. расхода и проверив по каждой группе среднее отклонение коэффициентов от $m_{\text{ср}}$ и найдя, что таковые имеют

относительную величину более $\pm 10\%$, путем внимательного просмотра предварительно устанавливают, от чего зависит изменение. Для случаев работы сооружения при полностью поднятых щитах при свободном истечении проверяют зависимость m от H_b , при затоплении—

от H_b и от $\frac{H_n}{H_b}$; для случаев свободного истечения из-под щита—о

$\frac{h_{ш}}{H_b}$, затопленного — от $\frac{H_n}{H_b}$ или, если подобной зависимости нет, то

от $\frac{H_n}{h_{ш}}$ или от $\frac{H_b - H_n}{h_{ш}}$, от $\frac{h_{ш}}{H_b}$, от $\frac{H_n - h_{ш}}{H_b - H_n}$.

Определение зависимости производится графически с помощью прямоугольных координат, на оси которых в некотором масштабе откладывают значения m и значения величин, обуславливающих предполагаемую зависимость (см. рис. 9).

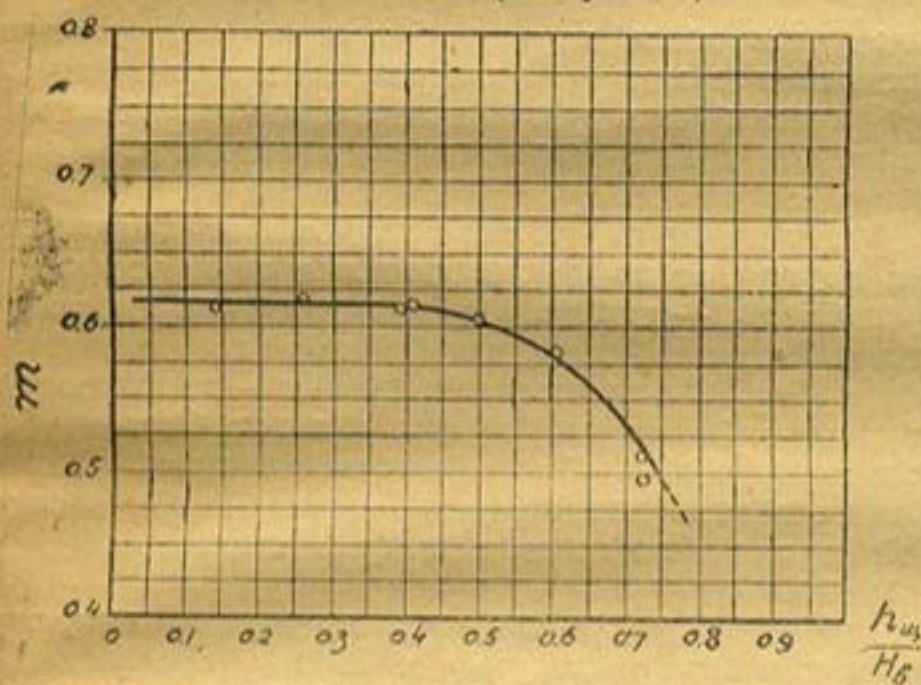


рис 9.

Если все же после подобной проверки никакой видимой зависимости не обнаружено, то остается предполагать, что при полевых измерениях допущены какие-либо грубые ошибки, или что сооружение работает в особых неблагоприятных условиях. В первом случае тарировку следует повторить, во втором—отказаться от учета воды с помощью гидросооружения (следует помнить,

что последнее для перечисленных в руководстве сооружений, при соблюдении правил тарировки, вообще может иметь место только в исключительных случаях).

При наличии же зависимости, таковая для дальнейшей проработки материала выражается с помощью кривой, проведенной по нанесенным точкам с таким расчетом, чтобы она занимала между ними среднее положение.

Кривая наносится от руки на-глаз и выравнивается по лекалу.

Составление тарировочных уравнений при переменном m будет заключаться лишь в замене в общих формулах постоянных величин их числовыми значениями (так, например, уравнение 1' примет вид

$Cm H_b^{3/2}$, уравнение 3'— $Cm h_{ш} \sqrt{\frac{H_b - h_{ш}}{2}}$, где $C = b \sqrt{2 g}$.

При заполнении таблиц расходов, форма которых сохраняется без изменений, для решения уравнений m берется с графика (например, m в уравнении $Cm H_b^{3/2}$ m зависит от $\frac{H_n}{H_b}$; при вычислении Q

для $H_n = 0,50$ м и $\frac{H_n}{H_n} = 0,80$ м берется по кривой в значении, соответствующем m при $\frac{H_n}{H_n} = 0,80$ и т. д.).

Оценка возможных вероятных ошибок учета воды по данным тарировки при переменном m производится по формуле

$$\alpha\% = \pm 0,67 \frac{\sqrt{\frac{\sum \Delta m^2}{n}}}{m_{\text{ср}}} 100 \dots \dots \dots (10)$$

где $\sum \Delta m^2$ — сумма квадратов разности между каждым определенным по полевым данным m и $m_{\text{ср}}$, взятым по кривой;

$m_{\text{ср}}$ — среднее арифметическое из отдельных m ;

n — объем совокупности (число m , вошедшее при определении $m_{\text{ср}}$).

6. Составление номограмм расходов

Для практического учета воды, наряду с таблицами расходов, самое широкое распространение могут иметь различного рода номограммы расходов, графически изображающие зависимости между расходами воды и основными данными потока в сооружении.

В каждом отдельном случае для учета воды выбор между таблицей и номограммой будет зависеть, с одной стороны, от сложности того или иного вида, с другой, от квалификации лиц, коим поручается непосредственный учет воды, — для мало подготовленных наблюдателей более желательными будут таблицы, для более подготовленных, знакомых с графическим изображением числовых величин — номограммы.

Типы номограмм и способы их построения должны быть наиболее простыми из всех возможных, наиболее показательными. Кроме того, номограммы должны давать возможность отсчета необходимых величин с достаточной для практики и примерно одинаковой для разных расходов точностью.

Наиболее простой номограммой в частных случаях будет служить обычная кривая зависимости между Q и H для сооружений, при тарировке которых нахождение аналитической зависимости (уравнения расхода) не обязательно (например, сооружений, перечисленных в пункте 3 перечня).

При построении подобных кривых обычно пользуются следующими правилами:

Построение ведут в прямоугольных координатах, откладывая в некотором выбранном масштабе по оси ординат (вертикальная ось) H (глубина воды над дном или порогом сооружения), а по оси абсцисс — Q .

Масштабы подбираются таким образом, чтобы построенная в дальнейшем кривая была приблизительно наклонена к оси координат под углом в 45° (рис. 10).

По данным вычисленных расходов и соответствующих им горизонтов на построенную систему координат наносят точки и по ним проводят сперва от руки, а затем по лекалу кривую с таким расчетом, чтобы она заняла среднее положение между точками (сумма отклонений точек вправо от кривой должна быть примерно равна сумме отклонений влево от кривой).

Когда по данным тарировки определены уравнения расходов, в особенности, если расход воды зависит не только от H_n , но и от затопления нижнего бьефа, или от высоты подъема щита, то моно-

грамму проще всего строить в логарифмических координатах, выражающих все зависимости между Q , H , h_d и проч. в прямых линиях, не требующих для своего определения нанесения многих точек. Кроме того, логарифмическая сетка позволяет сохранить примерно равную относительную точность определения по номограмме данных при разных расходах.

Для построения подобных номограмм обычно пользуются готовыми логарифмическими сетками, изготовленными типографским способом или на синьке (а также фоторепродукцией). Однако, при отсутствии как тех, так и других вычерчивание сетки не является сложным делом и заключается только в том, что на осях координат в некотором выбранном масштабе наносят не натуральные значения переменных уравнений, а их логарифмы (десятичные), определяемые по логарифмическим таблицам (достаточно по трех или четырехзначным).

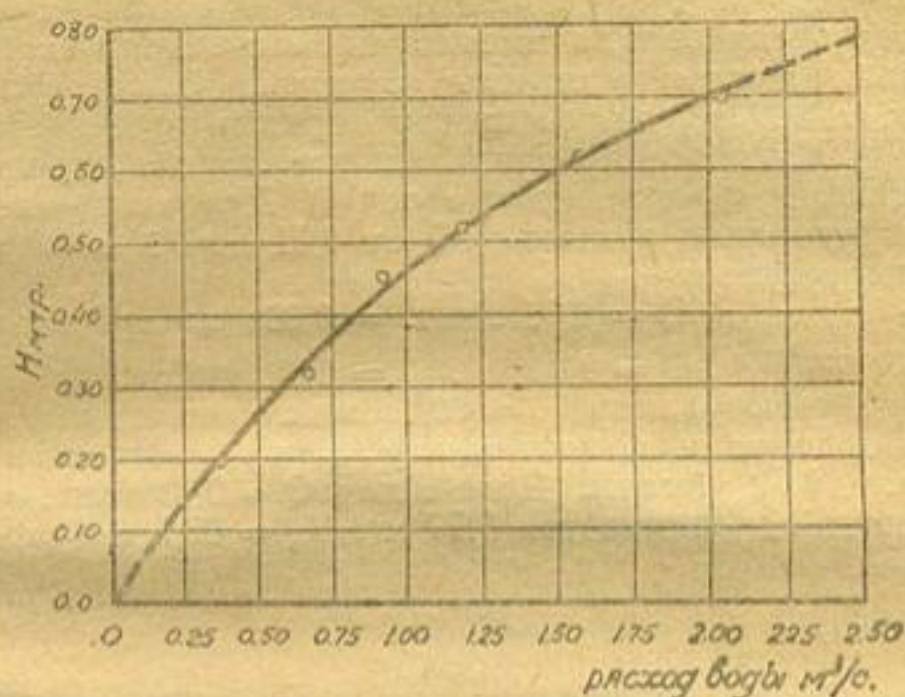


Рис. 10

натуральные значения переменных уравнений, а их логарифмы (десятичные), определяемые по логарифмическим таблицам (достаточно по трех или четырехзначным).

Пример: построить логарифмическую сетку для номограммы, по которой придется определить расходы от $0,03 \text{ м}^3/\text{сек.}$ до $0,40 \text{ м}^3/\text{сек.}$ при соответствующем напоре от $0,05 \text{ м}$ до $0,50 \text{ м}$.

Первоначально определим значение для начала координат, оно будет для нашего случая для оси Q соответствовать $0,01 \text{ м}^3/\text{сек.}$ и для оси H — $0,01 \text{ м}$ (так как по условию минимальные учитываемые значения расхода $0,03 \text{ м}^3/\text{сек.}$, а напора H — $0,05 \text{ м}$).

Здесь следует помнить, что начало координат может вообще соответствовать только таким величинам, мантиссы логарифмов которых равны нулю (например, 1; 10 или 100 и т. д. или 0,1; 0,01; 0,001 и т. д.).

Далее определяем необходимое число периодов шкал по осям, понимая под периодом шкалу, охватывающую значение переменных между соседними величинами, мантиссы логарифмов которых равны нулю (например, от 0,1 до 1; от 1 до 10; от 0,001 до 0,01 и т. д.)¹. Для нашего случая достаточно будет иметь как для оси Q , так и для H по два периода — первый для Q от $0,01 \text{ м}^3/\text{сек.}$ до $0,1 \text{ м}^3/\text{сек.}$ и второй от $0,1 \text{ м}^3/\text{сек.}$ до $1,00$, для H — первый от $0,01 \text{ м}$ до $0,1 \text{ м}$ и второй от $0,1 \text{ м}$ до $1,00 \text{ м}$.

Теперь подберем масштаб для периодов каждой оси. Обычно для простоты масштабы для обеих осей берут одинаковые (упрощается построение сетки), но, конечно, не возбраняется эти масштабы брать и разные, при желании иметь наклон будущих прямых номограмм

¹ Изменение мантисс логарифмов каждого периода совершенно одинаково, так что шкалы периодов будут точно последовательно повторяться.

Точно таким же образом поступаем при построении шкалы для горизонтальной оси, а именно определяем мантиссы логарифмов для округленных значений H .

Так как масштаб периодов для обеих осей был взят одинаков, то шкала этой оси будет точно одинакова с построенной по оси Q . Шкалу 2-го периода доведем до значения $H=0,50$ м (согласно условию).

Закончив разбивку шкал, проводим по намеченным делениям линии параллельно оси Q и параллельно оси H . Эти линии дадут готовую сетку (см. рис. 11).

Номограммы расходов состоят для уравнений, включающих в себе только две переменных (уравн. 1', 3'-а и 3'-б переменные Q и H), из одной прямой зависимости, включающих 3 переменных (переменные Q , H_v и σ_n ; Q , H_v и $h_{ш}$ или Q , $H_v - H_n$ и h_n и т. д.)—из ряда прямых.

Способы построения номограмм для отдельных случаев работы сооружения и вид самых номограмм будут следующие:

1. При свободном истечении при полностью открытом отверстии (или при нерегулируемых сооружениях).

Номограмма строится по уравнениям общего вида

$$Q = C H_v^{3/2} \text{ или } Q = C \sqrt{H_v - \frac{h}{2}} \dots (3'-a) \text{ или } Q = C \sqrt{H_v - \frac{d}{2}} \dots (3'-b).$$

Здесь Q зависит только от одной переменной, а именно от H_v (h и d —величины постоянные), а потому вся зависимость будет выражена только одной прямой, построение которой весьма просто: определяют по уравнению Q при наибольшем и наименьшем учитываемом H_v , полученные точки откладывают на сетке против соответствующих H_v и соединяют их прямой линией (см. рис. 11).

Подобный же вид будет иметь номограмма при затопленном истечении постоянного отверстия (например, трубы, работающей всем сечением под напором). Разница будет только в том, что ось напоров будет обозначать не H_v , а действующий напор $H_v - H_n$.

2. Затопленное истечение через порог нерегулируемого сооружения (или регулируемого, но при полностью поднятых щитах).

Номограмма в этом случае будет представлять ряд параллельных прямых, так как здесь расход Q зависит от двух переменных— H_v и $\frac{H_n}{H_v}$.

Каждая такая прямая будет соответствовать расходу при разных H_v , но при каком-нибудь определенном затоплении.

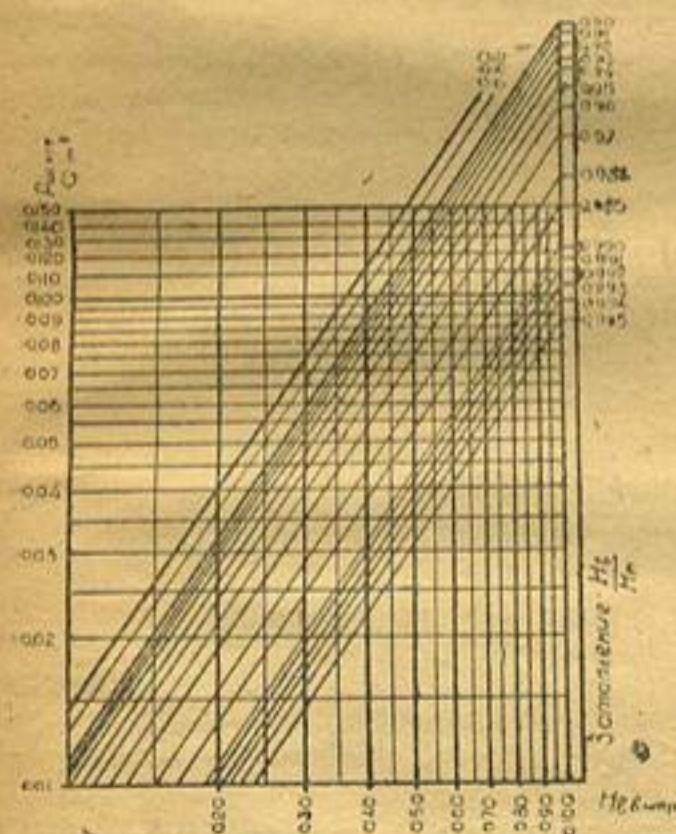


Рис. 12. Номограмма определения расхода воды, проходящей через водовыпуск орос. 2 при полностью открытом отверстии

$$Q = 0,48 H_v^{3/2} \sigma_n$$

$$\text{при } \sigma_n = \frac{H_n}{H_v} \sqrt{1 - \frac{H_n}{H_v}}$$

$$0,385$$

разных H_v , но при каком-нибудь определенном затоплении.

Прямые строятся решением уравнения $Q = CH^{3/2}\sigma_n$ (2'), задаваясь последовательно различным затоплением $\frac{H_n}{H_b}$ (которое определяет величину σ_n).

Каждая прямая при данном σ_n определяется на сетке вычислением Q для вероятного максимального H_n и вероятного минимального H_b , аналогично способу, указанному выше (для свободного истечения).

При составлении номограммы в отношении частоты проведения прямых следует руководствоваться указанием, данным при составлении таблиц расходов (§ 5, п. 2).

*Номограмма расходов голобоного регулятора
арья Джумлан.*

(свободное истечение из под щита)

Примечание

*Исходные данные по горизонту воды
у уреза прибого берега Моргейн-Сая
на 15 м. выше сооружения.*

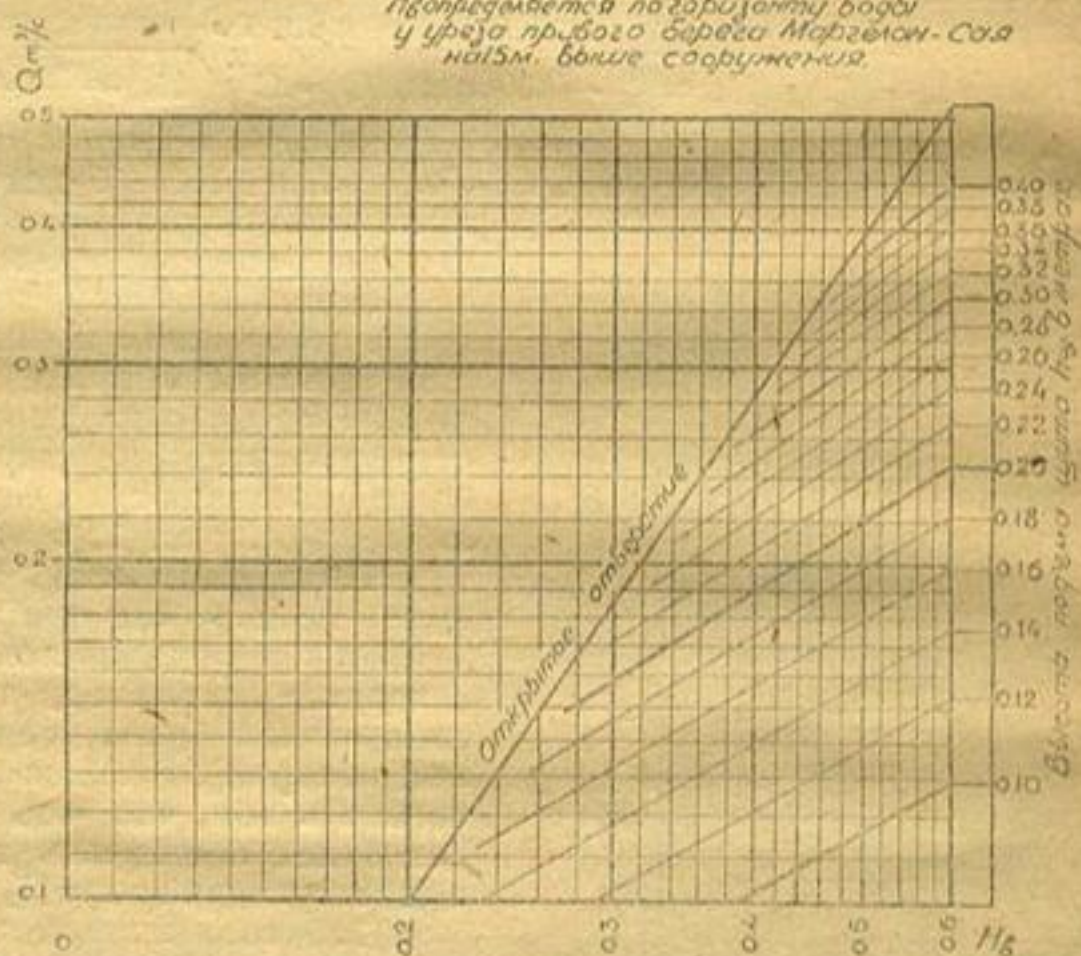


Рис. 13.

Каждую отдельную прямую на чертеже номограммы следует пометить величиной затопления $\left(\frac{H_n}{H_b}\right)$, которой она соответствует.

Эти пометки образуют третью вертикальную шкалу справа, подобную приведенной на рис. 12.

3. Свободное истечение из под щита (рис. 13). Номограмма представляет собой также ряд прямых, каждая из которых соответствует тому или другому открытию щита. На этой номограмме обычно помещается также прямая зависимости для свободного истечения при полностью открытом отверстии.

Построение ведется по формуле вида (3') $Q = C h_m \sqrt{H_n - \frac{h_m}{2}}$

и (3'-в) $Q = C \omega \sqrt{H_n - h_m}$, при чем каждая прямая определяется также двумя значениями расходов. Здесь боковой шкалой будет служить высота подщитового отверстия (h_m).

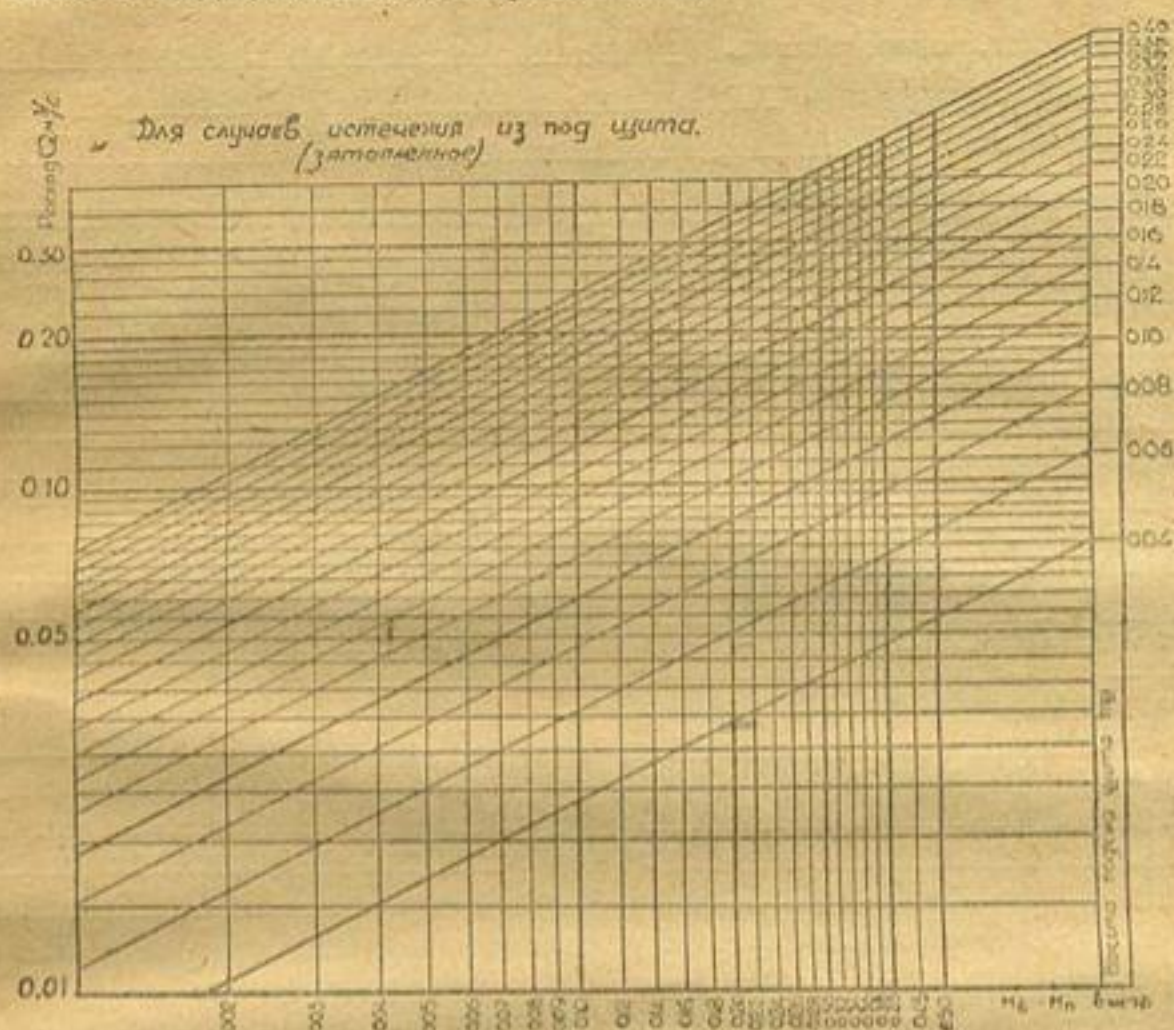


Рис. 14. Номограмма определения расходов воды, пропускаемых сооружением Л-10-12 (район Золотой орды)

4. Затопленное истечение из-под щита (рис. 14). Номограмма имеет аналогичный предыдущим вид, только здесь вместо H_n на горизонтальной оси откладываются значения разности напоров ($H_n - H_n$). Отдельные параллельные линии соответствуют отдельным значениям h_m .

Эти номограммы строятся по формулам вида (4') $Q = C h_m \sqrt{H_n - H_n}$ и (4'-б) $Q = C \omega \sqrt{H_n - H_n}$.

(Наименование организации, производившей работу)

Ведомость тарировки сооружений

1. Система, канал, распределитель
2. Наименование сооружения
3. Местоположение
- А. Схема расположения сооружения

5. Основные размеры

- | | |
|--|--|
| <p>4. Сооружения:</p> <p>а) Число пролетов</p> <p>б) Ширина каждого пролета в свету</p> <p>в) Отметки репера порога в отд. отверст.</p> <p>Точек, от которых определ. гор. воды (или отметки нулей рек)</p> <p>№ № № №</p> <p>Верх края щита, когда щит закрыт</p> <p>г) Расход воды, нормально пропускаем. сооружен.</p> <p>д) Отм. макс. гор. воды в верх. бьеф</p> <p>е)</p> <p>ж)</p> | <p>Б. Прилегающих участков каналов:</p> <p>а) Ширина канала в верхнем бьефе выше сооружен.</p> <p>ниже "</p> <p>б) То же в ниж. бьефе</p> <p>в) Ср. отметка дна канала в верх. бьефе</p> <p>в ниж. бьефе</p> <p>г) Расходы воды канала макс.</p> <p>сред.</p> <p>д) Сведения о состоянии каналов (о за-
растании, размывании, заилении</p> <p>е) Прочее</p> |
|--|--|

6. Схематический чертеж сооружения (с указанием основных размеров и отметок)

а) План

б) Продольный разрез.

Масштаб: мет. в сан.

7. Краткое описание состояния сооружения:

8. Краткая характеристика условий работ сооружения (степень влияния работы соседних сооружений, условий подхода потока к сооружению—скорости, наличие водоворотов, набегов и пр., характер истечения струи, затопленное, свободное и пр.)

9. Краткое описание регулировочных приспособлений (констр. щитов, подъемников) и приспособлений для учета положения их

10. Описание способа измерения расходов воды и наблюдения гор. воды (сист. вертушки, размер водослива, число промерных вертикалей, число точек на вертикали конструкция реек, лимниграфа и пр.)

11. Прочие необходимые замечания

12. Дата производства тарировки

13. Подпись лица, произв. тарировку

Приложение II

План тарировки гидротехнических сооружений

Наименование и характеристика условий работы сооружений	№№ измерен.	Примерные условия работы сооружения при тарировке					
		H_B	H_{II}	h_{III}	$\frac{h_{III}}{H_B}$	$\frac{H_{II}}{H_B}$	$\frac{h_{III}}{H_{II}}$
1. Головн. регулятор №.....	1	0,90	—	0,16	0,18	—	—
Однопролет. регулир. плоским щитом. Истечение постоянно свободн.	2	0,90	—	0,80	0,56	—	—
	3	0,60	—	0,20	0,30	—	—
	4	0,50	—	0,20	0,40	—	—
Работает при напоре	5	0,25	—	0,95	0,20	—	—
$H_{max} = 1,00$ м. и	6	0,90	—	Отк.	—	—	—
$H_{min} = 0,25$ м.	7	0,50	—	>	—	—	—
Широкий порог.	8	0,25	—	>	—	—	—
2. Сброс на пик.....	—	—	—	—	—	—	—
Нерегулируемый в виде донного водослива.	1	1,50	—	—	—	—	—
	2	1,25	—	—	—	—	—
Истечение затопленное	3	1,00	—	—	—	—	—
$H_{max} = 1,50$ м.	4	0,75	—	—	—	—	—
$H_{min} = 0,50$ м.	5	0,50	—	—	—	—	—
Шлюз водовыпуск. №.....	1	0,6	—	Отк.	—	—	—
Однопролетный со щитом	2	0,40	—	>	—	—	—
Истечение переменное	3	0,20	—	>	—	—	—
$H_{max} = 0,60$	4	0,10	—	>	—	—	—
$H_{min} = 0,10$	5	0,40	0,30	>	—	0,75	—
	6	0,50	0,40	>	—	0,80	—
	7	0,25	0,23	>	—	0,92	—
	8	0,60	—	0,20	—	0,33	—
	9	0,60	—	0,35	—	0,58	—
	10	0,40	—	0,10	—	0,25	—
	11	0,40	—	0,05	—	0,12	—
	12	0,15	—	0,075	—	0,50	—
	13	0,60	0,50	0,25	—	—	—
	14	0,40	0,15	0,12	—	—	0,5
	15	0,25	0,20	0,15	—	—	0,75
	16	0,50	0,40	0,10	—	—	0,25

Приложение III

Таблица коэффициентов затопления

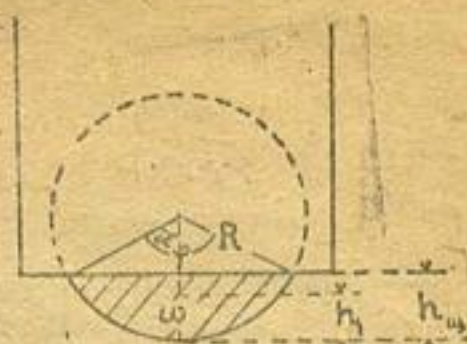
Водослив с широким порогом				Водослив с тонк. стенкой				Водослив практическ. профили			
$\frac{H_{II}}{H_B}$	σ_n	$\frac{H_{II}}{H_B}$	σ_n	$\frac{H_{II}}{H_B}$	σ_n	$\frac{H_{II}}{H_B}$	σ_n	$\frac{H_{II}}{H_B}$	σ_n	$\frac{H_{II}}{H_B}$	σ_n
0,66	1,00	0,922	0,669	0,00	1,000	0,850	0,517	0,00	1,00	0,935	0,514
0,70	0,995	0,924	0,662	0,05	1,011	0,860	0,501	0,10	0,991	0,940	0,494
0,72	0,990	0,926	0,654	0,13	1,00	0,870	0,486	0,20	0,981	0,545	0,473
0,74	0,980	0,928	0,647	0,15	0,994	0,880	0,469	0,30	0,970	0,950	0,450
0,76	0,968	0,930	0,639	0,20	0,978	0,890	0,453	0,40	0,956	0,955	0,427
0,78	0,950	0,932	0,631	0,25	0,958	0,900	0,435	0,45	0,947	0,960	0,403
0,80	0,930	0,934	0,623	0,30	0,939	0,905	0,425	0,50	0,937	0,965	0,375
0,81	0,918	0,935	0,615	0,325	0,923	0,910	0,416	0,55	0,925	0,970	0,344
0,82	0,903	0,938	0,607	0,350	0,987	0,915	0,406	0,60	0,907	0,975	0,318
0,83	0,689	0,940	0,598	0,375	0,906	0,920	0,396	0,65	0,885	0,980	0,267
0,84	0,873	0,942	0,589	0,400	0,895	0,925	0,386	0,70	0,856	0,985	0,225
0,85	0,855	0,944	0,580	0,425	0,883	0,930	0,375	0,72	0,843	0,990	0,175
0,855	0,846	0,946	0,571	0,450	0,871	0,935	0,363	0,74	0,828	0,995	0,115
0,86	0,836	0,948	0,561	0,475	0,836	0,940	0,351	0,76	0,813	1,000	0,000
0,865	0,825	0,950	0,551	0,500	0,842	0,945	0,337	0,78	0,798	—	—
0,87	0,815	0,952	0,541	0,525	0,828	0,950	0,323	0,80	0,778	—	—
0,875	0,803	0,954	0,531	0,550	0,812	0,955	0,309	0,81	0,767	—	—
0,88	0,792	0,956	0,521	0,575	0,795	0,960	0,293	0,82	0,755	—	—
0,885	0,780	0,958	0,510	0,600	0,778	0,965	0,278	0,83	0,742	—	—
0,890	0,767	0,960	0,499	0,625	0,760	0,970	0,255	0,84	0,728	—	—
0,895	0,753	0,962	0,487	0,650	0,740	0,975	0,235	0,85	0,713	—	—
0,900	0,740	0,964	0,475	0,675	0,720	0,980	0,209	0,86	0,698	—	—
0,902	0,738	0,966	0,462	0,700	0,698	0,985	0,180	0,87	0,681	—	—
0,904	0,728	0,968	0,450	0,720	0,680	0,990	0,114	0,88	0,662	—	—
0,906	0,723	0,970	0,437	0,740	0,660	0,995	0,090	0,89	0,642	—	—
0,908	0,716	0,972	0,423	0,760	0,639	1,000	0,00	0,900	0,621	—	—
0,910	0,709	0,974	0,408	0,780	0,615	—	—	0,905	0,608	—	—
0,912	0,703	0,976	0,393	0,800	0,589	—	—	0,910	0,595	—	—
0,914	0,697	0,978	0,377	0,81	0,576	—	—	0,915	0,580	—	—
0,916	0,690	0,980	0,360	0,82	0,562	—	—	0,920	0,565	—	—
0,918	0,683	0,982	0,342	0,83	0,547	—	—	0,925	0,549	—	—
0,920	0,675	0,984	0,324	0,84	0,631	—	—	0,930	0,532	—	—

Таблица определения площади

подшивочного отверстия трубчатых водовыпусков
и расстояния от дна входа трубы до центра тя-
жести отверстия

$$\omega = \frac{R^2}{2} \left(\frac{\varphi_0 \pi}{180} - \operatorname{Sn} \varphi \right)$$

$$h_1 = \frac{R}{3} \frac{\operatorname{Sn}^3 \alpha}{\alpha - \operatorname{Sn} \alpha \operatorname{Cos} \alpha}$$



$\frac{h_{\text{ш}}}{R}$	ω_0	h_x	$\frac{h_{\text{ш}}}{R}$	ω_0	h_x	$\frac{h_{\text{ш}}}{R}$	ω_0	h_x
0,00	0,000	0,000	0,60	0,793	0,353	1,20	1,969	0,682
02	0,005	0,012	62	0,830	0,365	22	2,008	0,692
04	0,015	0,024	64	0,867	0,376	24	2,047	0,703
06	0,028	0,035	66	0,905	0,387	26	2,086	0,713
08	0,042	0,047	68	0,943	0,398	28	0,124	0,722
0,10	0,059	0,059	0,70	0,980	0,409	1,30	2,162	0,731
12	0,077	0,071	72	1,018	0,420	32	0,199	0,742
14	0,096	0,083	74	1,056	0,432	34	1,237	0,752
16	0,117	0,095	76	1,095	0,444	36	1,275	0,762
18	0,140	0,107	78	1,134	0,456	38	2,313	0,773
0,20	0,164	0,118	0,80	1,173	0,467	1,40	1,349	0,783
22	0,189	0,130	82	1,212	0,478	42	2,386	0,792
24	0,215	0,142	84	1,251	0,490	44	2,423	0,801
26	0,240	0,154	86	1,291	0,500	46	2,459	0,811
28	0,268	0,166	88	1,331	0,510	48	2,494	0,820
0,30	0,295	0,180	0,90	1,371	0,520	1,50	2,528	0,829
32	0,324	0,192	92	1,411	0,530	52	1,562	0,839
34	0,355	0,204	94	1,451	0,541	54	2,595	0,848
36	0,385	0,216	96	1,491	0,553	56	2,629	0,856
38	0,416	0,227	98	1,531	0,565	58	2,662	0,865
0,40	0,447	0,239	1,00	1,571	0,577	1,60	2,695	0,873
42	0,480	0,250	02	1,611	0,588	62	2,726	0,892
44	0,513	0,262	04	1,651	0,599	64	2,757	0,890
46	0,547	0,274	06	1,691	0,609	66	2,787	0,899
48	0,580	0,285	0,80	1,731	0,619	68	2,818	0,907
0,50	0,614	0,298	1,10	1,771	0,629	0,70	2,847	0,916
52	0,648	0,310	12	1,811	0,639	72	2,874	0,922
54	0,683	0,322	14	1,851	0,650	74	2,902	0,930
56	0,719	0,330	16	1,891	0,660	76	2,927	0,938
58	0,756	0,341	18	1,928	0,670	78	2,953	0,945
1,80	2,978	0,952						
82	3,002	0,958						
84	3,025	0,965						
86	3,046	0,971						
88	3,065	0,977						
1,90	3,083	0,982						
92	3,100	0,987						
94	3,114	0,991						
96	3,127	0,995						
98	3,137	0,998						
2,00	3,142	1,000						

Площадь подшивочного отверстия

$$\omega = \omega_0 \times R^2$$

$$h_1 = h_x \times R$$

Пример: Дано $R = 0,65$, $h_{\text{ш}} = 0,247$

Тогда $\frac{h_{\text{ш}}}{R} = \frac{0,247}{0,65} = 0,38$

По табл. $\frac{h_{\text{ш}}}{R} = 0,38$ соответствует

$$\omega_0 = 0,416 \text{ и } h_x = 0,227$$

$$\omega = 0,416 \times 0,65^2 = 0,175 \text{ м}^2$$

$$h_1 = 0,227 \times 0,65 = 0,147 \text{ м}$$

Пример обработки материалов тарировки сооружения

а) Данные о протарированном сооружении.

Шлюз — водовыпуск, однопролетный с щитовым затвором. Ширина пролета 0,8 м. Широкий порог. Ось сооружения расположена по отношению к оси подходного участка на 90° . В нижнем бьефе на расстоянии 125 м расположено перегораживающее регулируемое сооружение. Обычно работает со свободным истечением, но при подпоре от перегораживающего сооружения истечение с порога бывает затопленным.

Работает как при полностью открытом отверстии, так и с истечением из-под щита. Высота напора в верхнем бьефе наибольшая — $\approx 0,80$ м. Максимальный расход около $0,6 \text{ м}^3/\text{сек}$.

б) Объем полевых работ.

По своему характеру и условиям работы относятся к сооружениям, перечисленным в п. 9 перечня. План тарировки (согласованный с объемом работ, предусмотренным для подобных сооружений) намечал всего 16 отдельных определений — 7 измерений при полностью поднятых щитах (4 измерения при свободном истечении и 3 при затопленном) и 9 измерений при истечении из-под щита (5 измерений при свободном и 4 при затопленном истечении). В плане предусмотрена также необходимая величина напоров и соотношений напоров к высоте подщитового отверстия при отдельных определениях (см. примерное заполнение в приложении II пункта 3).

в) Данные полевых наблюдений.

Данные полевых наблюдений сведены в таблицу формы I (см. примерное заполнение), где также указана схема расположения точек наблюдения за горизонтом воды. Данные размещены в порядке очереди производства отдельных измерений. Графа (4) „Расходы воды исправ. по кривой“ не заполнялась, так как измерение расхода производилось с помощью водослива.

г) Вычисление коэф. расхода.

В таблице ф. II отдельные определения сгруппированы по признакам условий работы сооружения. Действительно, просматривая детально данные в табл. I (соотношения H_n к H_n), находим, что расходы №№ 1, 4, 9 и 10 определялись при свободном истечении потока, №№ 5, 6 и 11 при затопленном, расходы №№ 2, 3, 9, 8 и 16 при свободном истечении из-под щита и, наконец, расходы №№ 12, 13, 14 и 15 при затопленном подщитовом отверстии.

Подсчет коэф. расхода до помещения в сводную таблицу II производим по вспомогательной таблице (постепенным вычислением).

По отдельным группам $m_{\text{ср.}}$ будет для:

I группы — $m_{1 \text{ ср.}}$	$= 0,332$	} 0,303
II группы — $m_{2 \text{ ср.}}$	$= 0,325$	
III группы — $m_{3 \text{ ср.}}$	$= 0,633$	
IV группы — $m_{4 \text{ ср.}}$	$= 0,709$	

Сравнивая коэф. расхода I и II групп, видим, что таковые весьма мало отличаются друг от друга. Для простоты дальнейших вычислений для первых двух условий работы сооружения примем коэффициент $= \frac{m_1 \text{ ср.} + m_2 \text{ ср.}}{2} = 0,333$.

е) Таблицы расходов.

Всего составляем для учета по данным тарировки 3 таблицы: первую для случаев свободного и затопленного истечения с порога по форме обр. II, где первоначально заполняем решением уравнения $Q = 1,18 H_n^{3/2}$ первую вертикальную графу для разных H_n , начиная от $H_n = 0,06$ до $H_n = 0,60$ через каждые 2 см, а затем последующие графы для разных $\frac{H_n}{H_n}$ по формуле $Q = 1,18 H_n^{3/2} \sigma^n$, для которой σ_n берем с таблицы приложения III.

Вторую таблицу для свободного истечения из под щита составляем по образцу III, заполняя графы решением уравнения

$$Q = 2,24 h_{ш} \sqrt{H_n - \frac{h_{ш}}{2}} \quad (\text{первая графа решение уравнения } Q = 1,18 H_n^{3/2})$$

Расходы даем для H_n от 0,10 до 0,6 и для $h_{ш}$ от 0,04 до 0,36 (памятуя, что наибольшее допустимое соотношение $h_{ш}$ к H_n не должно быть больше 0,6).

И, наконец, третью таблицу для затопленного истечения из под щита по образцу IV, которую заполняем решением уравнения $Q = 2,52 h_{ш} \sqrt{H_n - H_n}$.

В приведенных образцах в тексте руководства заполнение таблиц сделано по указанным тарировочным уравнениям.

На каждой таблице в примечании обязательно указываем:

1. №№ точек набл. гор. воды, по которым определяются H_n и H_n .
2. Расстояние этих точек от сооружения.
3. Условие, при котором допустимо пользоваться таблицами расходов.

При вычислении $m_{\text{ср.}}$ значение коэффициента, определенного при измерении № 16 ($m=0,56$) во внимание не принималось, так как оно слишком резко отклоняется от других m . Объяснение этому следует искать в неблагоприятном соотношении $h_{ш}$ к H_n ($=0,8$, т.-е. больше допустимого).

Среднее отклонение отдельных m от соответствующих $m_{\text{ср.}}$ по группам будет следующее (форм. 9)

$$\text{I и II групп. } \alpha \% = \frac{0,340 - 0,325}{7} : 0,333 \times 100 = \pm 0,6 \%$$

$$\text{III гр.} = + \frac{0,650 - 0,620}{4} : 0,633 \times 100 = \pm 1,2 \%$$

$$\text{IV гр.} = + \frac{0,725 - 0,690}{4} : 0,709 \times 100 = \pm 1,2 \%$$

Во всех случаях, как видим, среднее отклонение весьма незначительное, что говорит о постоянстве коэффициентов.

д) Тарировочные уравнения.

По средним полученным коэффициентам расходов составляем тарировочные уравнения.

I. Для свободного истечения с порога

$$Q = m b \sqrt{2g} H_b^{3/2} = C H_b^{3/2} = 0,333 \times 0,8 \times 4,43 = 1,18 H_b^{3/2} \times H_b^{1/2}$$

II. Для затопленного истечения с порога

$$Q = m b \sqrt{2g} H_b^{3/2} \sigma_n = C H_b^{3/2} = 1,18 H_b^{3/2} \sigma_n$$

III. Для свободного истечения из-под щита

$$Q = m b h_{ш} \sqrt{2g} \sqrt{H - \frac{h_{ш}}{2}} = C h_{ш} \sqrt{H_b - \frac{h_{ш}}{2}} = 0,633 \times 0,8 \times \\ \times 4,43 h_{ш} \sqrt{H_b - \frac{h_{ш}}{2}} \Rightarrow 2,24 h_{ш} \sqrt{H_b - \frac{h_{ш}}{2}}$$

IV. Для затопленного истечения из-под щита

$$Q = m b h_{ш} \sqrt{2g} \sqrt{H_b - H_n} = C h_{ш} \sqrt{H_b - H_n} = 0,709 \times 0,8 \times \\ \times 4,43 h_{ш} \sqrt{H_b - H_n} = 2,52 h_{ш} \sqrt{H_b - H_n}$$

В данном примере примечание к таблицам будет следующего содержания:

1. H_n определяется по гор. воды в точке № 1, расположенной у ур. правого берега на расстоянии от оси сооружения выше по течению на 2,5 метра. H_n определяется по точке № 4, расположенной в ниж. бьефе у правого берега ниже обратной стенки сооружения на 4,0 метра.

2. При истечении из-под щита пользование таблицей допускается при условии, если $h_{ш}/H_n < 0,6$ и т. п.

17314

