

В. Н. ЯРЦЕВ

ГИДРОМЕТРИЧЕСКИЕ РАБОТЫ НА ИРРИГАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

ГОСИЗДАТ УзССР
Ташкент—1949

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА СССР — ГЛАВВОДХОЗ

ТРУДЫ СРЕДНЕАЗИАТСКОГО ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ИНСТИТУТА ИРРИГАЦИИ САНИИРИ)

Выпуск 75

В. Н. ЯРЦЕВ

Кандидат технических наук

ГИДРОМЕТРИЧЕСКИЕ РАБОТЫ НА ИРРИГАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И ПРАВИЛА

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО УЗССР
ТАШКЕНТ — 1949

Книга „Гидрометрические работы на ирригационных системах“ содержит практические указания для работников эксплуатации, ведущих учет оросительной воды. Выполнение технических условий и правил, изложенных в ней, обеспечит рациональное оснащение ирригационной сети гидрометрическими установками и применение единообразных методов и средств учета.

При разработке правил, указаний и пр. в основном были использованы многолетний опыт ирригации в республиках Средней Азии и результаты работ Среднеазиатского научно-исследовательского института ирригации в области методов учета оросительной воды. Изложенные условия и нормы выработаны, исходя из современного состояния техники учета. При развитии ее они, разумеется, должны будут корректироваться и дополняться.

1. ПРАВИЛА ПОСТРОЕНИЯ ГИДРОМЕТРИЧЕСКОЙ СЕТИ НА СИСТЕМАХ

Задачей эксплуатационной гидрометрии на ирригационных системах является обеспечение их гидрометрическими данными, необходимыми для проектирования и проведения рационального водопользования и рациональной эксплуатации системы вообще.

В частности, гидрометрия должна обеспечивать:

- а) определение водных запасов системы как по основным, так и по дополнительным внутрисистемным источникам питания с установлением их годового и многолетнего режимов;
- б) учет водозабора в систему, водораспределение по сети, выдел отдельным хозяйствам и другим более крупным объединениям с целью своевременного и правильного регулирования воды и контроля за ее использованием;
- в) получение расчетного гидрометрического материала, необходимого системе для осуществления обязательных мероприятий, обеспечивающих рациональную эксплуатацию водных ресурсов и сооружений (определение коэффициента полезного действия, мелиоративные мероприятия и др.).

Перечисленные задачи выполняет развитая и соответствующим образом оборудованная сеть учетных пунктов (гидрометрических постов), обслуживаемая эксплуатационным штатом системы.

В состав гидрометрической сети, в целях обеспечения нормальной работы системы, должны входить:

1. Посты на источниках орошения для учета водных запасов системы.
2. Головные посты на магистралях системы для учета водозабора из источников орошения.
3. Посты в головах распределителей для учета и распределения воды по ирригационной сети системы.
4. Посты в точках отдачи воды потребителям (хозяйствам) для выдела им потребного количества воды и учета этого выдела.
5. Дополнительные посты, к которым относятся:

а) балансовые посты на источниках орошения, распределительной и сбросной сети для определения водного баланса участков на источниках, каналах, отдельных хозяйственных и других объединений, для учета выделов воды административным районам, гидроучасткам и пр.;

б) специальные посты для решения отдельных вопросов эксплуатации, требующих материалов гидрометрического характера.

Общее распределение постов на источниках питания и каналах системы должно быть согласовано с условиями ее работы (условиями водозабора, технического развития и пр.) и в полной мере обеспечивать решение перечисленных выше задач.

Таблица 1

Количество постов и их размещение

Объект оборудования	Характер поста	Местоположение поста
1. Основной источник питания (рис. 1).	Опорный пост — учет поступления воды на участок системы (наблюдение за расходным и уровенным режимом или только за уровенным,	Перед водозабором. Местоположение опорных постов определяется общими правилами выбора участка, обеспечивающими (при наблюдении за стоком) нахождение достаточно точной зависимости между расходами и горизонтами воды

При наличии на источниках (реках) постов Управления гидрометрической службы (УГМС), изучающих расходный режим, и при условии, что он не изменяется и на участке поста системы (отсутствие потерь, притоков и пр.), на последнем ведутся наблюдения лишь за уровенным режимом (для увязки их с расходами по данным УГМС). Этими наблюдениями ограничиваются также при источниках с запасом воды, безусловно превышающим потребности систем данного источника.

Балансовый пост — учет остатков воды системы (учет расходов и уровней)	В конце руслового участка, ниже последнего водозабора и сброса с системы (устраивается при ограниченных запасах воды источника и при наличии остатков после водозабора, хотя бы и непостоянных)
Контрольные посты — учет расходов и уровней или только уровней	Внутри руслового участка

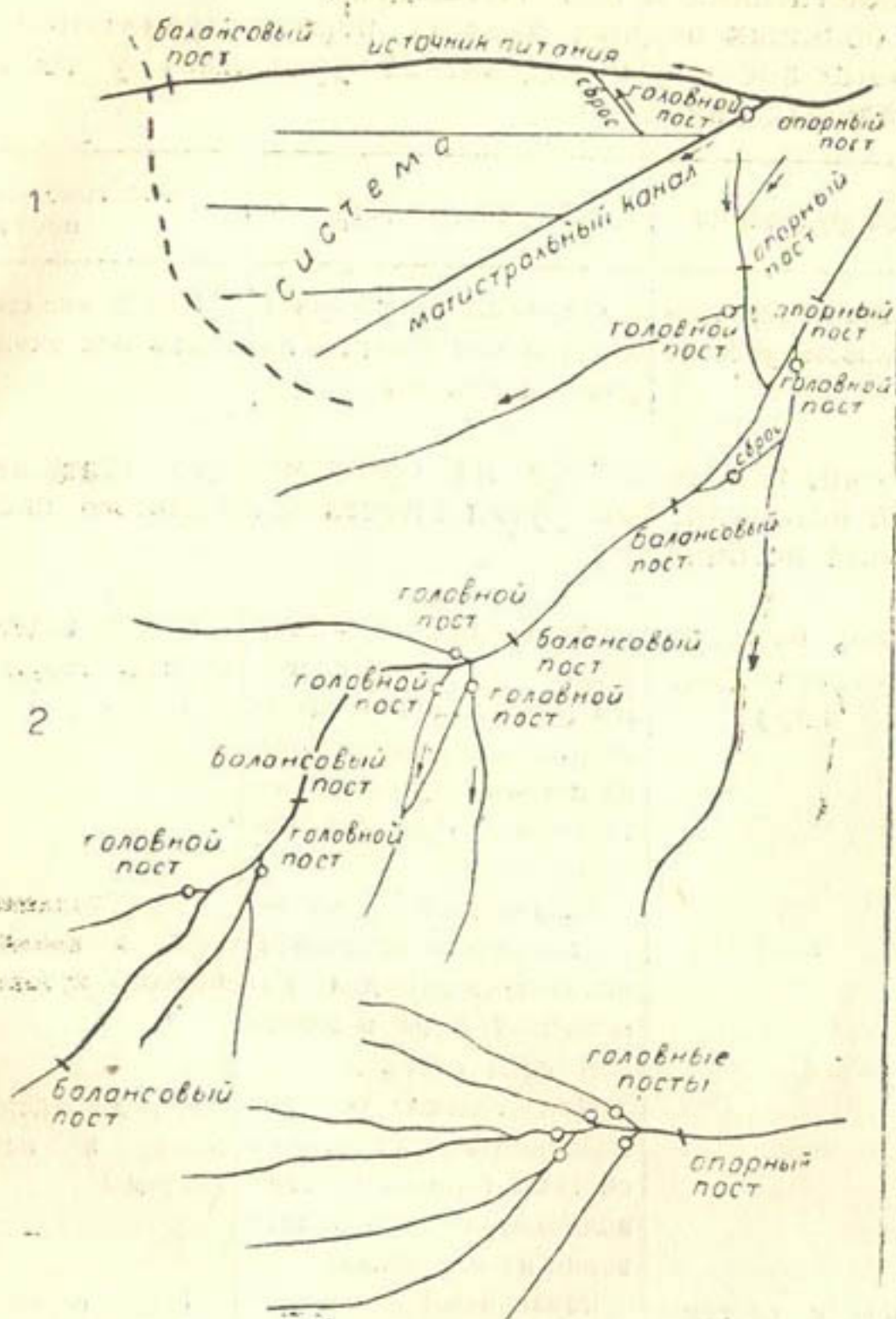


Рис. 1. Посты руслового участка

1 — водозабор одной магистрали; 2 — многократный водозабор; 3 — всеерный водозабор

Количество и расположение постов зависят от характера водозабора и гидрологических условий источника. Весь участок реки разбивают на балансовые участки, на границах которых и располагаются посты. Они устанавливаются ниже устья крупного притока или ниже группы более мелких, перед крупным водозабором (для определения степени обеспечения водозаборного узла) и, наконец, на границах изменения грунтов, слагающих русло источника, а также на границах района, выклинивающихся в русло вод (выше и ниже скопле-

ния родников в пойме реки, выше и ниже заболоченной почвы и прилегающих к ней площадей).

При больших водных запасах реки устраиваются только водомерные посты (наблюдение за уровнями) у голов всех магистральных каналов.

Объект оборудования	Характер поста	Местоположение поста
2. Притоки источника на русловом участке системы	Опорный пост—учет поступления воды на участок системы	Перед впадением притока в основной источник

Притоки, используемые на орошение до впадения их в основной источник, армируются постами по той же схеме, как и основной источник.

3. Мелкие внутрисистемные источники (родники, речки и др.)	Опорный пост — учет водных ресурсов системы (при наличии самостоятельного водозабора из источника и самостоятельной оросительной сети)	Перед водозабором в ирригационную сеть
	Балансовый пост — учет остатков источника, используемых для пополнения воды в основной сети системы	Перед впадением источника в канал сети основного источника
	Или только учет пополнения водных запасов системы (при отсутствии водозабора непосредственно из источника)	Перед впадением источника в канал сети системы
4. Сбросы с системы в русло источника	Балансовый пост — учет пополнения источника за счет неиспользованных сбросных вод	На сбросе перед впадением в источник
5. Водохранилище	Опорный пост — учет поступления воды в водохранилище	В голове подводящего канала или на источнике питания перед водохранилищем
	Балансовый пост — учет потерь в подводящем русле	В конце подводящего русла (при наличии подводящего русла — берегового водохранилища — и при значительном его протяжении)

Объект оборудования	Характер поста	Местоположение поста
6. Магистральный канал (рис. 2)	Балансовый пост — учет наполнения водохранилища, общих его запасов и расходования воды (пост — уровень)	В чаше водохранилища
	Опорный пост — учет расхода воды водохранилища	В голове отводящего канала или на источнике питания ниже водосброса
	Головной пост — учет водозабора из источника	На головном участке магистрали (месторасположение поста — раздел II)
	Балансовые посты — учет потерь или пополнений за счет грунтовых вод	В конце холостой части (при значительном протяжении ее и при условиях, допускающих русловые потери — пополнение), а также на границах характерных участков

Балансовые посты на магистральных каналах устраиваются на границах балансовых участков для уточнения по отдельным участкам расходования воды, притока грунтовых вод, потерь и пр. Посты располагаются перед крупными водораспределительными узлами, ниже крупных сбросов в канал, а также на границах участков, характерных по составу грунта, стоянию грунтовых вод на площадях, прилегающих к каналу.

7. Распределители (рис. 2)	Головной пост — учет распределения воды	На головном участке распределителя
	Балансовый пост — учет потерь (пополнений)	В конце холостой части и на границах характерных участков
8. Хозяйственные выделы (рис. 2)	Пост в точке отдачи воды хозяйству — учет выдела воды	Выше голов внутрихозяйственной сети, по возможности у границы хозяйства
9. Сбросы с каналов в сеть	Балансовый пост — учет перераспределения воды в сети	В голове сброса или перед впадением его в канал сети
10. Сбросы с каналов, неиспользуемые на орошение	Балансовый пост — учет неиспользованной воды	В конце сброса ниже последнего отвода

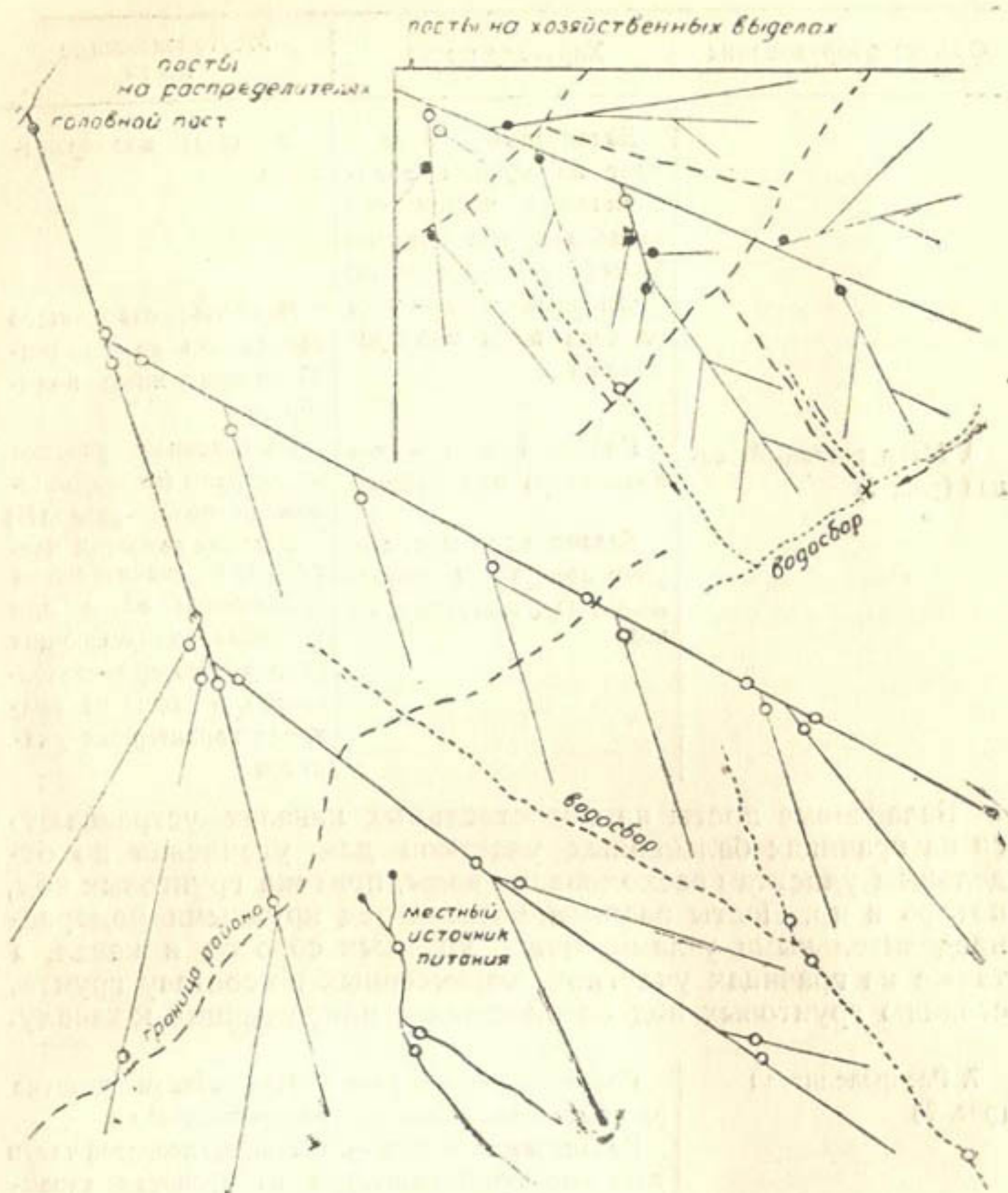


Рис. 2.

Объект оборудования	Характер поста	Местоположение поста
11. Водосборы	Балансовый пост — учет неиспользованной воды	Перед впадением водосбора в водосбор высшего порядка и на границах характерных участков

При распределении постов на сбросной и водосборной сети исходят из необходимости количественного учета сбросной воды по отдельным участкам и суммарно — по отдельным районам.

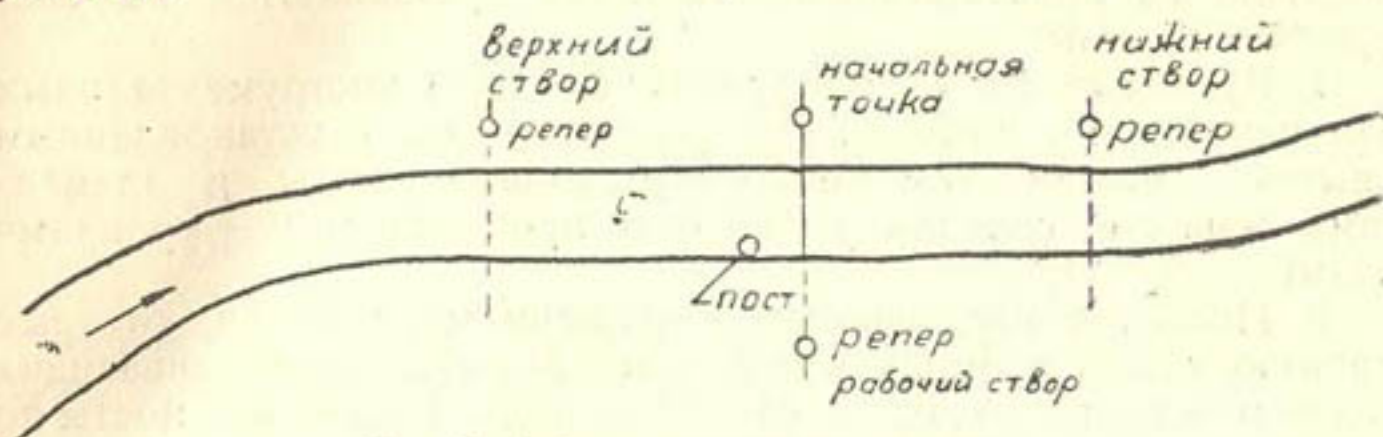


Рис. 3. Общая схема участка поста

Объект оборудования	Характер поста	Местоположение поста
12. Магистраль, распределители и прочая сеть	Дополнительные посты — учет выдела отдельным гидроучасткам, районам и др.	Примерно у границ участков и районов

Дополнительные посты располагают по схеме, обеспечивающей (вместе с другими постами) определение водного баланса районов, участков: поступление воды на объект (посты на каналах, выделяющих воду в район) и остатков воды, отводимых с объекта (посты на транзитных каналах, сбросах и пр.).

Все задачи учета с помощью постов гидрометрической сети должны выполняться при возможно меньшем количестве их. Правильно построенной считается сеть, где отдельные посты одной группы по возможности выполняют функции постов другой группы.

Каждый пост должен решать свою задачу путем непосредственного определения данных, необходимых для учета, а не на основе наблюдений на других постах (по разности или сумме).

Последнее правило может иметь исключение только в силу особых местных условий и главным образом тогда, когда пост при непосредственном учете не в состоянии обеспечить необходимой точности.

II. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА УЧЕТА

По методам учета посты, допускаемые к массовому применению на ирригационных системах, разделяются на следующие группы:

1. Русловые посты, оборудованные для инструментальных измерений, учет воды на которых ведется по установленным опытом зависимостям между расходами воды и элементами живого сечения русла (по преимуществу — уровнями воды).

2. Посты, оборудованные сооружениями, учет на которых производится с помощью расходных формул, устанавливающих связь между расходами и напорами воды. Подобные посты по характеру сооружений разделяются на:

а) посты с тарированными гидросооружениями, т. е. посты, на которых для учета воды приспособлены обычные гидротехнические сооружения ирригационной сети после тарировки их в целях установления расходной формулы или эмпирической зависимости между Q и элементами потока в сооружении;

б) посты, оборудованные специальными водомерными сооружениями, в свою очередь разделяющимися на сооружения, требующие предварительной тарировки, и сооружения, уже имеющие расходные формулы и не требующие предварительной проверки их на местах установки. Водомерные сооружения этой группы делятся на регулируемые (водомерные выпуски) и нерегулируемые.

Таблица 2

Применение типов гидрометрических постов

Тип поста	Условия применения
1. Посты на естественных источниках питания — опорные и балансовые	
Водомерное нерегулируемое сооружение	На небольших источниках и при гидравлических условиях, допускающих применение водомерных сооружений (по величине пропускаемых расходов, по условиям русла, движения наносов и пр.)
Русловой пост	При значительных размерах источника, а также на малых источниках, на которых в силу гидравлических и прочих условий применение водомерного сооружения невозможно

2. Головные посты на магистралях

Тарированное головное сооружение	При достаточной водомерности сооружения (табл. 4)
Водомерное нерегулируемое сооружение	При невозможности использования головного сооружения для учета воды
Водомерное регулируемое сооружение	На мелких магистралях и при подходящих гидравлических условиях, если нет инженерного головного сооружения
Русловой пост	При неводомерности головного сооружения или при отсутствии его, когда применение специальных водомерных сооружений невозможно

3. Балансовые посты на магистралях (учет без регулирования)

Тарированное линейное сооружение	При совпадении пункта учета с расположением линейного сооружения и при достаточной водомерности его
Водомерное нерегулируемое сооружение	При соответствующих гидравлических условиях (по размеру потока, скорости, наносам и пр.) и при невозможности использования линейного сооружения для учета
Русловой пост	Во всех остальных случаях, когда применить первые два типа постов нельзя

4. Посты учета распределения на крупных распределителях (головные) (см. головные посты на магистралях)

5. Балансовые посты на крупных распределителях (см. балансовые посты на магистралях)

6. Головные посты на мелкой распределительной сети

Тарированный водовыпуск	При водомерности сооружения
Регулируемое водомерное сооружение	При отсутствии постоянного головного сооружения
Нерегулируемое водомерное сооружение	При наличии водовыпуска и при невозможности использовать его в качестве водомера (тарировкой)

Тип поста	Условия применения
-----------	--------------------

7. Балансовые посты на мелкой распределительной сети

Тарированное линейное сооружение	При совпадении пункта учета с расположением сооружения
Нерегулируемое водомерное сооружение	При невозможности использования линейного сооружения

8. Выдел в хозяйство

Водомерный выпуск	Применяется во всех случаях как основной тип поста для учета выдела воды хозяйствам
-------------------	---

9. Балансовые посты на сбросах и водосборах

Тарированное сооружение (в голове сброса)	См. условия для головных и балансовых постов на магистралях
Тарированное линейное сооружение	
Водомерное сооружение регулируемое и нерегулируемое	
Русловой пост	

10. Посты разного назначения, временно действующие

Водомерное нерегулируемое сооружение переносной конструкции	На мелкой сети при соответствующих гидравлических условиях
Русловой пост	Во всех остальных случаях

В каждом отдельном случае должен соблюдаться следующий порядок выбора типа поста. В первую очередь устанавливают возможность использования для учета воды существующего гидротехнического сооружения (головного, линейного), рассматривая вопрос о применении постов других типов только при обстоятельствах, действительно не позволяющих использовать и приспособить подобные сооружения для учета воды (табл. 4).

Русловой пост всегда назначается в последнюю очередь, а при оборудовании постов на мелких каналах (по пропускной способности допускающих применение существующих типов водомерных сооружений) устройство руслового поста, как правило, не разрешается.

III. ТИПЫ ГИДРОМЕТРИЧЕСКИХ ПОСТОВ

(Технические условия и нормы применения)

Таблица 3

Русловые посты

Оборудование постов, условия их применения, расчетные данные, нормы проектирования и пр.

Участок поста

Участок русла реки (канала) в месте расположения поста должен удовлетворять следующим основным требованиям:

а) русло должно быть достаточно устойчивым (дно и берега). Показателем средней устойчивости служит (при возможности предварительных наблюдений)

$$\sigma\% = \Sigma \left[\left(h_x - \frac{h_1 + h_2 + h_3}{3} \right) : h_x \right] : n \times 100 \leq \pm 5\%.$$

где h_x — разность по высоте уровней от постоянной горизонтальной плоскости, проведенной на уровне дна в начале наблюдений;

h_1, h_2, h_3 — глубины контрольных вертикалей, расположенных посередине русла;

n — число отдельных наблюдений.

Общими признаками устойчивости служат внешний вид состояния берегов, соответствие твердости грунта и скоростей течения, данные по очистке русла от наносов (на каналах) и пр.;

б) находиться вне влияния переменного подпора. Предельное расстояние от места образования подпора до поста

$$Z = \frac{h_{п.}}{i},$$

где $h_{п.}$ — глубина воды перед преградой; i — первоначальный уклон (принимается средний уклон дна выше преграды);

в) на всем протяжении участок должен быть прямолинейным, иметь правильное поперечное сечение, однообразную ширину и глубины (вдоль русла), однообразный уклон дна. На естественных источниках на участке не должно быть разливов, островов. Длина участка: при широких реках (более 100 м) — не менее ширины русла, при средних и малых реках — не менее двух — четырехкратной ширины, на каналах — не менее четырех — пятикратной ширины русла при среднем его наполнении;

г) дно и откосы берегов участка должны быть чисты от растительности;

д) на участке или вблизи его не должно быть сооружений, могущих влиять на естественный режим потока (мосты, водовыпуски, насосные установки, пристани и пр.).

При головном учете (в нижнем бьефе сооружения) верхняя граница участка должна быть ниже водобоя, в месте с установившимся режимом (проверяется опытным наблюдением за потоком). При расположении поста

выше сооружения (неподпорного) нижняя граница участка должна быть вне кривой спада;

е) участок должен быть доступен для производства работ, ремонта оборудования и обеспечивать по возможности безопасность работ, иметь сравнительно невысокие и некрутые берега, умеренные скорости течения и глубины.

Нормальное оборудование поста (рис. 3)

Устройства для определения горизонтов воды — водомерный пост

Основным требованием к устройству и конструкции поста является обеспечение возможности определения высотной отметки уровня воды над условным горизонтом при каждом наблюдении. Условный постоянный горизонт (ноль поста, графика) назначается при открытии поста. Отметка его должна быть несколько ниже наименьшей отметки дна сечения русла.

Месторасположение поста должно гарантировать:

а) связь между Q и H поста — обеспечивается правильным выбором участка (см. выше);

б) достаточную точность наблюдения — пост располагается в месте, гарантированном от колебаний уровней, происходящих вследствие неустойчивости режима потока (волны, водовороты и пр.);

в) возможность отсчетов уровней при любых условиях течения потока — удовлетворяется при расположении поста у постоянного берега (отсутствие разливов, протоков и пр.);

г) удобство наблюдений, обслуживания и ремонта поста — обеспечивается расположением поста на доступном и устойчивом берегу;

д) от порчи и разрушения поста — пост располагается в месте, защищенном от плавающих тел (льдин, крупного мусора) и у неразрушающегося берега.

Водомерные вертикальные рейки на сваях (рис. 4). Обычный, наиболее распространенный тип водомерного поста. Применяется при доступных берегах (при свободном доступе к рейке). Общая длина реек должна быть несколько больше разности между наибольшим и наименьшим уровнями воды. Ноль рейки устанавливается ниже возможного наинизшего горизонта воды (в канале — на уровне дна). Отсчеты уровней — с точностью до 1 см.

Рейки поста устанавливаются:

а) открыто в русле потока — при скоростях течения не более 0,7 м/сек и при отсутствии ледохода (или крупного мусора);

б) в ковше или колодце — при скоростях больших, чем в первом случае, или при возможности ледохода;

в) ярусами (открыто или в ковше) — при пологих берегах. Расстояние между рейками яруса не более 3 — 4 м.

Наклонные рейки (рис. 4). Применяются на каналах с бетонированными или облицованными камнем откосами и дном (забивка свай, устройство ковшей и пр. могут нанести ущерб прочности облицовки). Деление

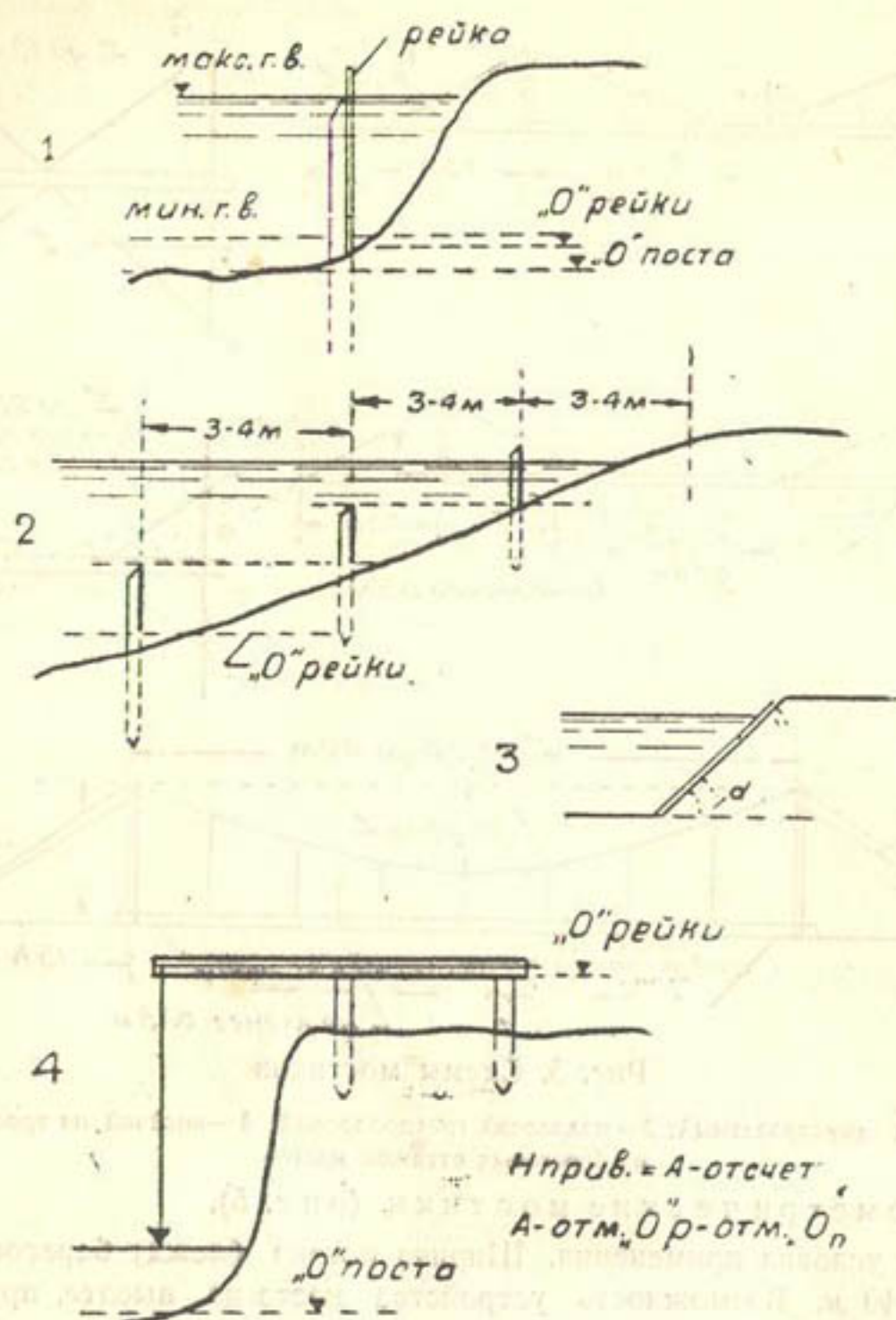


Рис. 4. Водомерные рейки

1 — рейка на свае; 2 — ярусные рейки; 3 — наклонные рейки;
4 — цепные рейки

наклонной рейки делается равным $\frac{1}{\sin \alpha}$ см (α — угол между линией горизонта и направлением рейки).

Цепные (горизонтальные) рейки (рис. 4). Применяются при высоких крутых берегах, когда доступ к воде затруднен, а также на облицованных каналах.

Лимниграфные посты. См. раздел VIII.

Створ измерения

Створ измерения располагается внутри участка поста, примерно посередине длины участка.

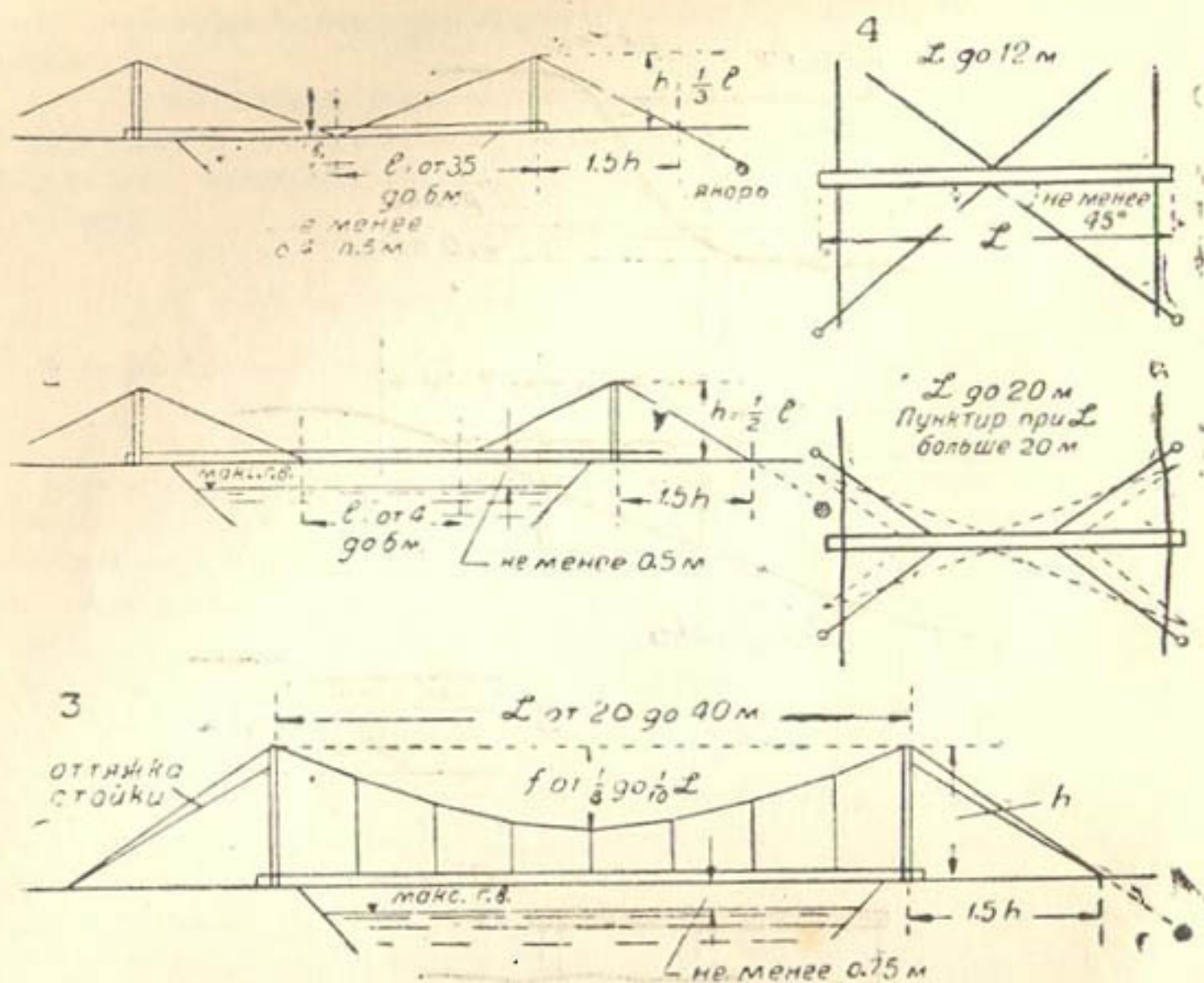


Рис. 5. Схемы мостиков

1 — подвесной двухпролетный; 2 — подвесной трехпролетный; 3 — висячий на троссах; 4 — схема береговых оттяжек мостов

Гидрометрические мостики (рис. 5).

Общие условия применения. Ширина потока (между береговыми опорами) до 40 м. Возможность устройства поста на высоте, при которой расстояние от верхнего строения до дна не превосходит 4 м.

Расчетные данные и нормы проектирования. Временная нагрузка — равномерно распределенный груз в 150 кг на погонный метр. Ширина моста от 0,65 до 1 м. Мосты без промежуточных опор, береговые опоры не должны стеснять русло. Наименьшее допустимое расстояние от наивысшего уровня до нижних частей конструкции пролета для мостов L до 10 м — 0,4 м, при L от 10 до 20 м — 0,5 м, при $L > 20$ м — 0,75 м.

Обязательны конструкции, обеспечивающие мост от горизонтального изгиба (оттяжки, раскосы).

Перила обязательны, хотя бы с одной стороны (с низовой).

Запас прочности металлических поволоков и частей (тяги, троссы) восьмикратный.

Береговые опоры — свайные, при прочных (скалистых) берегах или при бетонированных откосах — береговые лежни.

Однопролетные балочные мостики — при ширине потока (длине поста) до 6 м; двухпролетные подвесные — от 6 до 12 м, трехпролетные подвес-

ные — от 12 до 18 м, висячие на тросах — при ширине потока от 20 до 40 м.

Гидрометрические люльки на тросах (рис. 6). Применяются: при крутых берегах и значительных скоростях течения (более 3 м/сек); при меньших скоростях течения, но при незначительных глубинах (менее 1 м), не позволяющих применять паромы, и когда устройство мостиков невозможно (ширина более 40 м).

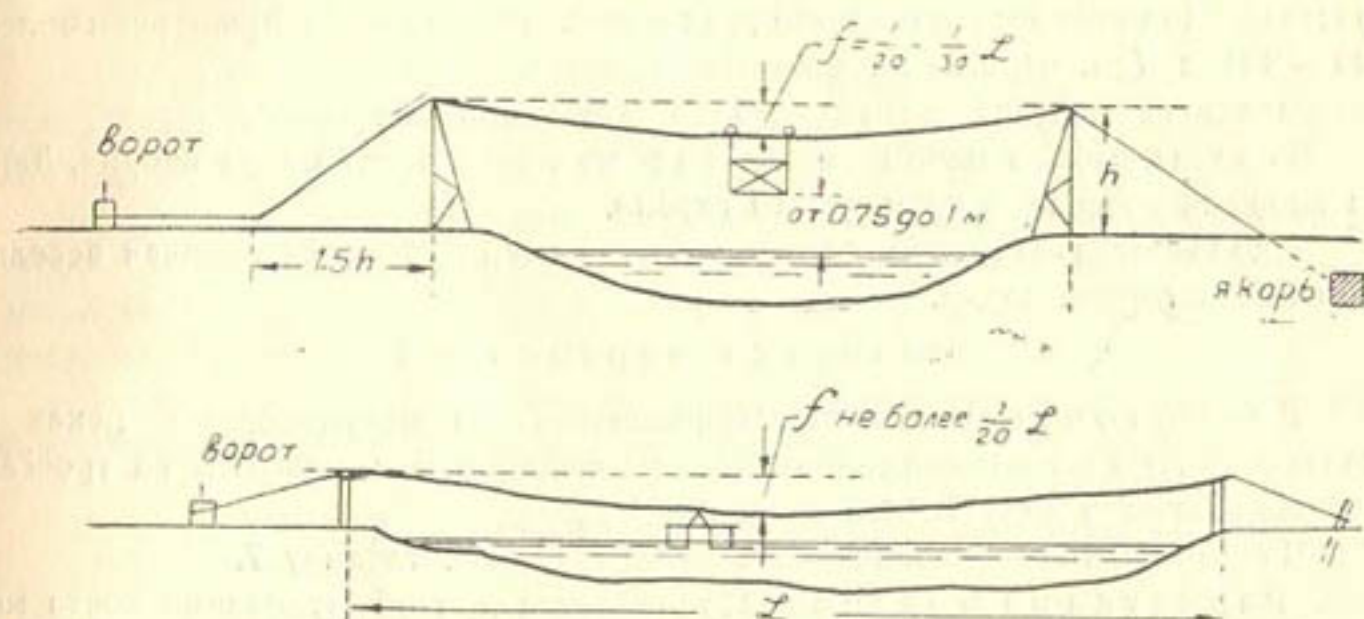


Рис. 6. Схема люльчатой установки и паромного створа

Расчетные данные и нормы проектирования. Временная (минимальная) нагрузка — два человека с инструментом (до 200 кг при работе со штангой и до 300 кг — при работе с грузом). Относительный провес ходового троса — от $\frac{1}{20}$ до $\frac{1}{30}$. Наименьшее расстояние нижних частей люльки от поверхности воды при наивысшем уровне — 0,75 м (конструкция береговых опор должна предусматривать возможность изменения высоты ходового троса). Запас прочности тросов восьмикратный.

В конструкции люльки необходимо предусматривать оградительные борты и свободный выход из люльки работников во время промеров. Постобеспечивается спасательными кругами и нагрудниками.

Гидрометрические паромы на постоянных ходовых тросах (рис. 6). Применяются на несудоходных реках шириной не менее 20 м, при достаточной глубине (не менее 1 м у берегов), при умеренных скоростях течения (до 3 — 3,5 м/сек), при отсутствии волн, водоворотов, отбоев у берегов и пр. При скоростях течения до 2 м/сек. паромы применяются при ширине реки до 250—300 м, при больших скоростях — до 200 м.

Относительный провес троса — не больше $\frac{1}{20}$.

Высота береговых стоек от горизонта земли до опоры троса определяется из уравнения

$$h = f - p + 0,8,$$

где f — стрела провеса, p — разность отметок земли у стойки и наивысшего горизонта воды.

Осадка парома — до 30 см.

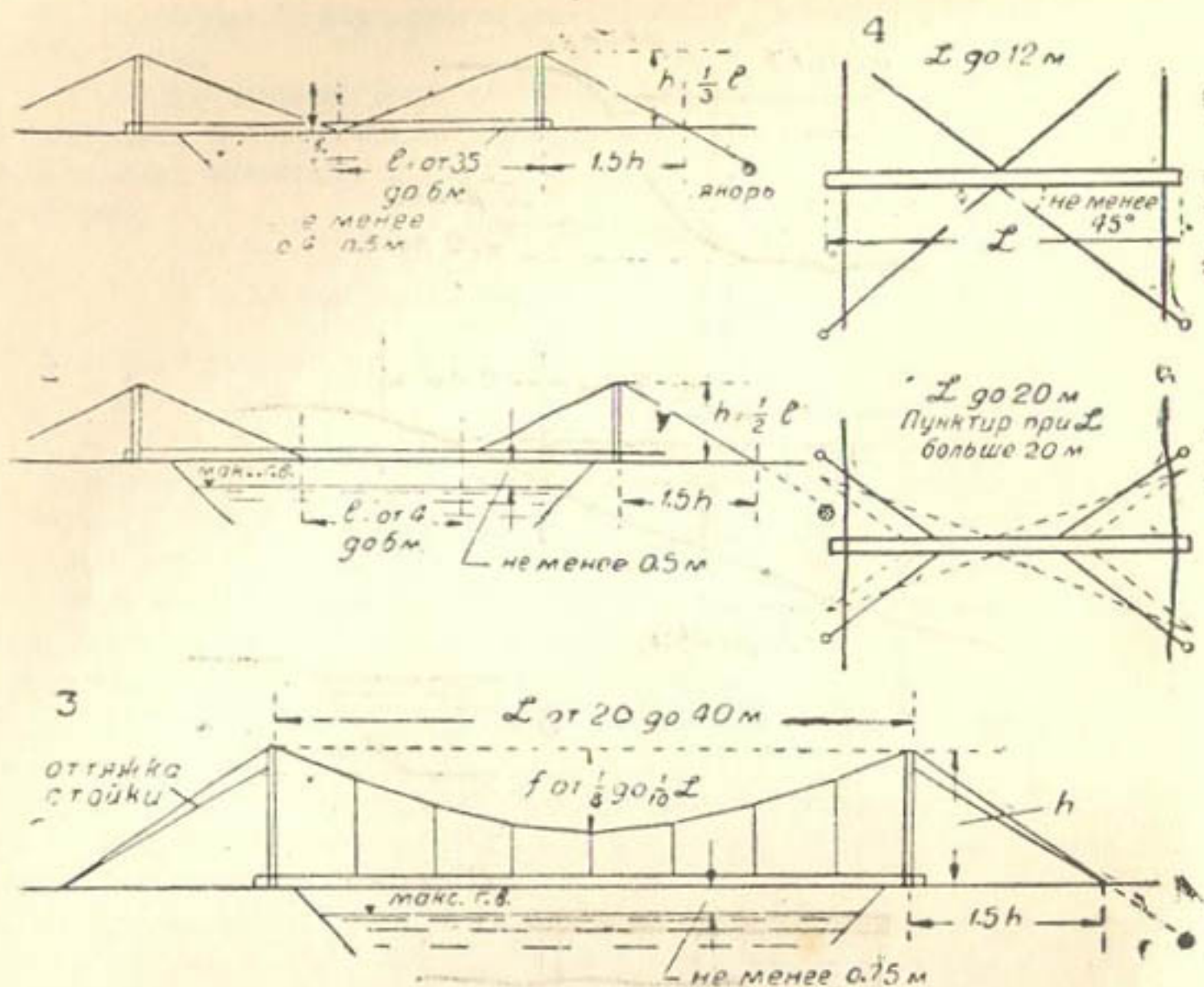


Рис. 5. Схемы мостиков

1 — подвесной двухпролетный; 2 — подвесной трехпролетный; 3 — висячий на тросах; 4 — схема береговых оттяжек мостов

Гидрометрические мостики (рис. 5).

Общие условия применения. Ширина потока (между береговыми опорами) до 40 м. Возможность устройства поста на высоте, при которой расстояние от верхнего строения до дна не превосходит 4 м.

Расчетные данные и нормы проектирования. Временная нагрузка — равномерно распределенный груз в 150 кг на погонный метр. Ширина моста от 0,65 до 1 м. Мосты без промежуточных опор, береговые опоры не должны стеснять русло. Наименьшее допустимое расстояние от наивысшего уровня до нижних частей конструкции пролета для мостов L до 10 м — 0,4 м, при L от 10 до 20 м — 0,5 м, при $L > 20$ м — 0,75 м.

Обязательны конструкции, обеспечивающие мост от горизонтального изгиба (оттяжки, раскосы).

Перила обязательны, хотя бы с одной стороны (с низовой).

Запас прочности металлических поволоков и частей (тяги, троссы) восьмикратный.

Береговые опоры — свайные, при прочных (скалистых) берегах или при бетонированных откосах — береговые лежни.

Однопролетные балочные мостики — при ширине потока (длине поста) до 6 м; двухпролетные подвесные — от 6 до 12 м, трехпролетные подвес-

ные — от 12 до 18 м, висячие на тросах — при ширине потока от 20 до 40 м.

Гидрометрические люльки на тросах (рис. 6). Применяются: при крутых берегах и значительных скоростях течения (более 3 м/сек); при меньших скоростях течения, но при незначительных глубинах (менее 1 м), не позволяющих применять паромы, и когда устройство мостиков невозможно (ширина более 40 м).

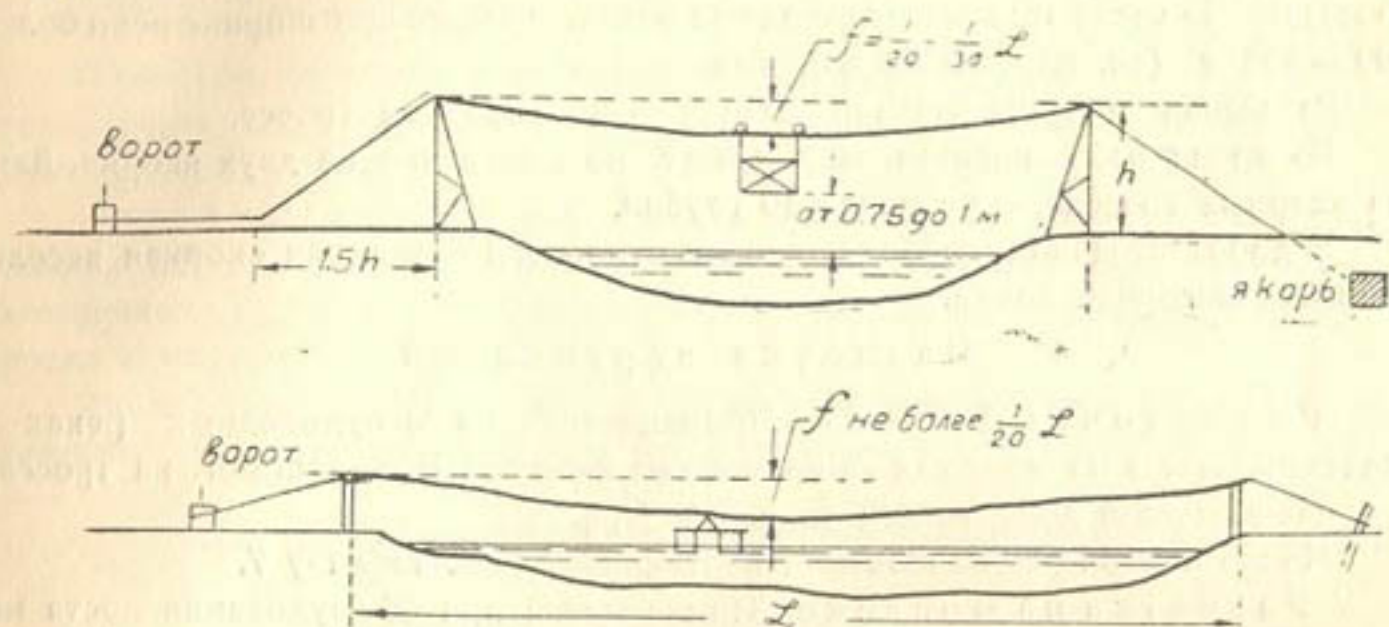


Рис. 6. Схема люльчатой установки и паромного створа

Расчетные данные и нормы проектирования. Временная (минимальная) нагрузка — два человека с инструментом (до 200 кг при работе со штангой и до 300 кг — при работе с грузом). Относительный провес ходового троса — от $\frac{1}{20}$ до $\frac{1}{30}$. Наименьшее расстояние нижних частей люльки от поверхности воды при наивысшем уровне — 0,75 м (конструкция береговых опор должна предусматривать возможность изменения высоты ходового троса). Запас прочности тросов восьмикратный.

В конструкции люльки необходимо предусматривать оградительные борты и свободный выход из люльки работников во время промеров. Пост обеспечивается спасательными кругами и нагрудниками.

Гидрометрические паромы на постоянных ходовых тросах (рис. 6). Применяются на несудоходных реках шириной не менее 20 м, при достаточной глубине (не менее 1 м у берегов), при умеренных скоростях течения (до 3 — 3,5 м/сек), при отсутствии волн, водоворотов, отбоев у берегов и пр. При скоростях течения до 2 м/сек. паромы применяются при ширине реки до 250—300 м, при больших скоростях — до 200 м.

Относительный провес троса — не больше $\frac{1}{20}$.

Высота береговых стоек от горизонта земли до опоры троса определяется из уравнения

$$h = f - p + 0,8,$$

где f — стрела провеса, p — разность отметок земли у стойки и наивысшего горизонта воды.

Осадка парома — до 30 см.

Расчетная нагрузка (в зависимости от оборудования) от 300 кг до 1,5 т.

Для безопасности работ на пароме вокруг рабочего места устраиваются перила, паром обеспечивается запасной лодкой, бортовыми веслами (для выгребания паромы), сходнями, спасательными кругами и нагрудниками, а также запасом материала для починки паромы во время аварий.

Гидрометрические паромы на якорях (без ходовых тросов). Применяются на судоходных реках, а также при ширине реки более 200 — 300 м (см. паромы на ходовых тросах).

Расчетная нагрузка, размер осадка — см. паром на тросе.

Во время работы паром закрепляют не менее чем на двух якорях. Длина якорных тросов — не менее 10 глубин.

К дополнительному оборудованию относится буксирная якорная весельная или моторная лодка.

Разметка вертикалей

Разметочный трос. Применяется на несудоходных реках и каналах, посты на которых оборудованы люлькой или паромом на тросах.

Наибольший допустимый провес — $\frac{1}{100}$.

Число и порядок назначения вертикалей — см. таблицу 7.

Разметка на мостике. Применяется при оборудовании поста мостиком. Делается на верхнем его строении на стороне, обращенной вверх по течению (на специальном бруске, прогонной балке, обресе настила и пр.).

Вехи на рабочем створе с закрепленной точкой стояния угломерного инструмента. Применяются при измерении с паромов на якорях.

Вехи устраиваются постоянные, из столбов. Точка стояния инструмента назначается на расстоянии от створа не менее чем на 0,5 ширины русла (на берегу выше или ниже створа).

Постовые знаки

Начальная точка поста. Обязательна на всех постах. Служит для планового закрепления промерных вертикалей (является полевой вертикалью).

Устанавливается на берегу на линии продолжения рабочего створа в месте, защищенном от случайной порчи знака. Устройство знака аналогично топографическому реперу.

Реперы. Обязательны на всех постах. Служат для закрепления высотного положения водомерных постов и всего участка поста.

Нормальное число реперов на посту — три (в начале участка, в конце его и в створе измерения на берегу против начальной точки). Реперы располагаются в местах, обеспечивающих их от случайной порчи, разрушения, завала наносами и пр.

Местоположение, хотя бы одного из реперов поста, должно позволять производство проверок водомерного поста с одной стоянки нивелира. Высотные отметки реперов увязываются с отметками ирригационной системы. Устройство и конструкция реперов обычные, принятые в топографии.

Вехи верхнего и нижнего створов участка. Применяются на постах где производятся наблюдения за поверхностными скоростями.

Вехи могут быть постоянными или устанавливаемыми только во время промеров. Устройство их обычное (окрашенные шесты).

Уклонные посты. Устраиваются на постах, где ведутся наблюдения за уклонами воды. Устанавливаются по правилам и нормам для водомерных постов (см. выше). Расстояние между уклонными постами назначается с расчетом получения разности уровней в среднем около 10 см (не менее) —

$$L = \frac{0.10}{i} \text{ м (} i \text{ — средний поверхностный уклон).}$$

Открытое расположение (в русле) уклонных реек допустимо только в тех случаях, когда обеспечена точность отсчетов до долей сантиметра. По преимуществу рейки помещаются в ковшах или колодцах.

Сигнальные знаки. Устраиваются на судоходных каналах и реках. В состав их должны входить знаки, обозначающие границы участка, где воспрещено причаливание судов, и знаки, запрещающие движение судов во время промеров.

Форма знаков, количество их, правила пользования должны соответствовать установленным для речного транспорта.

ПОСТЫ С ТАРИРОВАННЫМИ СООРУЖЕНИЯМИ

Общие условия применения

Для тарировки используются только постоянные, инженерного типа сооружения, выполненные из материалов, обеспечивающих постоянство размеров, правильность очертаний и форм отдельных частей сооружения.

Сооружения должны быть совершенно исправны: отсутствие деформаций, частичных разрушений, полная исправность регулировочных устройств (отсутствие перекосов щита, поломок, изогнутостей, плотное перекрытие отверстий, горизонтальность укладки шандор и пр.).

Сооружения используются при достаточной водомерности их и при условиях работы, обеспечивающих общую водомерность:

а) плавный, с незначительными скоростями (до 0,7 м/сек) подход воды к сооружению при боковом водозаборе, а при лобовом расположении — симметричный подход потока по всей ширине отверстия сооружения;

б) отсутствие отложения наносов в районе сооружения, размер которых изменяет характер подхода потока к сооружению или характер истечения его через порог (отверстие);

в) однообразный характер истечения потока при различных напорах и положениях регулировочных устройств (т. е. всегда свободное или затопленное истечение);

г) достаточная потеря напора: величина z должна быть не меньше 5 см, а затопление струи не более чем на 0,9 (при затопленном истечении через порог $\frac{H_n}{H_b} < 0,9$);

д) отсутствие переменного влияния работы соседних сооружений на тарირуемое (в отношении величины и направления подходных скоростей течения, а при подпорных сооружениях в нижнем бьефе — в отношении изменения характера истечения потока);

е) в многопролетных сооружениях — возможность работы исключительно с одинаковым положением регулировочных устройств во всех пролетах.

Таблица 4

Условия работы сооружения, условия применения	Нормы и объем тарировочных работ
---	----------------------------------

Типы тарირуемых сооружений

1. Перепады ступенчатые, консольные, щелевые

С обеспеченным свободным истечением, при различном характере порога

Тарируются для определения эмпирической зависимости между Q и $H_в$ (гидрометрический метод тарировки) при различных $H_в$, равномерно охватывающих всю амплитуду изменения напоров в верхнем бьефе (8 — 10 измерений)

Средняя относительная ошибка практического учета $\pm 3\%$

2. Глухие перегораживающие сооружения (нерегулируемые)

а) При порогах в виде стенки практического очертания (трапециoidalного, криволинейного) тарируются только при обеспеченном свободном истечении ($H \geq 0$)

б) При пороге типа „широкого“ тарируются как при свободном истечении ($H_n \geq \frac{2}{3} H_в$), так и при затопленном ($H_n \geq 2/3 H_в$)

Метод, условия и количество измерений такие же, как и при перепадах

Тарируются для определения условного коэффициента расхода m в общем расходном уравнении

$$Q = m \sqrt{H_в} \sqrt{2g\sigma_n},$$

$$\text{принимая } \sigma_n = \left(\frac{H_n}{H_в} \sqrt{1 - \frac{H_n}{H_в}} \right) : 0,385$$

Тарировка ведется при разных $H_в$ аналогично приведенному выше. Количество измерений 10 —

12. Точность учета: средняя ошибка $\pm 4 — 5\%$

3. Акведуки, лотки, облицованные участки каналов

При условии отсут-
ствия влияния на поток
в сооружении перемен-
ного подпора (см. учас-
ток руслового поста —
табл. 3, а также общие
условия водомерности)

Гидрометрический метод тарировки. Тариру-
ются при разных глубинах воды (τ) в лотке,
облицованном участке или при разных глубинах
 H_a перед входом в акведук, лоток и пр.

Количество измерений 8 — 10. Точность учета:
средняя ошибка $\pm 3 - 4\%$

4. Открытые нерегулируемые боковые сбросы, водосливы и пр.

При условиях, пере-
численных в пункте 2,
а также при условии
забора из основного по-
тока не более $1/3$ всего
расхода воды

Метод и условия тарировки — в пункте 2

5. Дюкеры и нерегулируемые трубы

При обеспеченном всег-
да затопленном истече-
нии

Тарируются для определения коэффициента рас-
хода в общей расходной формуле $Q = m\omega$
 $\sqrt{2g} \sqrt{Z}$ при различных H_a и для определения
влияния на m величины отношения $\frac{h}{H_a}$ (h — вы-
сота сечения трубы)

Тарировка производится при $\frac{h}{H_a}$ от 0,8 и ме-
нее до возможных наибольших H_a . Количество
измерений 8 — 10. Точность учета: средняя ошиб-
ка $\pm 4\%$

6. Открытые однопролетные сооружения, регулируемые щитовыми затворами (водовыпуски, перегораживающие сооружения и пр.)

В случае обеспеченно-
го свободного истечения
как из-под щита так и
при полностью поднятом
щите

При полностью поднятом щите тарируется как
нерегулируемое (см. перепады, перегораживаю-
щие сооружения)

Условия работы сооружения, условия применения	Нормы и объем тарировочных работ
При различном характере порога Для учета воды при истечении из-под щита тарируется для определения m при разных $h_{ш}$ и H_v (для установления влияния на коэффициент m относительной величины $\frac{h_{ш}}{H_v}$) в общей формуле $Q = m_v h_{ш} \sqrt{2g} \sqrt{H_v - \frac{h_{ш}}{2}}$ Тарировка ведется при $\frac{h_{ш}}{H_v}$ от 0,1 до 0,7. Число измерений 10 — 12. Точность учета: средняя ошибка $\pm 2 — 3\%$ Тарируется как нерегулируемое (п. 2 - 6) В случае затопленного истечения тарируется при полностью поднятом щите, если только порог имеет характер „широкого“ При порогах другого характера тарировка ведется для учета только в случае истечения из-под щита Объем и порядок тарировки такой же, как при свободном истечении из-под щита. По данным тарировки составляется расходное уравнение $Q = m_v h_{ш} \sqrt{2g} \sqrt{H_v - H_k}$ Точность тарировки: средняя ошибка $\pm 3 — 5\%$	

7. Открытые многопролетные, регулируемые щитами, сооружения

Общие условия — см. однопролетные сооружения (п. 6)

Для учета воды используются при возможности регулировки их одновременно во всех пролетах, устанавливая щит в каждом на одной высоте

Тарируются так же, как и однопролетные сооружения

8. Открытые однопролетные и многопролетные сооружения, регулируемые горизонтальными шандорами

Тарируются только в случае обеспеченного свободного истечения при разной высоте шандорной стенки и свободном истечении через порог при снятой стенке

При многопролетных сооружениях тарифовка ведется с соблюдением условия, отмеченного для сооружений пункта 7 (при одинаковой высоте шандорной стенки в пролетах)

При снятой шандорной стенке тарируются в объеме и порядке, установленном для нерегулируемых сооружений (пп. 1, 2)

При истечении через стенку тарифовка ведется при разной глубине переливающегося через шандору слоя воды ($H_{\text{в}}$) в пределах изменения $\frac{H_{\text{в}}}{t}$ от 2 и до $H_{\text{в}}$ — наибольшем вероятно возможном для данного сооружения (t — толщина шандоры)

Число тарифовок 10 — 12. Точность учета: средняя ошибка $\pm 3 - 5\%$

9. Трубчатые водовыпуски, регулируемые щитами

Для учета воды тарируются только при обеспеченном всегда затопленном истечении

При полностью поднятом щите тарируются в объеме и порядке, указанных для сооружений пункта 5. При истечении из-под щита тарируется при разном $h_{\text{щ}}$ и $H_{\text{в}}$, в пределах изменения $\frac{h_{\text{щ}}}{H_{\text{в}}}$ от 0,1 до 0,8

Количество измерений 10 — 12. Точность учета: средняя ошибка $\pm 3 - 4\%$

Нормальное оборудование постов с тарифованными сооружениями

1. Устройство для определения уровней воды в верхнем бьефе

Обязательно при всех случаях

Местоположение пункта учета — на расстоянии $3H_{\text{в макс.}}$ при лобовом подходе потока к сооружению и при боковом — на расстоянии 1,5 — 2 $H_{\text{в макс.}}$ вверх от входа в сооружение

Обычное оборудование — водомерная рейка, помещенная открыто или в ковше (колодце) в зависимости от характера потока (см. указания для реек руслового поста)

Условия работы сооружения, условия применения	Нормы и объем тарифовочных работ
---	----------------------------------

2. Устройство для определения уровней воды в нижнем бьефе

При затопленном истечении через порог или трубу (нерегулируемые сооружения, а также регулируемые с полностью открытым отверстием)

Размещается на расстоянии, равном 1—2 ширинам отверстия сооружения ниже выхода потока с сооружения. Тип поста такой же, как и в верхнем бьефе. Назначение поста — определение H_n

3. Устройство для определения напора перед щитом

В случае работы сооружения с истечением из-под щита

Располагается выше плоскости щита на расстоянии, равном примерно 0,25 b (b — ширина отверстия). Рейки желательно располагать в колодцах за стенками сооружения с выводом подводящей воду трубки перед щитом на указанном расстоянии. При невозможности устройства колодцев рейки укрепляют отвесно к боковым стенкам сооружения перед щитом (следует применять плоские рейки из железа). При несимметричном подходе потока к щиту рейки надо располагать с двух сторон. Рейки можно заменить фиксированными точками на стенках сооружения с определением напоров измерением расстояния от точек до уровней воды переносными рейками

4. Устройство для определения напора за щитом

При затопленном истечении из-под щита

Рейки размещаются ниже плоскости щита на расстоянии, равном примерно 0,25 b . Устройство реек аналогично указанному для реек перед щитом

5. Контрольная водомерная рейка ниже тарифованного сооружения

Устраивается в случаях необходимости учета бытовых уровней канала

Располагается ниже водобоя на участке с установившимся режимом. Устройство поста такое же, как для постов в русле (табл. 3)

6. Рейка или разметка для определения высоты подщитового отверстия

Устраивается при со-
оружениях, регулируе-
мых щитами

При вертикальных щитах рейки укрепляют
вдоль паза (желательно с двух сторон щита) в
каждом пролете. Нули реек или разметок уста-
навливают на уровне верхнего края щита при
полностью перекрытом отверстии. При сектор-
ных щитах разметка делается на самом щите, а
неподвижный указатель — на стенке сооруже-
ния. Разметка должна указывать действительную
высоту подщитового отверстия (его нижнего
края над порогом). Высоту шандорной стенки
определяют переносной рейкой (у пазов)

Общие примечания для всех устройств, служащих целям определения
глубин и напоров: 1) Ноли всех реек располагаются точно на уровне по-
рога. 2) Разметка реек должна допускать точность отсчета до 0,5 см.
3) Расположение всех пунктов учета должно точно соответствовать
пунктам определения напоров при тарифовке сооружения.

7. Репер

Устраивается во всех
случаях. Необходим для
установки и проверки
водомерных реек

Располагается в районе сооружения на рас-
стоянии, допускающем нивелировку реек с одной
стоянки инструмента

Репер можно заменить маркой на прочных
частях сооружения

8. Оборудованный створ для измерения расходов воды

Устраивается на пе-
риод тарифовок

Располагается выше или ниже тарируемого
сооружения на участке, где полностью проходит
расход воды, пропускаемый сооружением. Уча-
сток для створа выбирается по общим правилам,
указанным для русловых постов, обеспечиваю-
щих достаточную точность определения расхода
(табл. 3). При незначительной пропускной спо-
собности тарируемого сооружения рекомендуется
применять специальные водомерные сооружения
переносного типа (табл. 5)

Посты с водомерными сооружениями (нерегулируемыми)

Условия применения	Расчетные и расходные формулы, технические условия и нормы
<i>Участок расположения поста (сооружения)</i>	
Общие требования для всех видов сооружений	
1. Участок русла в месте расположения водомерного сооружения должен обеспечивать правильную его работу и возможность достаточно точного определения расхода воды. Подход воды к сооружению должен быть правильный, симметричный, без поперечного уклона и с правильным распределением скоростей течения по живому сечению	Прямолинейность на достаточном протяжении (см. нормы для отдельных типов сооружения) Правильное поперечное (симметричное) сечение русла на всем протяжении участка. Однообразный уклон на участке
2. Участок должен быть легко доступен для наблюдений, осмотра сооружения, ремонта его и пр.	Доступный и невысокий берег
3. При расположении в голове канала водомерное сооружение не должно влиять на пропускную способность головного сооружения	Водомерное сооружение располагается ниже головы на расстоянии, равном или большем длины кривой подпора, образующегося от водомерного сооружения (отметка наивысшего подпорного горизонта воды перед водомерным сооружением должна быть не выше отметки порога сооружения)
4. При головном учете между головным сооружением и водомерным сооружением не должно быть отводов, потерь воды и пр.	
5. Правильное расположение водомерного сооружения на участке	Продольная ось сооружения должна совпадать с продольной осью канала

I. Водосливы с порогом, представляющим тонкую стенку

1. Водослив Чиполетти (трапецеидальный), стандартный при $v =$ от 0,25 до 1,5 м (рис 7.)

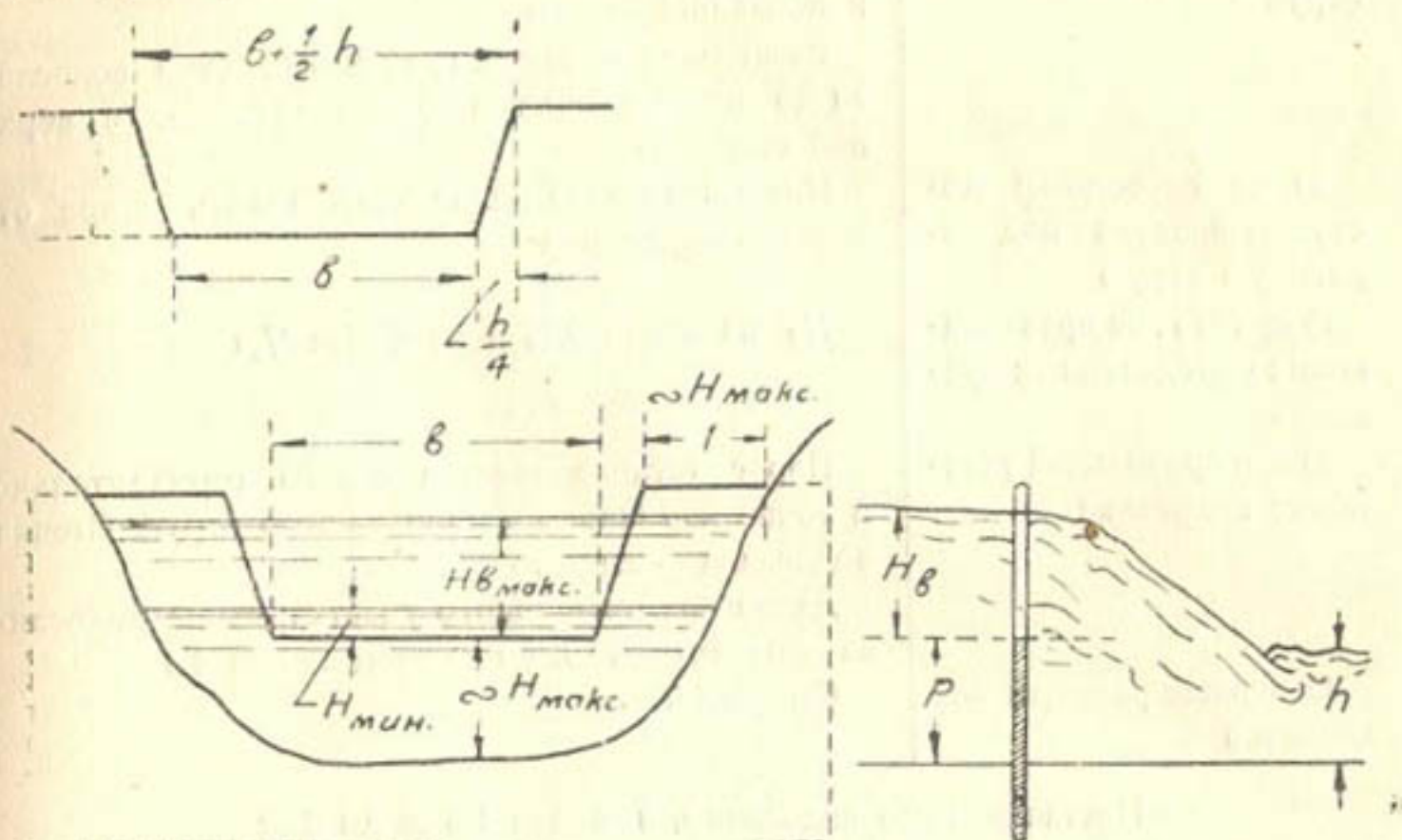


Рис. 7. Водослив Чиполетти

$H_{\max.}$ до $\frac{1}{3} v$; $H_{\min.}$ до $\frac{1}{10} v$; $h < P$; v от 0,25 до 1,5 м

Применяется:

На каналах с достаточным уклоном и запасом по высоте берегов, когда подпор, образующийся от водослива, не требует значительных работ по усилению дамб.

При отсутствии движения донных наносов, а также интенсивного заиления дна канала

При обязательном условии обеспечения работы водослива (для учета воды):

а) со свободным истечением

Пропускная способность водослива до $1,25 \text{ м}^3/\text{сек}$ ($v = 1,5 \text{ м}$).

Точность учета: средняя ошибка $\pm 2\%$

Формула расхода (не учитывающая величину подходной скорости) $Q = 1,86 v H^{3/2}$ (размеры в метрах)

Учитывающая подходную скорость $Q = 1,90 v H^{3/2}$ (при подходных скоростях не более $0,92 \sqrt{H}$).

Порог водослива устанавливается с расчетом, чтобы он был на 2—3 см выше уровня воды в канале за водосливом при $Q_{\max.}$

Условия применения	Расчетные и расходные формулы, технические условия и нормы
б) с достаточным боковым и донным сжатием струи в) со свободным доступом воздуха под падающую струю г) при H_v, не превышающих определенных пределов д) при правильной установке водослива Основные размеры водосливов	Высота порога над дном канала (перед водосливом) должна быть не менее $H_{v\text{макс.}}$ ($H_{v\text{макс.}}$ — наибольший напор) Расстояние боковых граней отверстия водослива до откосов берегов не менее $H_{v\text{макс.}}$ (с верхней стороны) Ниже водослива канал должен быть шире отверстия водослива H_v не менее 0,1 м и не более $1/3 v$ Порог устанавливается строго горизонтально и точно нормально к направлению струй. Стенка водослива — отвесно Длина прямолинейного участка: выше водослива — не менее 10 м, ниже — не менее 4 м См. рис. 7

Нестандартные водосливы, v более 1,5 м до 3 м

Применяются при обязательной индивидуальной тарифировке водослива после его установки

Остальные условия применения те же, что и для стандартных

Пропускная способность до $6 \text{ м}^3/\text{сек}$ (при $v = 3 \text{ м}$)

Тарируются при H_v от минимальных до максимальных (фактических) для определения кривой $Q = f(H)$. Количество измерений 8 — 10

Учет воды допускается в пределах изменения H_v , наблюдаемых при тарифировке

Точность учета: средняя ошибка $\pm 2 - 3\%$.

Для предварительных расчетов может применяться формула:

$$Q = 1,86 v H_v^{3/2}$$

Нормальное оборудование

Рейки для определения напора H_v . Обязательны во всех случаях

На переносных водосливах рейки укрепляют непосредственно на щите, с верхней стороны, справа и слева у боковых граней, отвесно, с нулем на уровне порога. На постоянных сооружениях — в верхнем бьефе, в колодце, на расстоянии от порога, равном $3 H_{v\text{макс.}}$

Отметка нуля рейки равна отметке порога

Разметка реек должна допускать отсчеты с точностью до 0,2 см

Условия применения	Расчетные и расходные формулы, технические условия и нормы
Водомерная рейка в канале. Устраивается при необходимости учета уровней воды в канале	Располагается ниже водослива в месте, где течение приобретает нормальный, установившийся характер (см. рейки на русловых постах)
Репер. Устраивается для проверки нулей реек при постоянном сооружении	Устанавливается в районе водослива, на расстоянии от него, допускающем нивелировку с одной стоянки инструмента

2. Водослив Томсона (треугольный), стандартный (применяется без тарировки) (рис. 8)

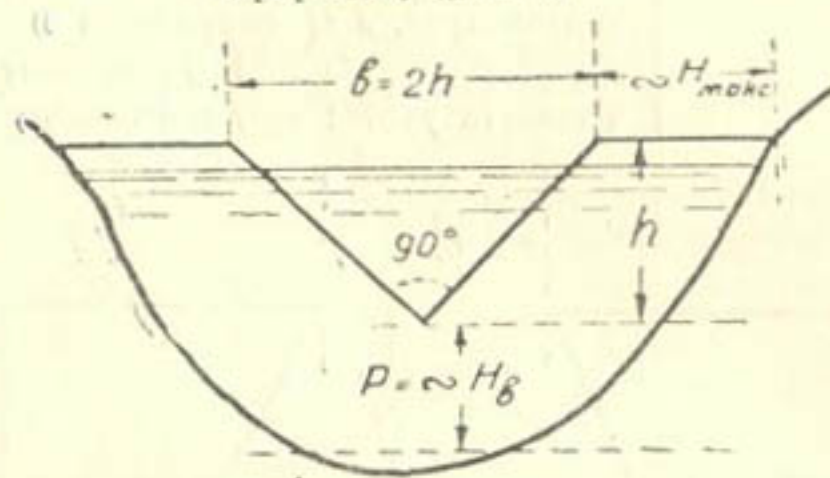


Рис. 8. Водослив Томсона

$H_{\max}$ до 30 см; H_{θ} не менее 5 см; $h < P$

Применяется для учета малых расходов (до 20 л/сек) в качестве переносного измерителя на мелкой сети и на мелких источниках (родники и пр.)

Общие частные условия применения и требования совершенно аналогичны с таковыми для малых водосливов Чиполетти

Формула для расчета и учета воды (при угле отверстия 90°)

$$Q = 1,40 H_{\theta}^{2,5} \text{ (размеры в метрах)}$$

Предельные значения H_{θ} при учете: не менее 5 см

Точность учета: средняя ошибка $\pm 2\%$

Нормальное оборудование

Рейки для определения H . Устройство обязательно

Укрепляются справа и слева отверстия на щите с верхней стороны. Нуль рейки на уровне вершины угла. Отсчеты с точностью до 0,1 см

3. Пропорциональный водослив САНИИРИ (рис. 9)

Применяется в тех же условиях, что и водослив Чиполетти

Расчет размера водослива и определение по водосливу расхода воды производятся по эмпирическим формулам, имеющим общий вид $Q = aH_v - n$, в которых значения коэффициентов a и n зависят от длины порога. Так, при длине порога =

$l = 0,25 \text{ м } Q = 1,5 H_v - 2;$
 при $l = 0,5 \text{ м } Q = 4,4 H_v - 15;$
 при $l = 0,75 \text{ м } Q = 7,84 H_v - 36,2;$
 при $l = 1,0 \text{ м } Q = 11,8 H_v - 67,8;$
 при $l = 1,25 \text{ м } Q = 16,4 H_v - 116,8$, (гд H_v берется в сантиметрах, а Q получается в литрах/секунду
 Допустимые H_v при учете — от 0,1 l до 0,4 l .
 Точность учета: средняя ошибка $\pm 3 - 4\%$

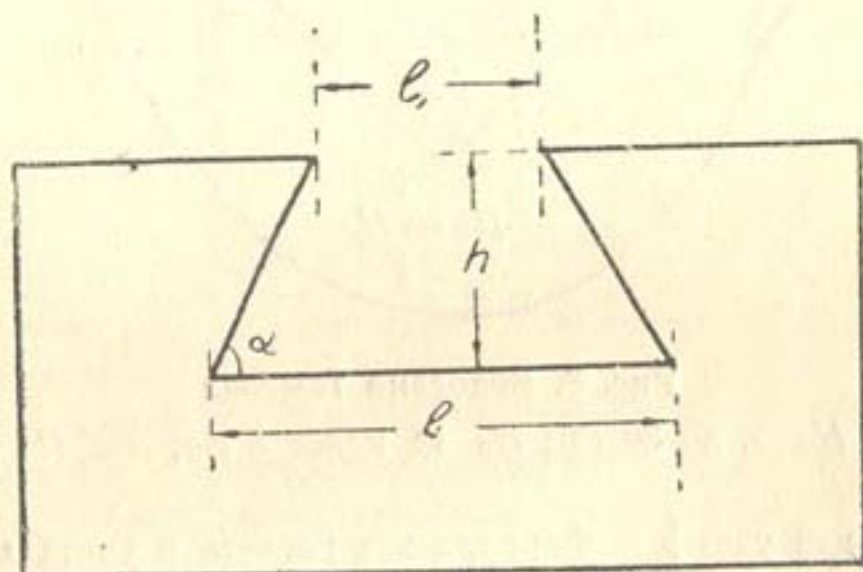


Рис. 9. Пропорциональный водослив
 $\alpha = 63,5^\circ; l_1 = 0,5 l; h = 0,5 l$

Нормальное оборудование

Точно такое же, как для постов с водосливом Чиполетти

4. Водослив Базена (для учета воды тарировки не требует) (рис. 10)

Применяется для учета воды как при свободном, так и затопленном истечении. Требования к уклонам и запасам берегов более умеренные, чем для водослива Чиполетти.

Требования относи-

Пропускная способность до 5 $\text{м}^3/\text{сек}$ (при свободном истечении и в до 2,5 м).

Формулы для расчета и учета воды:

а) для свободного истечения (горизонт воды в нижнем бьефе ниже порога, а также при горизонте воды выше порога, но при наличии отогнанной струи, что будет иметь место при z больше 0,7 высоты порога со стороны нижнего бьефа)

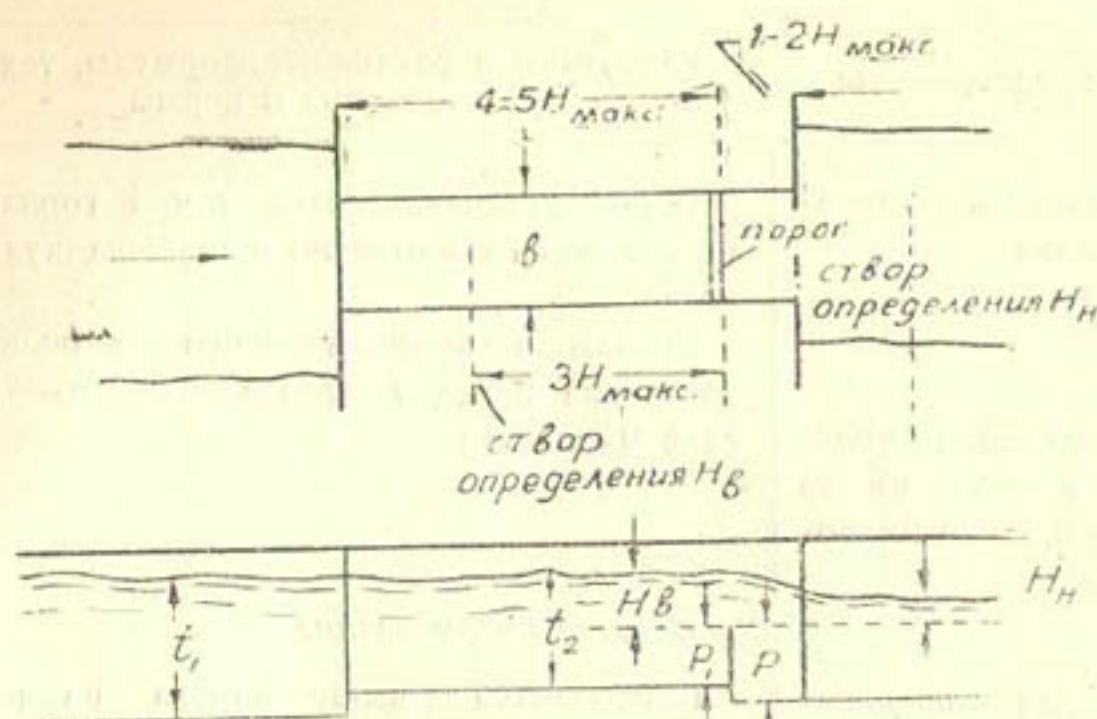


Рис. 10. Водослив Базена

P_1 не менее $H_{\max}$; b от 0,2 до 2,5 м

Условия применения	Расчетные и расходные формулы, технические условия и нормы
тельно режима взвешенных и донных наносов остаются те же, что и для водослива Чиполетти Точность учета обеспечивается при соблюдении следующих условий: а) водослив должен работать без бокового сжатия б) при выходе с водослива (порога) струя не должна расширяться в) при свободном истечении должен быть обеспечен доступ воздуха под струю г) должно быть обеспечено достаточное донное сжатие струи	$Q_{\text{св.}} = \left(0,405 + \frac{0,003}{H_b} \right) \left(1 + 0,55 \frac{H_b^2}{t_2^2} \right) b \sqrt{2g} H_b^{3/2}$ (где t_2 глубина воды перед водосливом) б) при затопленном истечении ($H_n > 0$ и при $Z < 0,7 P$) — $Q_{\text{зат}} = Q_{\text{св.}} \sigma_{\text{п}}$, где $\sigma_{\text{п.}} = 1,05 \left(1 + 0,2 \frac{H_n}{P} \right) \frac{\sqrt{H_b - H_n}}{P}$ Точность учета: $\sigma\% = \text{до } \pm 1 - 2\%$ Порог водослива помещается в лотке прямоугольного сечения шириной, равной длине порога b. Длина такого лотка (перед порогом) должна быть не менее $4-5 H_{\text{в макс.}}$ Боковые стенки лотка продолжают без расширения ниже водослива на протяжении $1-2 H_{\text{в макс.}}$ См. нормальное оборудование водослива Высота порога с верхнего бьефа (P_1) не должна быть меньше $H_{\text{в макс.}}$

Условия применения	Расчетные и расходные формулы, технические условия и нормы
д) правильная установка водослива	Порог устанавливается точно горизонтально, стенка порога — отвесно и перпендикулярно оси лотка
е) применение водосливов с длиной порога не менее 0,2 м и не более 2,5 м	Протяжение прямолинейного правильного участка канала перед лотком и ниже его — см. водослив Чиполетти

Нормальное оборудование

Рейка для определения H_v . Устанавливается во всех случаях

Рейка для определения H_n устанавливается при работе водослива с затопленной струей

Водомерная рейка в канале ниже водослива и репер — см. условия, приведенные для водослива Чиполетти

Устройство для подведения воздуха под струю. Обязательно при работе водослива со свободным истечением

Размещается выше порога на расстоянии $3 H_{v \text{ макс.}}$ и укрепляется к отвесной стенке лотка или помещается в колодце на берегу за стенкой лотка (рейки желательно иметь с двух сторон)

Размещается ниже порога на расстоянии $2 — 3 H_v$, обязательно в колодце.

Нули реек для определения H_v и H_n располагаются на уровне порога. Разметка реек должна допускать точность отсчета до 0,2 см

Обычно представляет собой металлическую трубку d равную 25 — 50 мм, расположенную за стенкой лотка одним концом выходящую через стенку под струю несколько ниже порога и другим концом — через грунт на поверхность земли

II. Водосливы практических профилей (порог в виде толстой стенки прямоугольного сечения, порог трапециoidalного сечения, порог криволинейного очертания. Боковые стенки отвесные или наклонные)

Применяются исключительно при свободном истечении ($H_n < 0$)

Общие условия применения те же, что и для водослива Чиполетти

Обязательна индивидуальная тарировка каждого водослива

Пропускная способность не ограничена. За расчетную формулу принимается:

$$Q = m_v H^{3/2} \sqrt{2g}$$

с назначением m по гидравлическим справочникам (0,4 — 0,45)

Тарировкой определяется эмпирическая зависимость между Q и H_v в порядке и объеме проведения работ согласно указаниям для тарировки гидротехнических сооружений (табл. 4)

Точность учета: средняя ошибка $\pm 2 — 4\%$

Протяжение прямоугольного участка русла с правильным сечением — см. нормы для водосливов Чиполетти

Нормальное оборудование

См. указания и нормы, приведенные для водосливов с тонкой стенкой постоянного типа при свободном истечении

III. Водомерные лотки

1. Лотки, работающие без потери напора (фиксированные русла)

Условия применения	Расчетные и расходные формулы, технические условия и нормы
Применение возможно при различных гидравлических условиях (скоростях, глубинах, движении донных и взвешенных наносов) При гарантированном отсутствии влияния переменного подпора на поток в лотке (заиление, зарастание русла ниже лотка, образование гряд от донных наносов, подпор от всякого рода подпруд и пр.) При обязательной тарировке каждого лотка Участок русла расположения лотка должен удовлетворять условиям, приведенным для участка руслового поста (табл. 3)	Пропускная способность не ограничена. Лотки представляют собой участки каналов, облицованные деревом, кирпичом, камнем, бетоном, с поперечным сечением, одинаковым с сечением русла канала Переменный подпор не должен нарушать постоянную зависимость $Q = f(H)$ (табл. 3) Тарируются для определения зависимости между Q и глубинами (H) в порядке и объеме, указанном для гидротехнических сооружений (акведуки, лотки — табл. 4) Точность учета: средняя ошибка $\pm 3 - 4\%$ Лоток (облицовка) размещается на середине участка. Длина лотка от 0,5 до $4B$ (B — ширина русла), но не менее 1 м. Относительная длина лотка уменьшается с увеличением B

Нормальное оборудование

Водомерная рейка для определения H_a . Устанавливается во всех случаях

Размещается на закрепленном участке открыто в потоке при спокойном течении и при незначительных скоростях (до 0,7 м/сек), или в колодце за стенкой лотка при значительных скоростях. В первом случае рекомендуется применять наклонные рейки (табл. 3). Отметка нуля рейки должна быть равна отметке дна канала (дна лотка)

Условия применения	Расчетные и расходные формулы, технические условия и нормы
--------------------	--

Гидрометрический створ для измерения расходов и прочее постовое оборудование. Устраивается для тарировки лотка и для последующего контроля тарировочной кривой

Правила и нормы оборудования — см. оборудование русловых постов (табл. 3)

2. Лотки, работающие с потерей напора (собственно водомерные лотки)

Применяются на каналах с устойчивым руслом при умеренном движении донных наносов

Наносы не должны создавать в районе лотка завалов, гряд и пр., могущих исказить нормальный подход потока к лотку или характер истечения с лотка

Усовершенствованные лотки Вентури-Поршалла (стандартные, не требующие тарировки) (рис. 11)

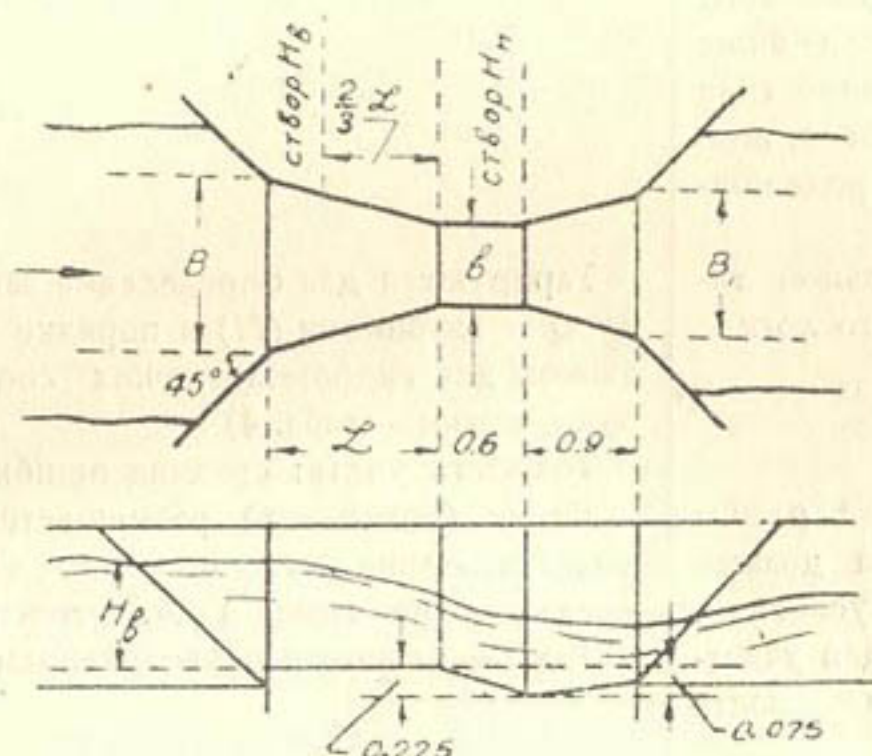


Рис. 11. Лоток Вентури-Поршалла

$$B = 1,2 \text{ в} + 0,48 \text{ м}; L = 0,5 \text{ в} + 1,2 \text{ м}; \text{в от } 0,25 \text{ до } 3 \text{ м}; B_1 = \text{в} + 0,3 \text{ м}$$

Применяются при подходных скоростях (после установки) до 1 м/сек

Учет воды может производиться как при свободном, так и при затопленном истечении

Расчет и учет воды ведутся по таблицам, составленным по формулам:

а) для свободного истечения $\left(\frac{H_n}{H_v} \leq 0,7 \right)$

$$Q_{\text{св.}} = 0,372 B \left(\frac{H_v}{0,305} \right)^{1,569} B^{0,026} \quad (\text{размеры в метрах})$$

Условия применения	Расчетные и расходные формулы, технические условия и нормы
--------------------	--

Точность учета воды лотком обеспечивается при следующих условиях: а) строгое соблюдение размеров основных частей лотка б) правильный выбор участка канала и правильная установка лотка в) плавный вход потока в сооружение	б) для затопленного ($\frac{H_K}{H_B} > 0,7$ и до $\frac{H_K}{H_B} = 0,9$) $Q_{\text{зат.}} = Q_{\text{св.}} - C, \text{ где}$ $C = \left\{ 0,07 \left[\frac{H_B}{\left\{ \left(\frac{1,8}{\kappa} \right)^{1,8} - 2,45 \right\} 0,305} \right]^{4,57-3,14 \kappa} + 0,007 \right\} B^{0,815}$ где $\kappa = \frac{H_K}{H_B}$ Допустимая ширина горловины B — от 0,25 до 3 м. Пропускная способность до 7 м³/сек (при $B = 3$ м и при свободном истечении) Нормальная точность учета: при свободном истечении $\alpha = 2-3\%$, при затопленном $\alpha = \pm 3-4\%$. Отклонение от установленных размеров не должно превосходить $\pm 0,5\%$ (размеры — рис. 11) Длина прямолинейного, с правильным руслом участка должна быть не менее восьми — десятикратной ширины канала. Лоток располагается примерно на середине участка. Пол (порог) входа должен быть строго горизонтален, а горловины и выхода — с установленным уклоном. Стенки лотка должны быть строго отвесны. Продольная ось лотка должна совпадать с осью канала Стенки (окрылки), сопрягающие лоток с откосами, устанавливаются под углом 45° по отношению оси лотка
--	---

Нормальное оборудование

Рейки для определения H_B и H_K . Для H_B обязательны во всех случаях, для H_K — при затопленном истечении

Устанавливаются в наблюдательных колодцах устраиваемых за стенками лотка. Центры отверстий, подводящих к колодцам трубок ($d = 25$ мм), располагаются точно — для верхнего колодца на расстоянии $\frac{2}{3}$ длины входной части лотка от порога, для нижнего — в конце горловины против наинизшей точки дна выходной части лотка. Рейку для определения H_B допускается устанавливать открыто, укрепляя ее отвесно к стенке лотка на указанном выше расстоянии. В этом случае рейку следует врезать в стенку заподлицо или изготавливать ее из листового железа

Нули реек располагаются точно на уровне порога. Отсчеты с точностью до 0,5 см

Рейка в канале ниже лотка и репер — см. условия, приведенные для водослива Чиполетти

Лотки Вентури с горловиной треугольного сечения (стандартные, не требующие тарировок) (рис. 12)

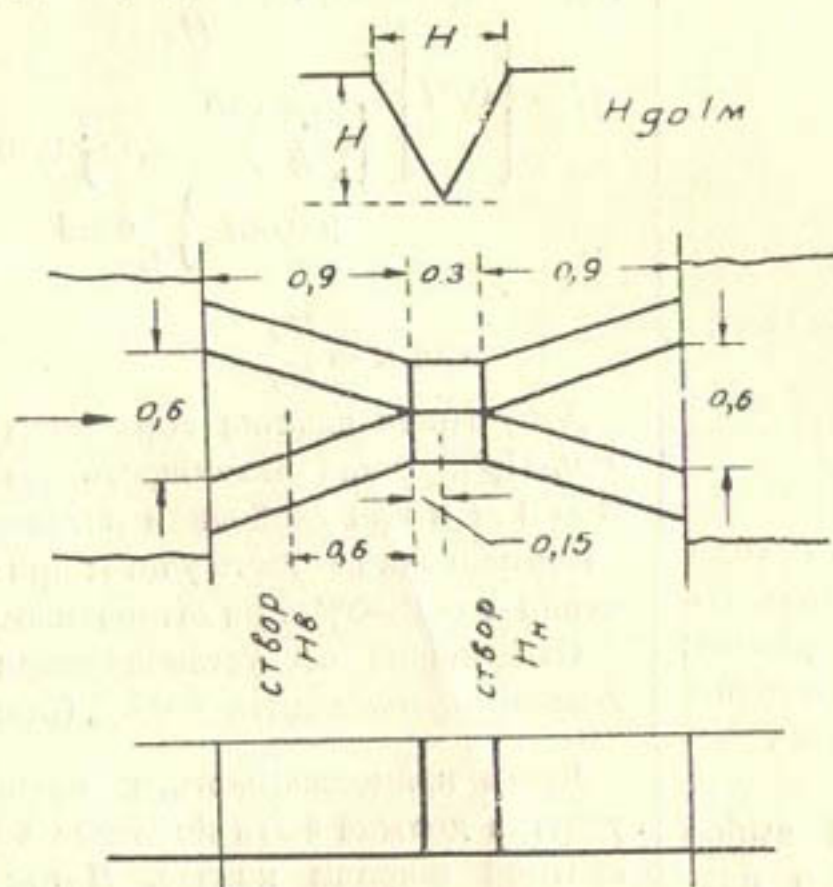


Рис. 12. Лоток Вентури с горловиной треугольного сечения

Условия применения	Расчетные и расходные формулы, технические условия и нормы
Условия применения и обеспечения точности работы лотка аналогичны приведенным для лотков Вентури-Поршалла Применяются на мелкой сети для учета расхода от 10 до 350 л/сек.	Расчетная и расходная формула (размеры в метрах): $Q = C \frac{H_z^2}{2} \sqrt{1 - \frac{\frac{2gz}{H_z^4}}{(0.8 + H_b)^2 H_b^3}} \quad \text{при}$ $C = 0.93 + (4.07 - 4.59 H_b)(3.28z - 0.164 H_b - 0.04)^2$ При предельных значениях: $Z = H_b - H_z$ не менее 3 см, H_b не более 75 см Приведенная формула применяется как для свободного, так и для затопленного истечения Точность учета — см. лоток Вентури-Поршалла Размеры лотка — рис. 12 Прочие нормы (длина участка, правила установки) такие же, как и для лотков Вентури-Поршалла

Условия применения	Расчетные и расходные формулы, технические условия и нормы
Рейки для определения H_v и H_z. Обязательны во всех случаях Репер — см. условия для водослива	Устанавливаются в наблюдательных колодцах, устраиваемых за стенками лотка. Подводящие трубки выводятся к потоку для H_v в створе выше начала горловины на 0,6 м, для H_z — в створе посередине горловины
Лоток САНИИРИ, тип С — 43 (стандартный, не требующий тарировки)	
Общие условия применения — см. лотки Вентури Применяются на мелкой сети для учета расходов до 1,2 м³/сек как при свободном, так и при затопленном истечении Условия, обеспечивающие точность учета: а) точность размеров сооружения б) правильный выбор участка канала и соблюдение правил установки лотка	Расчетные и расходные формулы: а) при свободном истечении (уровень воды в нижнем бьефе ниже порога) $Q_{\text{св.}} = \left(0,5 - \frac{0,109}{6,26 H_v + 1} \right) \sqrt{H_v} \sqrt{2g}$ (размеры в метрах) б) при затопленном истечении: $Q_{\text{зат.}} = Q_{\text{св.}} \sigma_{\text{п.}} \sigma_{\text{н.}} = 1,685 \left[1 - \frac{1}{11,7 (1 - \kappa) + 1} \right]$ при $\kappa = \frac{H_{\text{н.}}}{H_v}$ не более 0,9 и H_v — не более 1,5 в (ширины выхода) Нормальная точность учета: при свободном истечении: средняя ошибка $\pm 2 - 3\%$, при затопленном $\pm 4 - 5\%$ Отклонение в размерах не должно превосходить 0,5%. Максимально допустимый размер лотка в до 0,8 м. Высота перепада (от порога до дна нижнего бьефа) — не менее 0,5 р. Остальные размеры — рис. 13 Длина прямолинейного участка с правильным сечением должна быть не меньше 4—5-кратной ширины канала, средняя ширина русла — не менее 1,4 В (В — ширина входа). Лоток размещается примерно на середине участка. Дно лотка (порог) устанавливается строго горизонтально. Продольная ось лотка должна совпадать с осью канала

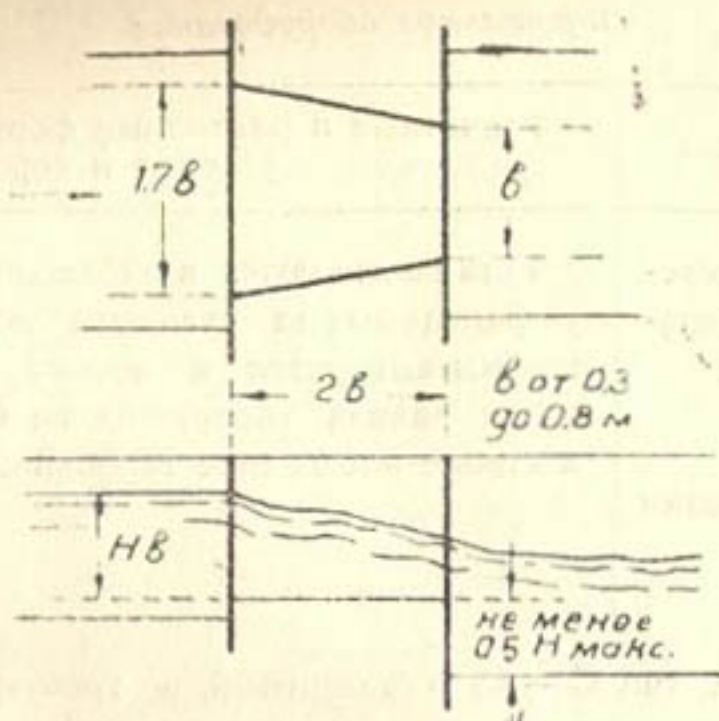


Рис. 13. Лоток С — 43

Нормальное оборудование

Условия применения	Расчетные и расходные формулы, технические условия и нормы
Рейки для определения $H_в$ и $H_к$. Установка их обязательна во всех случаях	Размещаются в наблюдательных колодцах или укрепляются отвесно к обратным стенкам лотка в верхнем и нижнем бьефах
Рейка в русле ниже лотка и репер — см. указания для водосливов	Точность разметок реек должна допускать отсчеты до 0,5 см. Нули реек располагаются на уровне порога

* Лоток САНИИРИ, тип С — 45 (тарировки не требует)

Применяется в тех же условиях, что и другие стандартные лотки для учета расходов до $1,6 \text{ м}^3/\text{сек.}$

Формулы для расчета и учета воды:

а) для свободного истечения ($\kappa = \frac{H_к}{H_в} \leq 0,65$)

При $\frac{H_в}{b}$ от 0,2 до 0,4

$$Q = \left(0,25 \frac{H_в}{b} + 0,24 \right) b H_в^{3/2} \sqrt{2g}$$

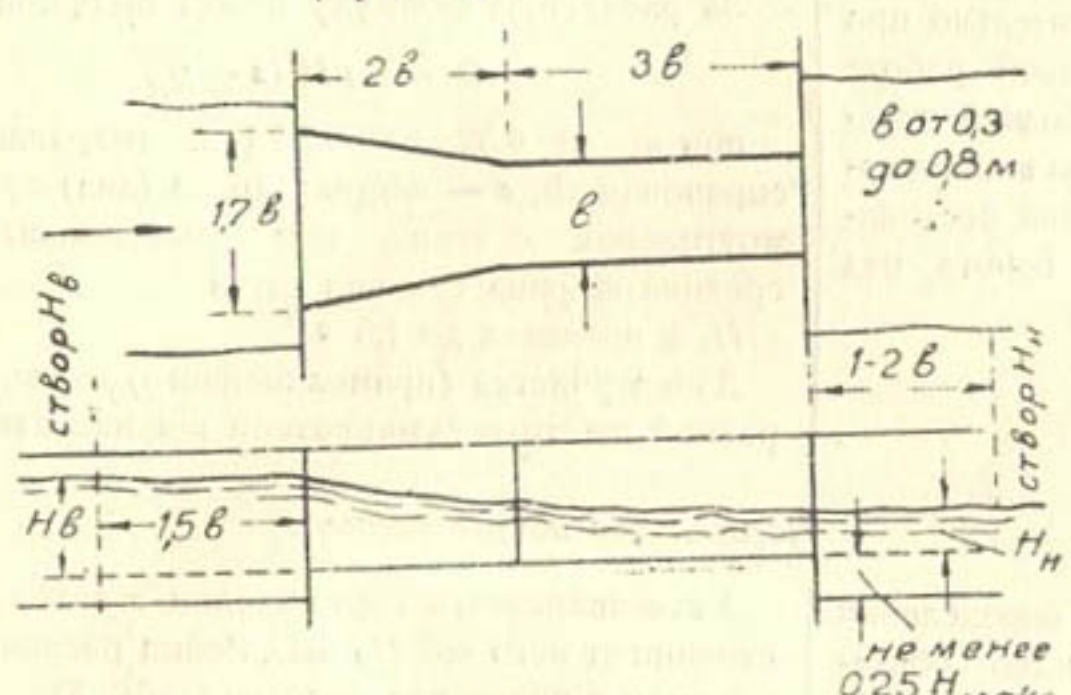
при $\frac{H_в}{b}$ от 0,4 до 2,0

$$Q = \left(0,02 \frac{H_в}{b} + 0,33 \right) b H_в^{3/2} \sqrt{2g}$$

б) для затопленного истечения:

$$Q_{\text{зат.}} = Q_{\text{св. ист.}} \text{ при } \sigma_{\text{п.}} = \frac{\kappa \sqrt{1-\kappa}}{0,395}$$

κ не более 0,9; $z = H_в - H_к$ не менее 5 см

Условия применения	Расчетные и расходные формулы, технические условия и нормы
Условия, обеспечивающие точность учета	Прямолинейный, с правильным руслом участок должен быть протяжением не менее шести-восьмикратной ширины русла. Указание о соблюдении точности размеров — см. другие лотки. Дно лотка — горизонтально. Наименьший перепад (высота порога над дном водобойного колодца нижнего бьефа) не менее $0,25 H_{в \text{ макс.}}$. Боковые стенки отвесны, дно и стенки должны быть достаточно гладкими. Основные размеры — рис. 14 
Рейка для определения $H_{в}$. Обязательна во всех случаях Рейка для определения $H_{н}$. Устанавливается при затопленном истечении Рейка в канале ниже сооружения и репер — см. условия, приведенные для других лотков.	Рис. 14. Лоток С — 45 Нормальное оборудование Устанавливается в створе перед входом в лоток на расстоянии $= 1,5 B$ (B — ширина входа) открыто в потоке или колодце (см. условия для русловых постов — табл. 3) Размещается в створе ниже выхода с лотка на расстоянии от него $1-2 b$ Рейка помещается обязательно в колодце Разметка реек ($H_{в}$ и $H_{н}$) должна допускать отсчеты с точностью до $0,5 \text{ см}$ Нули реек располагаются на уровне дна лотка (порога)

Нестандартные лотки (требующие индивидуальной тарировки)

Лотки постоянного сечения по длине, прямоугольные или трапециoidalные, с горизонтальным дном, длиной не менее $3 H_v$ макс. (типа {широкого порога})

Условия применения	Расчетные и расходные формулы, технические условия и нормы
Применяются в тех же условиях, что и стандартные лотки, но при несколько пониженном требовании к точности учета Рекомендуется применять исключительно при гарантированной работе лотка со свободным истечением и при возможности сохранения постоянной высоты порога над дном канала	Тарировка производится с целью получения для учета воды зависимости $Q = f(H_v)$. Тарируются 8 — 10 раз при разных H_v За расчетную формулу может быть принята: $Q = m v H_v^{3/2} \sqrt{2g}$ при m от 0,32 до 0,36 (см. гидравлические справочники), v — ширина лотка (дна) при прямоугольном сечении, при трапециoidalном — средняя ширина сечения лотка H_v в пределах до 1,5 v Длина участка (прямолинейного) должна быть равной шести-восьмикратной ширине канала

Нормальное оборудование

Рейка для определения H_v . Устройство обязательно во всех случаях

Устанавливается перед входом в лоток на расстоянии от него $= 3 H_v$ макс. Рейки располагаются открыто в русле или колодце (табл. 3)

Рейка в русле ниже лотка и репер — см. условия для других лотков

Отметка нуля рейки равна отметке дна лотка
Точность отсчета по рейкам до 0,5 см

IV. Водомерные насадки

Насадки типа САН ИИРИ, стандартные (тарировки не требуют) (рис. 15)

Применяются на мелкой сети, на каналах с малыми уклонами и при незначительных изменениях учитываемых расходов (не более чем в 2—2,5 раза)

Расходные формулы:

1) круглого насадка

$$Q = 3,3 d^2 \sqrt{z}$$

(d — диаметр выходного отверстия)

2) прямоугольного:

$$Q = 4,1 a v \sqrt{z}$$

(a — высота, v — ширина выходного отверстия)

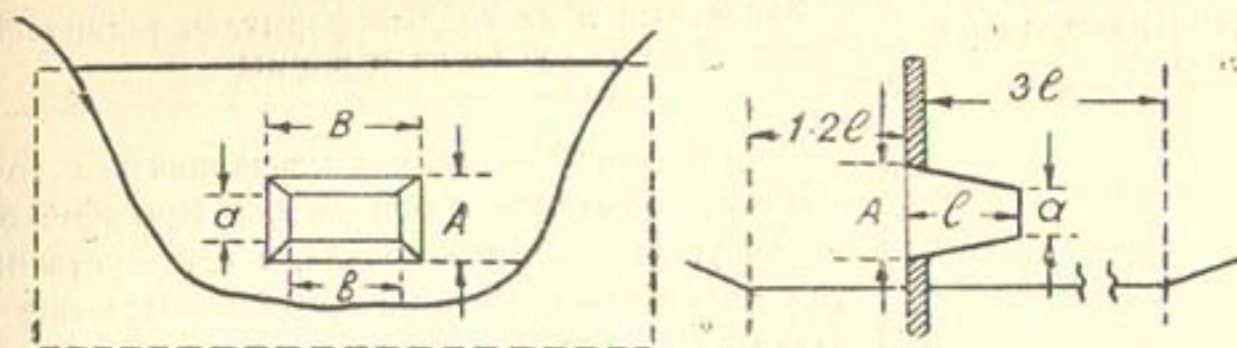


Рис. 15. Водомерные насадки

Квадратный насадок: $a = b$; $A = B = 1,92a$; $L = 2a$; a — от 0,1 до 0,4 м

Прямоугольный насадок: $a = \frac{1}{2}b$; $A = 1,9a$; $L = 3a$; a — от 0,1 до 0,35 м
 $B = b + 0,9a$

Круглый насадок: $D = 1,92a$; $L = 2a$; a — от 0,1 до 0,4 м.

Условия применения	Расчетные и расходные формулы, технические условия и нормы
Могут применяться и как переносные измерители воды Пропускная способность насадка до 0,5 м³/сек Условия, обеспечивающие работу насадка: а) истечение должно быть затопленным б) соблюдение предельных значений Z в) точное соблюдение размеров насадка, а также применение для его изготовления материалов, обеспечивающих насадок от деформации г) правильная установка насадка	3) квадратного: $Q = 4,1 a^2 \sqrt{z}$ (a — высота и ширина выходного отверстия) Уровни воды у входа и выхода насадка должны быть выше верхних граней отверстий не менее чем на 5 см Z может изменяться в пределах от 4 до 30 см Размеры насадка — рис. 15 Внутренние размеры насадка не должны отклоняться от установленных более чем на $\pm 0,5\%$ Материалы для изготовления: листовое железо, чугун, железобетон. Насадок может устраиваться в толще кирпичной кладки, бетона (с оштукатуркой внутренней поверхности) Прямолинейный участок русла должен быть протяжением, равным трех-четыре-кратной средней ширине русла (насадок устанавливается примерно на середине участка). Ширина русла не менее двойной ширины входного отверстия насадка

Условия применения	Расчетные и расходные формулы, технические условия и нормы
	Стенка (щит) насадка устанавливается точно отвесно, нормально к оси канала. При необходимости углубления дна канала, в месте установки дно следует углублять на протяжении: выше насадка на $1 - 1,5 l$ (l — длина насадка), ниже — на $3 l$, сопрягая дно выемки с дном канала откосами с уклоном не более $\frac{1}{4}$

Нормальное оборудование

Рейки для определения H_B и H_N . Обязательны при всех условиях

Прикрепляются отвесно с обеих сторон стенки (щита) насадка с нулями на одном уровне. Отсчеты с точностью до 0,1 см

Таблица 6

Водомерные водовыпуски

Условия применения	Формулы для расчета и учета воды, основные условия проектирования
--------------------	---

1. Открытый водовыпуск с водосливом Базена и с плоским вертикальным щитом (рис. 16)

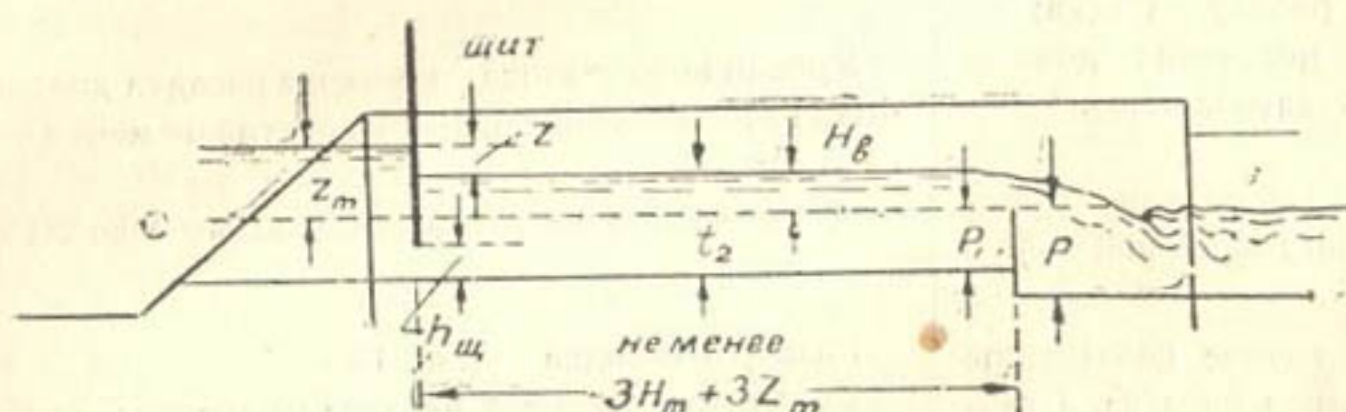


Рис. 16. Водовыпуск с водосливом Базена (в порога от 0,3 до 1 м)

Применяются при тех же гидравлических условиях, что и нерегулируемые водосливы (табл. 5)

Для армирования голов выпусков с расходами до $0,8 \text{ м}^3/\text{сек}$

Формулы для расчета и учета воды — см. нерегулируемый водослив Базена (табл. 5)

Точность учета — там же
Основные размеры — рис. 10

Условия применения	Формулы для расчета и учета, основные условия проектирования
--------------------	--

Условия обеспечения точности работы водослива такие же, как и для нерегулируемого водослива. Дополнительным условием является достаточное успокоение потока, вытекающего из-под щита при подходе его к порогу водослива

Расстояние между порогом и щитом водослива должно быть не менее $3 H_0 + 3 z$ макс. (z — действующий напор у щита)

Нормальное оборудование

Рейка для определения H_0 и H_K у водослива. Располагается и устанавливается по правилам для нерегулируемых водосливов Базена

Устройство для подведения воздуха под струю то же

Рейка в русле ниже водовыпуска. Устанавливается при необходимости наблюдения за уровнями воды в отводе

Рейка в верхнем бьефе. Устраивается на основных узлах распределения

Репер. Обязателен во всех случаях. Служит для проверки положения рек

Располагается ниже водобоя, в месте установившегося движения потока. Устанавливается открыто или в ковше (в колодце) по правилам, предусмотренным для рек руслового поста

Размещается в верхнем бьефе, в канале выше сооружения, вне влияния на поток работы водовыпусков (в отношении изменения направления струй), при наибольшем заборе воды в отвод

Устанавливается в районе сооружения в месте, допускающем нивелировку с одной стоянки инструмента. Репер может быть заменен реперной меркой на прочных частях сооружения

2. Открытый водовыпуск со щитовым затвором и водомерным лотком САНИИРИ типа С — 43 (рис. 17)

Применяется в тех же гидравлических условиях, что и нерегулируемый лоток для учета расходов до $1,4 \text{ м}^3/\text{сек}$ (ширина выхода лотка до $0,8 \text{ м}$)

Формулы для расчета и учета воды — см. нерегулируемый лоток

Основные размеры — рис. 13 и 17

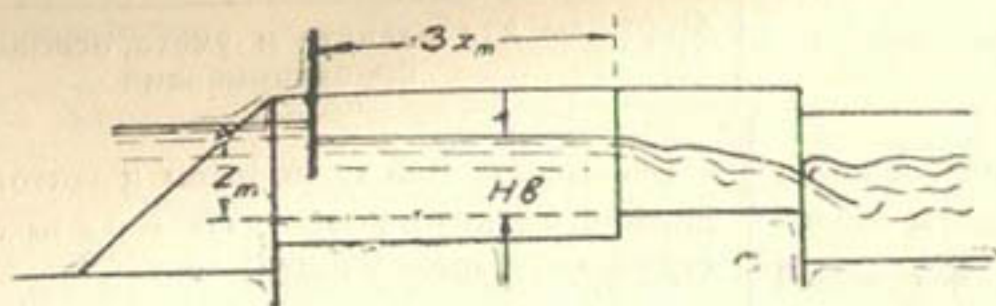


Рис. 17. Водовыпуск с лотком С — 43 (в лотка от 0,3 до 0,8 м)

Условия применения	Формулы для расчета и учета, основные условия проектирования
Условия обеспечения точности учета те же, что и для нерегулируемого лотка и дополнительно: а) достаточное расстояние между регулировочным щитом и входом в лоток б) достаточная ширина русла перед входом в лоток Рейки для определения H_B и H_K лотка, рейки в верхнем и нижнем бьефе сооружения и репер Условия и правила устройства реек и репера — см. нерегулируемый лоток, а также указания для водовыпусков с водосливом Базена	Должно быть не менее $3z_m$ (z_m наибольший напор перед щитом, определяемый как разность отметок между наибольшим горизонтом воды перед щитом и порогом лотка) Ширина сечения выпуска должна быть не менее $1,4 B$ (B — ширина входа в лоток). Между щитом и лотком сечение сооружения может быть прямоугольным или трапециoidalным <i>Нормальное оборудование</i>
3. Открытый щитовой водовыпуск с водомерным насадком (рис. 18) Применяется при армировании голов мелких выпусков и выделов с расходом до 300 л/сек в условиях, допускающих затопление насадка, и при незначительных изменениях учитываемых расходов воды	Основные формулы, точность учета и пр. — см. нерегулируемый насадок

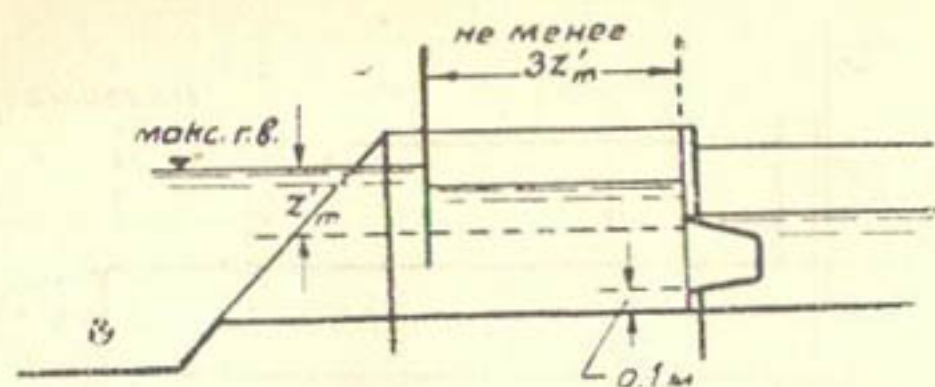


Рис. 18. Водовыпуск с насадком a (квадратное и прямоугольное сечение), d (круглое сечение) — от 0,1 до 0,25 м

Условия применения	Формулы для расчета и учета, основные условия проектирования
Условия обеспечения точности работы — см. нерегулируемые насадки и дополнительно: а) достаточное расстояние от щита до входного отверстия насадка б) достаточная ширина потока перед насадком	Не менее трех действующих напоров при истечении из-под щита $3z'_{\text{макс.}}$, принимая за z' разность в отметках наибольшего горизонта воды перед щитом и верхнего края входного отверстия насадка Не менее $1,75 B$ (B — ширина входа насадка). Лоток между щитом и насадком может быть прямоугольного или трапециoidalного сечения

Нормальное оборудование

Рейки для определения H_s и H_n насадка. Обязательны во всех случаях

Рейка в верхнем бьефе водовыпуска и репер — см. водовыпуск с водосливом Базена

При съемной установке насадка (насадок в щите) рейка укрепляется вдоль пазов щита насадка перед и за щитом. При постоянной конструкции рейки укрепляют на стенке насадка так, как это было указано для нерегулируемых насадков

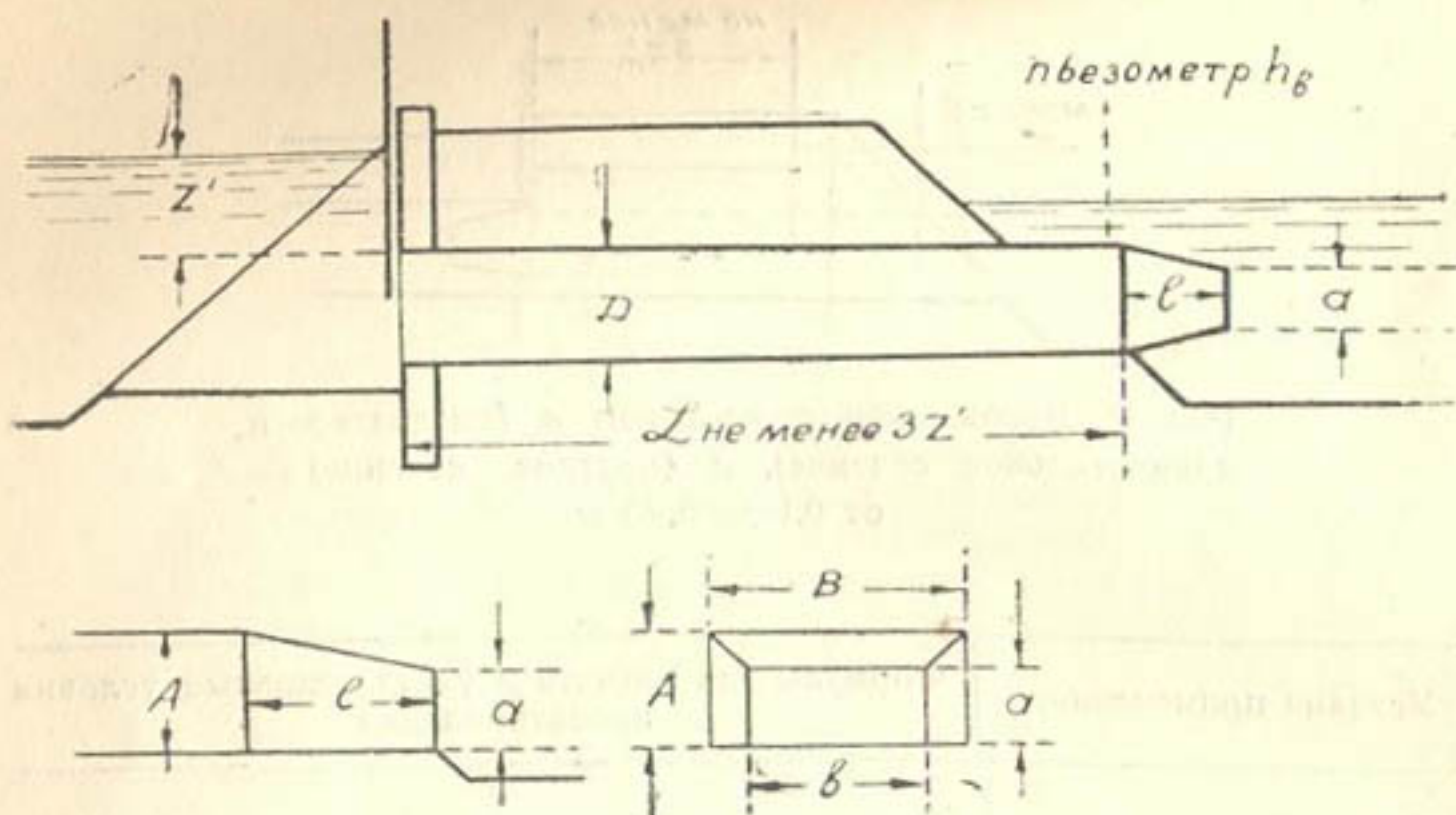


Рис. 19. Трубчатый водовыпуск с насадком

Размеры насадка прямоугольного сечения: $D = 1,5a$; $B = 2A$; $A = 1,5a$; $B = 1,5a$; $L = B = 1,5a = 3a$; a — от 0,1 до 0,3 м; круглого сечения: $D = 1,35a$; $L = D$; a — от 0,15 до 0,5 м

4. Трубчатый водовыпуск с регулировочным щитом и водомерным насадком (рис. 19).

Условия применения	Формулы для расчета и учета, основные условия проектирования
Применяется во всех случаях, когда трубчатые выпуски более рациональны, чем открытые сооружения (большая общая глубина канала, наличие дамб и пр.) Пропускная способность до 0,5 м³/сек	Формула для определения расходов воды: $Q = 0,98 \sqrt{\frac{1}{1 - \left(\frac{\omega_2}{\omega_1}\right)^2}} \omega_2 \sqrt{2gh}$ (размеры в метрах) где: ω_1 — площадь сечения трубы ω_2 — площадь выходного отверстия насадка h — разность между уровнями в пьезометре, установленном перед насадком, и воды в нижнем бьефе Отношение $\frac{\omega_2}{\omega_1}$ практически берется в пределах от 0,45 до 0,55 при длине насадка l = высоте или диаметру трубы. Стандартные размеры насадков труб прямоугольного, квадратного и круглого сечений — рис. 19. Точность учета: средняя ошибка $\pm 3-4\%$ Для предварительного гидравлического расчета выпуска можно пользоваться формулой $Q = 0,86 \omega_2 \sqrt{2gz}$, где z — разность уровней воды в бьефах сооружения

Условия применения	Формулы для расчета и учета, основные условия проектирования
--------------------	--

Условия, обеспечивающие точность учета:

а) обязательное затопление отверстий трубы (истечение под уровень)

б) точное определение (до 1 мм) уровней в пьезометрах

в) соблюдение предельных значений разности пьезометрических напоров

г) достаточная длина трубы

Затопление отверстий как входного, так и выходного, должно быть не менее 5 см

Пьезометрические трубы с выводом их в наблюдательные колодцы устанавливаются: верхняя — в конце трубы, несколько выше начала насадка (5 — 10 см) сбоку трубы, нижняя — с выводом в поток в нижнем бьефе на уровне верхнего края выходного отверстия насадка

h не менее 2 см и не более 30 см

Минимальная длина трубы должна быть не менее $3z'$ (z' — наибольший вероятный напор в верхнем бьефе над верхним краем входного отверстия трубы) и не менее 3 — 4 D

Нормальное оборудование

Наблюдательные пьезометрические колодцы с приспособлениями для отсчета уровней воды в них. Устройство их обязательно. При двухочковых трубах колодцы устраиваются для каждой трубы отдельно

Колодцы должны быть водонепроницаемы и хорошо изолированы друг от друга. Места вывода трубок — см. выше. Для определения уровней колодцы снабжаются рейками с разметкой, допускающей отсчет с точностью до 1 мм (при достаточной разности между h_v и h_n — не менее 15 см) или в колодцах устраиваются (при меньшей разности) приспособления для отсчета уровней линейкой (в виде постоянных меток на стенках колодца, установленных точно на одной отметке)

Рейка в нижнем бьефе (в отводе), рейка в верхнем бьефе и репер — см. водовыпуски с водосливом

5. Водомерный открытый выпуск со щитовым затвором (С — 45) (рис. 20).

Применяется в случаях возможности устройства открытых выпусков

Учет воды возможен как при истечении через порог при полностью поднятом щите, так и при истечении из-под щита

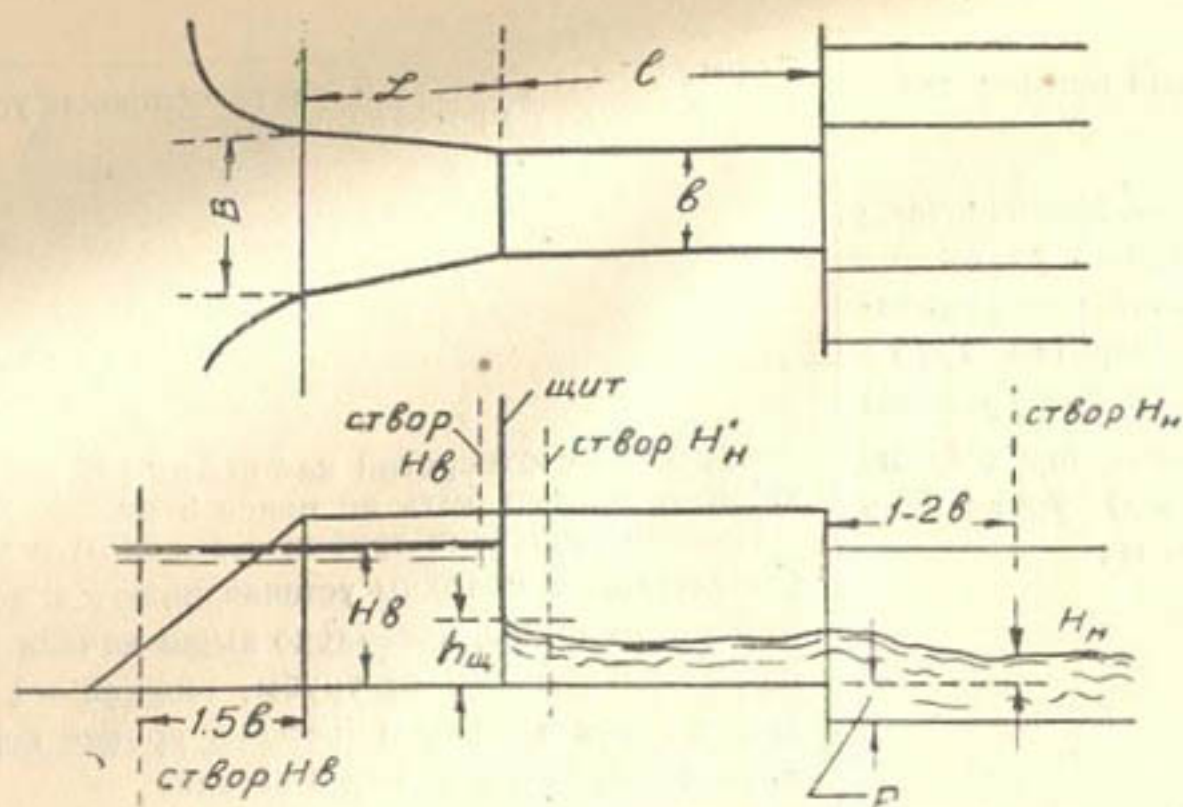


Рис. 20. Водомерный водовыпуск С—45.

$B = 1,7$ в; $L = 2$ в; $l = 3$ в; p — не менее $0,5 H_{\text{макс.}}$ (при работе без щита);
 l — от $0,3$ до $0,8$ м

Условия применения	Формулы для расчета и учета, основные условия проектирования
Работает в различных гидравлических условиях; учет воды возможен как при затопленном, так и свободном истечении Пропускная способность до $1,6 \text{ м}^3/\text{сек.}$	Формулы для расчета и учета воды: а) при свободном истечении без щита б) при затопленном истечении без щита — см. нерегулируемый лоток (табл. 5) в) при свободном истечении из-под щита $Q = \left[1,2 \left(\frac{h_{\text{ш}}}{H_b} \right)^2 \left(\frac{h_{\text{ш}}}{H_b} - 0,25 \right) + 0,635 \right] b h_{\text{ш}} \sqrt{2g} \sqrt{H_b - h_{\text{ш}}}$ г) при затопленном истечении из-под щита $Q = \left[0,62 + 0,372 \frac{h_{\text{ш}}}{H_b} \left(\frac{h_{\text{ш}}}{H_b} - 0,48 \right) \right] b h_{\text{ш}} \sqrt{2g} \sqrt{H_b - H_n} \text{ в пределах изменения } \frac{h_{\text{ш}}}{H_b} \text{ от } 0,1 \text{ до } 0,8$ Точность учета: средняя ошибка $\pm 2 - 4\%$ Основные и предельные размеры сооружения — рис. 20

Нормальное оборудование

Рейка для определения напоров в верхнем бьефе (№ 1). Устанавливается для учета H_v при работе водовыпуска при полностью поднятом щите

Рейка для определения напоров в нижнем бьефе (№ 2). Для учета H_n при работе водовыпуска без щита при затопленном истечении

Рейка для определения напора перед щитом (№ 3). Для определения H_v при истечении из-под щита

Рейка для определения напора за щитом (№ 4). Для определения при затопленном истечении из-под щита

Рейка в нижнем бьефе (в отводе) и рейка в верхнем бьефе — см. водовыпуски с водосливами
Разметка (рейка) для определения высоты подщитового отверстия

Репер — см. указания, данные для других водовыпусков

Располагается в верхнем бьефе перед входом в сооружение в створе выше входа на 1,5 в (в — ширина отверстия выпуска)

Условия затопленного истечения: $\frac{H_n}{H_v} \geq 0,65$

Рейка устанавливается в колодце в створе ниже выхода потока с лотка, на расстоянии от выхода, равном 1 — 2 в

Устанавливается в колодце, входящем в конструкцию сооружения, с выводом подводящей трубки перед щитом на расстоянии от него в 10 — 15 см. Подводящие трубки располагаются по глубине колодца через 12 — 15 см

Размещается также в колодце, входящем в конструкцию сооружения, с выводом подводящих трубок ниже щита на расстоянии от него также в 10 — 15 см. По глубине колодца трубки располагаются через 12 — 15 см.

Разметка делается вдоль пазов щитового отверстия справа и слева щита с верхней стороны. Нуль реек (разметок) располагается на уровне верхнего края щита, когда он спущен доотказа

Разметка и все перечисленные выше рейки должны допускать отсчеты с точностью до 0,5 см

IV. ГИДРОМЕТРИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ И ИЗМЕРЕНИЯ

Задачей текущих гидрометрических работ на системах является содержание в исправном рабочем состоянии гидрометрических постов и наблюдение по учету воды для оперативной работы системы.

В состав таких работ входит:

1. На русловых постах: а) установление зависимостей между расходами и горизонтами воды; б) постоянный контроль над полученной зависимостью, в целях внесения в нее уточнений и корректировок; в) срочные наблюдения на посту для определения проходящих расходов в целях учета и регулирования воды; г) периодическая проверка постового оборудования и текущий ремонт его.

2. На постах с тарифованными и водомерными сооружениями: а) тарифовка сооружения; б) срочные оперативные наблюдения; в) периодическая проверка постового оборудования и текущий его ремонт.

Таблица 7

Работы на русловых постах

Основные условия и сроки	Технические условия и нормы
1. Определение зависимости между Q и H	
Разбивка вертикалей. Производится после устройства поста	Постоянные вертикали. Намечаются по вычерченному профилю, снятому нивелировкой по вертикалям, расположенным на равном расстоянии и включающим берега и дно русла. Первоначально намечаются вертикали в точках характерного изменения дна, затем примерно при среднем горизонте воды намечают между ними промежуточные вертикали, располагая их по возможности на равном расстоянии с таким расчетом, чтобы общее число вертикалей было не менее: на естественных источниках [(реках) 8—10, на каналах с руслом в естественных грунтах 6—8, на профилированных (облицованных) — не менее 5 вертикалей. Далее, отметив положение наивысшего горизонта воды, к намеченным вертикалям дополняют вертикали на откосах берегов Вертикали закрепляют фиксированием вертикали № 1 от начальной постовой точки (табл. 3). Нумерацию вертикалей ведут от начальной точки, принимая ее за нулевую вертикаль Временные дополнительные вертикали. Назначаются во время каждого измерения расхода. К ним относятся урезные и промежуточные (между постоянными) вертикали (см. ниже — измерения расхода)

Измерение расхода воды

На естественных источниках (реках) измерения ведутся в течение круглого года, чаще при нарастании и убывании паводка и реже в период меженного режима

На ирригационных каналах:

а) на вновь открытых постах (не имеющих кривых расходов) измерения ведутся тотчас же после открытия поста для построения первоначальной кривой расхода и проводятся в возможно короткий срок

В последующем измерения должны дать дополнительные точки для уточнения кривой и корректировки ее. Эти измерения производятся периодически и сроки их зависят от устойчивости кривой зависимости $Q = f(H)$

Для средне устойчивых участков измерения ведутся примерно раз в декаду

б) на постах, работавших в предыдущие годы (имеются кривые расхода), измерения производятся ежегодно перед началом поливного сезона (после очистки и ремонта сети). Производят 2—3 измерения

Измерения должны обязательно охватывать минимальные и максимальные расходы годового периода

Число измерений: в паводковый период 4—6 раз в месяц, в межень — до 2 раз в месяц

Измерениями охватывается вся вероятная амплитуда колебания расходов

Число измерений 5—6

Сроки выполнения работ для корректировки кривой расхода определяются результатами контрольных измерений, когда расходы отклоняются от первоначальной кривой на недопустимую величину — см. раздел VI

Цель измерения — проверка кривой расхода

Норма при достаточном совпадении контрольных точек (расходов) с кривой расхода

Основные условия и сроки	Технические условия и нормы
Последующие измерения ведутся в порядке, указанном выше, или же целиком в порядке, описанном для вновь открываемых постов	При расхождении контрольных точек с кривой расхода
Измерение живого сечения	
Производится обязательно при каждом измерении расхода воды а) при оборудовании створа мостиком	Измерение заключается в промерах глубин по всем постоянным и временным (урезным) вертикалям и в определении расстояний между ними. Глубины по ширине потока измеряются последовательно перед измерением на вертикали скоростей Глубины промеряются при спокойном течении, со скоростями до 0,7 м/сек метроштоком или штангой, устанавливаемой против вертикали, простым отсчетом уровня. При больших скоростях глубины определяются разностью отсчетов по метроштоку при положении его нижнего конца на уровне воды и при упоре метроштока в дно (отсчеты делений против неподвижной точки, выбранной выше уровня воды). Точность определения глубин—до 0,01 м
б) при оборудовании поста паромом или люлькой	Расстояния между вертикалями определяются с помощью рулетки или размеченной рейки. Для определения положения уреза воды следует применять отвес. Точность определения расстояния между вертикалями — до 0,01 м Измерение производится так же, как указано выше, или с помощью гидрометрического груза — измерением длины выпущенного троса от положения поддона на поверхности воды до положения его при касании дна. Измерение осуществляется или непосредственным отсчетом метки, передвинувшейся на тросе, или отсчетом числа оборотов барабана лебедки (счетчик барабана тарируется для каждого диаметра применяемого троса). Точность измерения — до 0,01 м При значительных отбоях троса необходимо вводить поправки на его отбой и изгиб. Поправка вводится при угле отбоя более 3° (угол между отвесом и направлением троса). За действительную глубину принимают: $h = h_1 \cos \alpha$ (где h_1 — длина выпущенного троса). Угол отбоя следует измерять с помощью специального угломерного прибора с точностью до 1°

Измерение скоростей течения

Измерение скоростей по живому сечению производится гидрометрическими вертушками на всех постоянных вертикалях и дополнительно — на урезах

Урезные вертикали назначаются на предельно близком расстоянии от берега, где глубина сечения допускает свободную работу вертушки на глубине $0,6 h$ (расстояние от дна до оси вертушки при ровном дне должно быть не менее одного диаметра лопастей, при каменистом дне — до двух диаметров лопастей). При обрывистых берегах урезная вертикаль назначается на расстоянии от берега на $1,5—2$ диаметра лопастей

Основной метод измерения — двухточечный: на $0,2$ и $0,8$ глубины вертикали от поверхности воды. Ограничивать измерения в одной точке — на $0,6 h$ допускается только при малых глубинах, когда измерение на $0,8 h$ невозможно

Продолжительность наблюдений в каждой точке не менее 2 минут, с обязательной регистрацией промежуточных сигналов. Увеличение продолжительности наблюдения обязательно, если при контрольных промежуточных записях обнаруживается, что число оборотов примерно за первую минуту наблюдения отличается от второй более чем на 5% (при исправной вертушке и нормальных условиях ее работы). Точность осчетов промежуточных — $1''$, окончательных — $0,2''$.

Наблюдение за уровнями воды во время измерения расхода

Уровни воды на посту фиксируются обязательно перед началом и после окончания измерения глубин и скоростей по всему сечению, при резких изменениях уровней — перед измерением на каждой вертикали

Допустимые пределы колебания уровней при измерении расхода — до $\pm 5\%$ от средней глубины сечения. При изменении уровней больше указанной нормы измерения не производят (прекращают)

II. Наблюдение уровней на посту для учета и регулирования воды (ежедневные срочные наблюдения)

Сроки ежесуточных наблюдений на постах без автоматических приборов должны быть увязаны с планом водорас-

Основные условия и сроки	Технические условия и нормы
пределения и допускать возможность получения достаточно точных данных о суммарном стоке воды Наблюдения и фиксация уровней (расходов) производятся: а) при регулировке расходов б) в период между регулировками	Перед регулировкой и после нее (спустя некоторое время, необходимое для установления в канале постоянного режима) Наблюдения ведутся периодически от 2 до 3 раз днем, а в период поливов и ночью. Нормальное время наблюдений 7, 13, 19 и 1 час При резких суточных изменениях режима питающего систему источника, которые сказываются на режиме ирригационной сети (при неинженерном водозаборе), сроки наблюдений на постах устанавливаются на основании предварительного изучения графиков суточного колебания уровней источника Точность наблюдений уровней — до $\pm 0,01$ м (при некоторых колебаниях уровня воды у поста во время отсчета за наблюденный уровень принимается средний между наибольшим и наименьшим отсчетами по рейке). Сроки наблюдения на автоматизированных постах — см. раздел VIII. Сроки наблюдения на естественных источниках устанавливаются по инструкции УГМС

III. Проверка исправности поста и текущий ремонт

Осмотр постового оборудования

Производится регулярно: всего постового оборудования — при каждом измерении расхода, реечной установки — при каждом наблюдении уровня

Цель осмотра — обеспечение безопасности производства работ (проверяется целостность и прочность частей оборудования) и правильности измерений (проверяется правильность установки рейки и отсутствие признаков нарушения ее положения, правильность разметки вертикалей и пр.). Одновременно с проверкой принимаются меры к приведению оборудования в исправность (очистка реек от мусора, очистка канав, подводящих к ковшам, возобновление нумерации вертикалей и пр.).

Основные условия и сроки	Технические условия и нормы
Производится периодически не реже раза в месяц и дополнительно каждый раз после ремонта, чистки канала, ледохода, ледостава, а также при всех обнаруженных нарушениях в положении реек	Проверка нулей реек Проверка производится нивелировкой и заключается в определении отметки нуля рейки

Таблица 8

Работы на постах с тарифованными сооружениями

Основные условия и сроки	Технические условия и нормы
Основная тарифовка ведется при открытии поста, повторные — в случаях изменения тарифовочной зависимости, полученной при первой тарифовке: а) при переустройстве прилегающих к сооружению каналов, когда это вызывает изменение характера подхода и истечения б) при постройке на каналах новых сооружений, когда работа их может вызвать такие же результаты в) при ремонте и переустройстве самого сооружения (изменения порога и других частей, обуславливающих характер подхода или истечения, а также при изменении основных размеров сооружения — отверстия, ширины или очертания порога, отметок порог и пр.)	Тарифовка сооружения Объем работ и условия производства их — см. посты с тарифованными сооружениями (табл. 4) Каждое измерение при тарифовке заключается в измерении расхода воды, пропускаемого сооружением, и в определении напоров и положения регулировочного приспособления Расходы измеряются по общим правилам, указанным для русловых постов. Наблюдение за напорами (определение их) производится не менее 3 раз — в начале, середине и конце измерения расхода. Напоры в период измерения расхода не должны изменяться более чем на $\pm 3\%$ (от наблюдаемых в начале измерения расхода) При измерении расходов с помощью водомерных сооружений, определение по ним расхода ведется только при установившемся режиме. Расходы фиксируются непрерывно в течение всего времени определения напоров на тарифуемом сооружении Точность определения напоров и высоты подщитового отверстия (высоты шандорной стенки) не должна допускать ошибок более чем на $\pm 1\%$

Основные условия и сроки	Технические условия и нормы
Срочные наблюдения для учета и регулирования воды	
Сроки наблюдений — см. работы на русловых постах (табл. 7)	Во время наблюдения определяются и фиксируются все необходимые напоры и положения регулировочных устройств, а также показания реек в бьефах сооружения (см. оборудование постов — табл. 4) Отсчеты ведутся только при установившемся расходе (контролируется [постоянством уровней по рейкам напоров и уровней в каналах])
Проверка исправности поста и текущий ремонт	
Осмотр поста	
Производится регулярно при каждом срочном наблюдении	Цель осмотра — обеспечение правильности наблюдений, установление неисправностей и устранение их до наблюдения. Проверяется целостность частей сооружения, состояние прилегающих к сооружению участков канала (размывы, отложения наносов), правильность положения щитов (перекос их, фильтрация через щели щита или шандорной стенки), состояние облицовки порога и боковых стенок, исправность реек и наблюдательных колодцев (поступление воды в колодцы, отвесность реек и пр.)
Проверка нулей реек	
Производится периодически, не реже раза в месяц и каждый раз после ремонта реек, а также при всех обнаруженных неисправностях в установке их	Проверка осуществляется нивелировкой, с помощью которой устанавливают нули реек на уровне порога (реек напора) или определяют отметки нулей (реек в руслах)

Таблица 9

Работы на постах с водомерными сооружениями

Основные условия и сроки	Технические условия
Срочные наблюдения для учета и регулирования воды	
Сроки наблюдения — см. русловые посты	Условия производства наблюдений — см. посты с тарифованными сооружениями

Основные условия и сроки	Технические условия
--------------------------	---------------------

Проверка исправности поста

См. указания для постов с тарифованными соору жениями

При водомерных сооружениях, учет на которых ведется после предварительной тарифовки, основная тарифовка, а также повторные ведутся согласно указаниям, данным для постов с тарифованными сооружениями

V. ГИДРОМЕТРИЧЕСКИЕ ВЕРТУШКИ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ДЛЯ РАБОТЫ

Основным способом измерения расходов воды на русловых постах ирригационной сети, а также для других работ (тарифовок, проверок и пр.), является измерение с помощью гидрометрических вертушек.

Как правило, для гидрометрических работ на системах в настоящее время, при достаточной обеспеченности их вертушками, пользоваться другими, менее точными приборами (барометрами, поплавками) не разрешается.

Для эксплуатационной гидрометрии применяются почти все типы вертушек современных образцов, обладающие достаточной портативностью и не требующие громоздкого и сложного оборудования.

Вертушки

Таблица 10

Краткая характеристика конструкций	Условия применения
------------------------------------	--------------------

1. Вертушка ЗТП

Малого размера, весьма портативная, с малым шагом винтовой поверхности лопастей (быстрое вращение лопастей). Контакты и подшипники расположены открыто. Чувствительность высокая (начальная скорость 5—6 см/сек). Форма необтекаемая. Приспособлена для работы исключительно со штанги

Для измерений на небольших и неглубоких потоках с умеренными скоростями (до 1,5 м/сек) и при незначительном содержании в воде взвешенных наносов и мусора (травы, водорослей и пр.)

2. Вертушка ЛАГУ

С контактом и вращающимися деталями, заключенными в прочный закрытый корпус, допускающий, однако, проникновение воды. Общая форма обтекаемая. Вертушка достаточно портативная, несложной конструкции. Начальная скорость равна 12—15 см/сек.

Применяется в различных потоках с незначительным содержанием взвешенных наносов, при скоростях течения более 0,2 м/сек.

3. Вертушка Жестовского

Универсальная, портативная, обтекаемой формы, с высокой чувствительностью ($v_{нач.} = 5—6$ см/сек). Контакты и трущиеся детали хорошо изолированы от воды. Вертушка снабжена комплектом из двух крыльев для работы в потоках с малыми и большими скоростями

Конструкция несколько сложна и требует особого аккуратного обращения

Может применяться в различных условиях глубин, скоростей, мутности

Работа допускается только при заполненной маслом камере

4. Вертушка ИВХ (с вертикальной осью вращения)

Портативная, с хорошей чувствительностью ($v_{нач.} = 6—7$ см/сек). Общая форма допускает засорение турбинки мусором. Контактная камера закрытая. Вертушка отличается постоянством тарировочных коэффициентов

Следует применять в потоках с незначительным содержанием песчаных наносов и не засоренных мусором, водорослями и пр. Надо избегать применения при движущихся крупных донных наносах

Для правильного измерения скоростей особое внимание требуется при выборе створа измерения (в отношении течения струй нормально к створу)

5. Вертушка Бахирева с вертикальной осью вращения (турбинкой)

Отличается от вертушек ИВХ тем, что благодаря изолированному расположению подшипника, подпятника и контактов эти части не подвергаются вредному влиянию мутной воды (износу, окислению контактов)

Вертушка отличается от других типов значительно более продолжительным сроком работ без ремонта

Общая конструкция достаточно простая

Применяется в тех же условиях, что и вертушка ИВХ

Работа допускается только при залитой маслом камере

Особенностями гидрометрических вертушек, как измерительных приборов, являются сложность проверки точности их работы на местах и невозможность регулировки вертушки без тарировки. Гарантией исправности прибора может служить лишь самое аккуратное с ним обращение и соблюдение правил хранения, перевозки и работы.

Общие правила следующие:

1. Вертушку, поступившую на работу из ремонта и тарировки, ни в коем случае нельзя подвергать полной разборке, какому-либо ремонту на месте, замене частей или перестановке их из других вертушек, а также регулировке.

2. Замене частей или ремонту могут подвергаться только неответственные детали: закрепительные винты, руль и пр. Разборка же допускается лишь частичная, необходимая для чистки, осмотра деталей и замены масла в камерах. Безусловно запрещается отвинчивать контргайки, переставлять керн, подпятники, затягивать или ослаблять подшипники и другие детали, положение которых определяет трение роторной части и которые устанавливаются при тарировке приборов.

При сборке частей вертушек надо следить за соответствующими метками, которые ставятся иногда в мастерских и обозначают правильное положение отдельных деталей (стягивающих гаек, положение оси при сборке и пр.).

3. Вертушка всегда должна храниться в специальном ящике, в сухом и чистом месте и в совершенно чистом состоянии.

4. При перевозке или переноске вертушки ее следует оберегать от толчков, ударов и сотрясений. Вертушки укладывают в ящик так, чтобы даже при встряхивании укладки не замечалось движения ее частей. Для этого, кроме обеспечения исправности ящика (прижимных планок, винтов, гнезд и пр.), промежутки между частями прибора заполняют мягкой тряпкой или мятой бумагой. Переноска или перевозка вертушки, не уложенной в ящик, не допускается.

5. Вертушки с масляными камерами во всех случаях должны работать и храниться (если камеры герметичны) с камерами, наполненными маслом. Масло следует применять того же сорта, с каким производилась тарировка. Пригодными маслами для заливки камер и смазки частей являются касторовое или вазелиновое очищенные масла. Растительными маслами пользоваться запрещается. Масло в камеры наливают таким образом, чтобы оно целиком заполнило камеры и чтобы в них не оставались пузырьки воздуха. При утечке масла его обязательно дополняют, а при загрязнении или присутствии воды — заменяют чистым после промывки камеры бензином.

6. После дневной работы вертушка насухо протирается и все ее остальные части легко смазываются маслом.

Продолжительность работы вертушки без ремонта и тарировки самая разнообразная и зависит как от самой конструкции прибора, так и от условий работы (измеряемых скоростей, мутности потока и пр.) и ухода за нею. Поэтому каких-либо даже средних норм сроков ее работы нет.

Каждая вертушка должна периодически проходить профилактический ремонт, регулировку и тарировку, а при заметном износе и более полный ремонт. Периодическая регулировка и тарировка производятся, как минимум, ежегодно после окончания сезона интенсивных гидрометрических работ.

Ремонт и последующая тарировка ведутся при обнаружении у прибора:

- а) помятостей и погнутостей в лопастях (турбинке);
- б) износа (разработки) острия керна, подшипника, гнезда подпятника, при котором ось вертушки имеет боковое или продольное качение („люфт“ — обнаруживается заметным стуком при встряхивании собранной вертушки);
- в) погнутости оси вертушки;
- г) недостаточного сцепления червяка оси с контактной шестеренкой при разнообразном положении вертушки (обнаруживается вращением лопастей при нормальном, боковом и перевернутом положении тела вертушки);
- д) неравномерного или заметно тугого хода лопастей (турбинки), когда наблюдается некоторое торможение при вращении, если это не устраняется чисткой вертушки;

е) глубокой ржавчины в месте трения оси, на кернах, подпятниках, подшипниках, после очистки оставляющей раковины.

Таблица 11

Принадлежности для работы вертушкой и правила пользования и ухода за нею

Типы принадлежностей	Основные условия применения и требования к принадлежностям	Проверка исправности и правила обращения
Источники электроэнергии		
Обычно применяются батареи из элементов фабричного производства (сухие или сухо-наливные, 1,5-вольтовые)	Батареи состояются из двух элементов (при вертушках с открытыми контактами следует пользоваться одним элементом) Элементы соединяются последовательно	Каждый элемент проверяется отдельно. Проверка ведется с помощью отрегулированного звонка (см. ниже). При замыкании тока должен получаться резкий звонок. Ослабевшие элементы вовсе исключаются из батареи. Все зажимы и присоединяемые концы проводников очищаются до блеска. Элементы хранятся в прохладном месте и при работе на солнце держатся в тени. При переноске и перевозке помещать элементы в ящик вместе с вертушкой не рекомендуется, для них следует иметь отдельную укладку
Электрические звонки специального изготовления или обычные звонки, работающие от элементов	Сигнальный прибор Являются обычным сигнальным прибором при разъездной работе Применяются конструкции, позволяющие регулировку и обеспечивающие ее устойчивость	Исправность определяется с помощью проверенной батареи на короткой цепи. Регулировку ведут при обычном положении звонка во время работы при измерении. Во время работы и перевозки звонок оберегается от ударов, намокания и от случайной порчи обмотки катушек

Типы принадлежностей	Основные условия применения и требования к принадлежностям	Проверка исправности и правила обращения
Наушники — применяются обычные наушники для радио (лучше парные)	Могут применяться при всех условиях, регулировки не требуют. Более безотказны в действии, чем звонки. Для работы достаточен один элемент	Хранятся в сухом месте; при перевозке и работе следует оберегать от ударов и намокания
Провод		
Следует применять изолированные, покрытые джутовой оболочкой, пропитанной озокеритом, гибкие и многожильные провода	Применяются при исправной оболочке и целости жил	Проверяются составлением цепи с сигнальным прибором. Провода после работы следует просушивать, собирать в правильную бухту (или наматывать на катушку), не допуская петель, перегибов и пр. Хранить следует в прохладном и сухом месте
Приспособления для опускания вертушки на необходимую глубину		
Штанги — трубчатые, железные или стальные, свивающиеся из отдельных колен с разметкой длины с точностью не менее 5 см	При глубинах сечения до 3 м и скоростях течения не более: при глубине 1,5 м — 2 м/сек и при больших — 1 м/сек (при скоростях больше указанных необходимо применять оттяжки из троса)	Проверяется правильность разметки и прочность соединения колен. После работы просушиваются и обтираются промасленной ветошью. Хранятся в сухом месте
Гидрометрические грузы обтекаемой формы с рулем, устанавливающим груз в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Грузы должны иметь донный контакт	Применяются на постах, оборудованных паромом или люлькой, при различных скоростях и глубинах Вес груза при v до 1,5 м/сек — 25 кг 2,5 — 50 кг 3,5 — 80 кг	Проверяется исправность действия контакта, правильность разметки троса или показания счетчика оборотов лебедки (каждый раз при смене троса)
Опускаются на тросе лебедкой или воротом	Тросы применяются гибкие, оцинкованные, d от 4 до 6 мм. Лебедки грузоподъемностью до 0,5 т	Лебедка предохраняется от загрязнения, намокания и обмерзания (чистка, смазка частей, применение водонепроницаемых покрышек)
Обычно литые из чугуна		

VI. ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ НАБЛЮДЕНИЙ И ИЗМЕРЕНИЙ

Обработка материалов наблюдений и измерений на гидрометрических постах в отношении сроков, объема и порядка должна обеспечивать бесперебойное ведение практического учета воды для водораспределения по сети и контроля над работой сети и использованием воды.

Подобная обработка материалов заключается в подготовке всех данных, необходимых для определения расхода воды на посту при срочных наблюдениях, и в сводке данных наблюдений.

В работы первого цикла входит:

1. Для русловых постов:

а) вычисление расходов воды, измеренных на посту;

б) построение исходной (первоначальной) кривой расхода для каждого поста;

в) составление таблиц расходов;

г) исправление и уточнение кривых расходов по данным последующих измерений и внесение, на основании прокорректированной кривой, исправлений в расходные таблицы.

2. Для постов с тарифованными сооружениями и водомерами, требующими предварительных тарифовок:

а) вычисление расходов, измеренных при тарифовке;

б) построение кривых расходов или составление тарифовочных уравнений;

в) составление таблиц расходов.

3. Для постов со специальными водомерными сооружениями, не требующими предварительных тарифовок:

а) составление таблиц расходов.

Ко второму циклу обработки относятся определение суммарного стока или заменяющих их величин, средних расходов по отчетным периодам и составление сводных таблиц и графиков.

Таблица 12

Правила обработки материалов, методы, точность обработки и пр.

Метод вычисления	Формулы, приемы, точность вычисления
•	
I. Вычисление расхода воды, измеренного вертушкой, и других гидравлических элементов	
1. Вычисление скорости течения в точках вертикали	
Первоначально вычисляется для каждой измеренной точки число оборотов лопастей в одну секунду (n).	По данным полевых записей по общему числу оборотов лопастей (N) и продолжительности наблюдения (T): $n = \frac{N}{T}$
	Точность вычисления: n — до 0,01 оборота, при N — до 1 оборота и T до 0,2 сек.

Методы вычисления	Формулы, приемы, точность вычисления
Затем определяется скорость течения (v) по найденному n	Вычисляется по последнему тарировочному уравнению вертушки заменой в общем уравнении (n) найденной величиной (числа оборотов в секунду данной точки): $v = an + b$ Точность вычисления v: если по преимуществу скорости течения данного расхода в отдельных точках меньше 1 м/сек — скорости вычисляются с точностью до 0,001 м/сек, при скоростях по преимуществу больше 1 м/сек — с точностью до 0,01 м/сек

2. Определение средней скорости по отдельным вертикалям

Применяется приближенный метод [вычисления по формулам	а) при трехточечном методе измерения на вертикалях (0,2, 0,6 и 0,8 глубины от поверхности) по формуле: $v_{\text{ср}} = \frac{v_{0,2} + 2 v_{0,6} + v_{0,8}}{4}$ б) при двухточечном (0,2 и 0,8)—по формуле: $v_{\text{ср}} = \frac{v_{0,2} + v_{0,8}}{2}$ в) при одноточечном (на 0,6 м) $v_{\text{ср}} = v_{0,6}$ на поверхности $v_{\text{ср}} = 0,85 v_{\text{пов.}}$
--	---

3. Вычисление элементарного расхода (по вертикали)

Вычисляется умножением средней скорости вертикали на ее глубину: $q_n = v_{\text{ср.}} h_n$

где h_n берется с точностью до 0,01 м (при измерении глубины штангой или метроштоком фактически измеренная без поправок и с поправкой на относ груза при измерении глубины грузом на тросе — табл. 7). q_n вычисляется для всех вертикалей данного расхода с одинаковой точностью, а именно до трехзначущих цифр (при большинстве $q_n < 1 \text{ м}^2/\text{сек}$ — до 0,001 м/сек, при $q_n > 1 \text{ м}$ — до 0,01 м²/сек, при $q_n > 10 \text{ м}$ — до 0,1 м²/сек)

4. Вычисление расхода через все сечение (рис. 21)

Метод вычисления	Формулы, приемы, точность вычисления
Вычисляется как площадь эпюры изменения q_n по ширине сечения (сумма площадей трапеций, заключенных между q_n при высоте трапеций, равной расстоянию между вертикалями)	По формуле: $Q = \frac{q_1}{2} v_0 + \frac{q_1 + q_2}{2} v_1 + \frac{q_2 + q_3}{2} v_2 \dots + \frac{q_{n-1} + q_n}{2} v_{n-1} + \frac{q_n}{2} v_n$ или, при одинаковом расстоянии между вертикалями, по формуле: $Q = \frac{q_1}{2} v_0 + v \left(\frac{q_1}{2} + q_2 + q_3 \dots q_{n-1} + \frac{q_n}{2} \right) + \frac{q_n}{2} v_n$ (v_0 и v_n — расстояние от урезов воды до урезных вертикалей) Точность вычисления Q м³/сек до трехзначных цифр (при $Q < 1$ м³/сек. — до 0,001 м³/сек, Q от 1 до 10 м³/сек — до 0,01 м³/сек, при $Q > 10$ и $Q < 100$ — 0,1 м³/сек, при $Q > 100$ — до 1 м³/сек и при $Q > 1000$ м³/сек с точностью до 10 м³/сек)

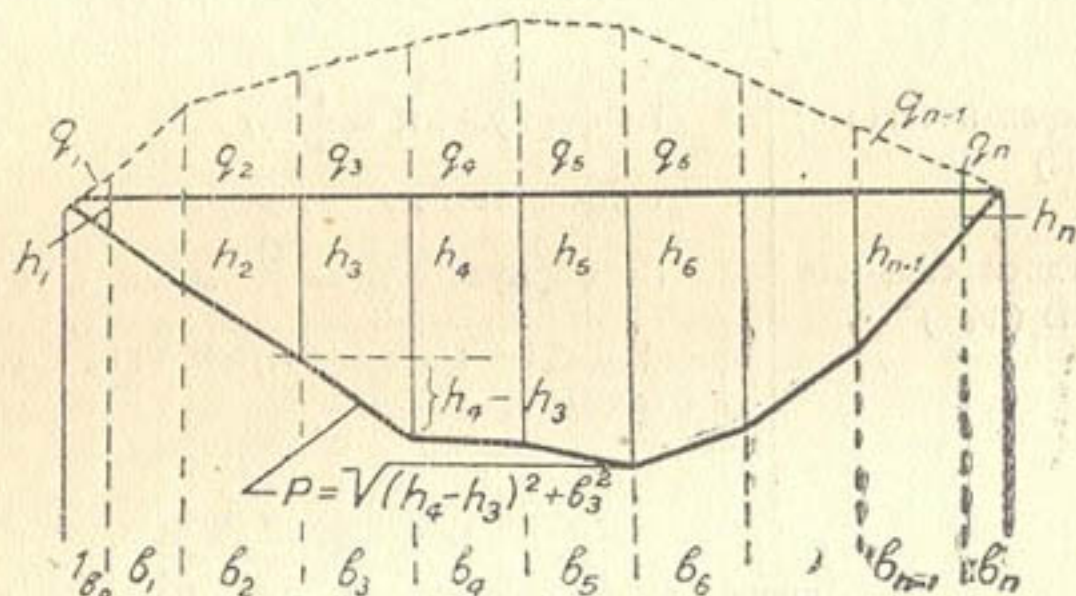


Рис. 21. Вычисление расхода воды и других элементов

5. Вычисление гидравлических элементов сечения

а) ширина потока B

Определяется как сумма расстояний между вертикалями ($B = v_0 + v_1 + v_2 \dots + v_n$)

Точность вычисления: при B до 10 м — до 0,01 м, при $B > 10$ м — до 0,1 м

б) площадь живого сечения ($F_{м^2}$) — вычисляется как сумма площадей отдельных трапеций и треугольников, составленных вертикалями, с высотой трапеции (треугольника) = расстоянию между вертикалями

в) средней глубины сечения ($T_{ср.}$)

г) смоченного периметра (P) — вычисляется как сумма прямых отрезков очертания смоченного дна

д) гидравлического радиуса (R)

е) средней скорости по сечению ($V_{ср.}$)

$$\text{По формуле } F = \frac{h_1}{2} b_0 + \frac{h_1 + h_2}{2} b_1 + \\ + \frac{h_2 + h_3}{2} b_2 + \dots + \frac{h_{n-1} + h_n}{2} b_{n-1} + \frac{h_n}{2} b_n$$

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

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

Точность вычисления — до трехзначущих цифр (аналогична точности вычисления расхода воды)

Определяется как частное от деления площади живого сечения (F) на ширину сечения (B)

$$T_{ср.} = \frac{F}{B}$$

Точность вычисления — до 0,01 м

$$\text{По формуле: } P = \sqrt{h_1^2 + b_1^2} + \\ + \sqrt{(h_2 - h_1)^2 + b_1^2} + \dots + \sqrt{h_n^2 + b_n^2}$$

Точность вычисления — до 0,01 м

$$\text{По формуле: } R = \frac{F}{P} \text{ м}$$

с точностью до 0,01 м

$$\text{По формуле } V_{ср.} = \frac{Q}{F} \text{ м/сек. с точностью:}$$

при $V_{ср.} < 1$ — до 0,001 м/сек, при $V_{ср.} > 1$ — до 0,01 м/сек.

II. Определение приведенного уровня

Приведение показаний (отсчета) рейки к нулю поста производится при всех наблюдениях уровня

Поправка (c) к наблюдаемому уровню по рейке определяется как разность отметок нуля рейки и нуля поста (графика):

$$c = a_{\text{рейки}} - a_{\text{поста}}$$

Точность вычисления — до 0,01 м

III. Определение уровня, к которому относят данный измеренный расход воды

1. При плавном изменении уровня за период измерения расхода в одну сторону (в сторону только повышения или только понижения) в пределах допустимых норм

2. При колебаниях уровней во время измерения в ту или другую сторону, но в пределах норм

Уровень, отнесенный к расходу, определяется как среднее арифметическое из уровня (приведенного), наблюдаемого перед измерением расхода, и уровня — по окончании измерения

Определяется средний взвешенный уровень по формуле:

$$H_{\text{пр.}} = \frac{q_1 H_1 + q_2 H_2 + q_3 H_3 \dots + q_{n-1} H_{n-1} + q_n H_n}{q_1 + q_2 + q_3 \dots + q_{n-1} + q_n} = \frac{\sum q H}{\sum q}$$

где $H_1, H_2, \dots, H_n$ — приведенные уровни воды перед началом измерения на каждой вертикали

V. Построение кривой расхода (рис. 22)

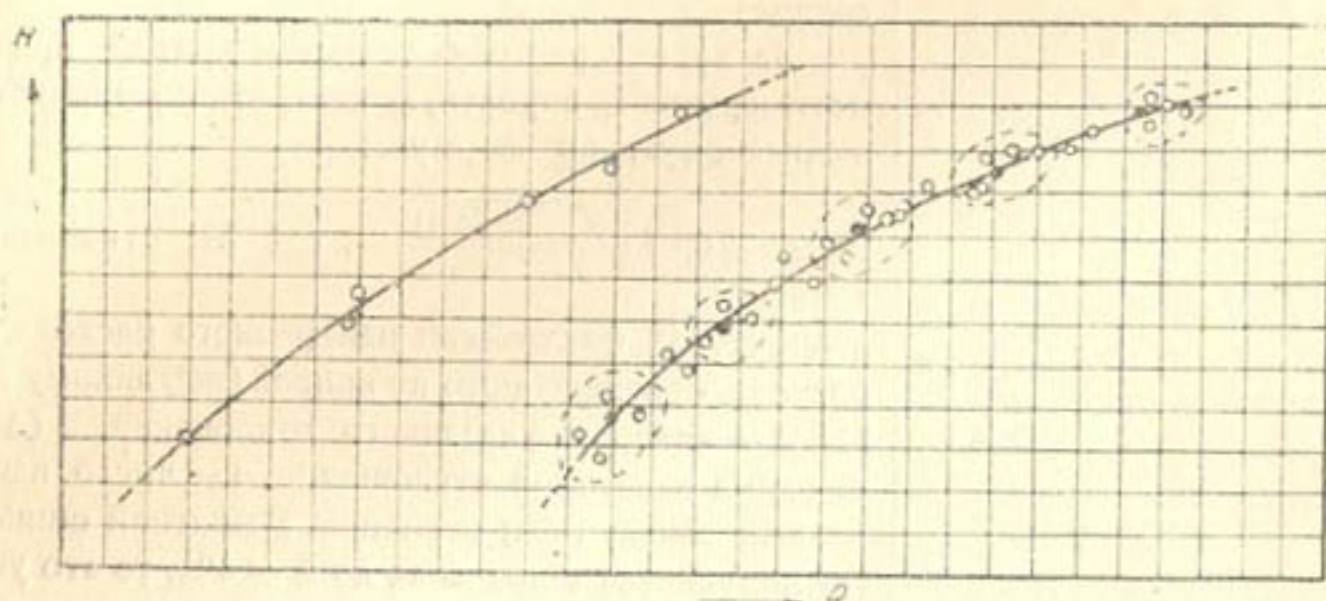


Рис. 22. Построение кривой расхода (слева — по малому числу точек, справа — по центрам групп точек)

Применяется графический метод построения кривой в прямоугольных координатах и в обычном масштабе (равномерном). Ось абсциссы — ось расходов Q , ось ординат — ось уровней

Масштаб для Q подбирается из условий:

а) длина кривой в пределах возможного колебания расходов не должна быть (в проекции на ось) менее 10 см

б) масштаб должен допускать возможность отсчета расхода с установленной точностью (см. выше — вычисление расхода):

Метод вычисления	Формулы, приемы, точность вычисления
а) при незначительном количестве точек — расходов (например, при построении исходной кривой) б) при значительном количестве точек и при некоторой разбросанности их	при отсчете с точностью до 1 л, масштаб — в 1 см не более 0,05 м³/сек; для отсчета с точностью до 10 л/сек — в 1 см не более 0,5 м³/сек до 100 л/сек — в 1 см не более 5 м³/сек и с точностью до 1 м³/сек — в 1 см не более 50 м³/сек. Масштаб для H подбирается с расчетом расположения кривой с наклоном к осям примерно под углом 45° Кривая строится на глаз по нанесенным точкам с выравниванием кривой по лекалу Кривая проводится по средним координатам 5 — 6 отдельных групп точек, равномерно распределенных по длине общего расположения их. За средние координаты групп принимают $H' = \frac{\sum H}{n} \text{ и } Q' = \frac{\sum Q}{n} \quad (n — \text{число точек в группе})$ За характеристику точности кривой принимают среднюю вероятную квадратичную ошибку, вычисляемую по формуле: $\sigma\% = \pm 0,67 \sqrt{\frac{\sum (\Delta \delta)^2}{n}}, \text{ где } \Delta \delta — \text{отклонение}$ в процентах фактически измеренного расхода от расхода, определенного по кривой (по данному H), $(\Delta \delta)^2$ — квадрат указанного отклонения, $\sum (\Delta \delta)^2$ — сумма квадратов отклонений, n — число измеренных точек. Если величина вероятной ошибки (σ) получается в пределах до 3 — 4%, то это указывает на достаточную устойчивость кривой и возможность пользования ею для практического учета воды При проведении кривой необходимо стремиться, чтобы она, при плавном очертании, действительно занимала некоторое среднее положение среди точек (или среди средних координат групп точек). Продолжение кривой в области экстраполяции (вне пределов измеренных точек) допускается, примерно, не более чем на 10% длины кривой (в пределах точек) в обе стороны

V. Составление таблиц расходов

Составляются по кривым расходов для значений H и Q в пределах вероятного колебания этих величин на посту

H берутся через интервалы, при которых изменение расхода (разность между расходами при двух соседних значениях в таблице) не превышает 5% от среднего расхода на посту

В таблицах H рекомендуется брать не приведенными к нулю поста, а в значениях, наблюдаемых на посту (с исправлением таблиц при каждом изменении нуля рейки)

VI. Уточнение кривых расхода

Производится на основании последующих измерений расходов наложением на график новых точек

Измерение положения кривой расхода производится в следующих случаях:

а) если новая точка отклоняется от кривой более чем на $\pm 5\%$

б) если две последующие точки отклоняются каждая менее чем на 5%, но отклонение это происходит в одну сторону и каждая точка отклоняется более чем на 3%

в) при отклонении последующих точек (трех и более) в одну сторону и если отклонение каждой больше 2%.

При наличии указанных оснований, положение кривой изменяется построением новой кривой, для которой срочно производят дополнительные измерения расходов на посту в количестве, достаточном для графического определения новой зависимости $Q = f(H)$

Правила построения в этом случае аналогичны таковым при построении первоначальной кривой

VII. Исправление расходных таблиц

Производится при изменении кривой зависимости и при изменении нуля поста (последнее следует осуществлять при недостаточной грамотности наблюдателя)

Правила составления таблиц такие же, как и для первоначальной таблицы

При изменении нуля поста и при достаточной квалификации наблюдателя исправление таблиц допускается ограничивать указанием поправки на уровень

VIII. Вычисление расходов, измеренных при тарировке сооружения

Методы вычислений, процесс, приемы, точность и пр. совершенно аналогичны таковым при вычислении расходов, измеренных на русловых постах

IX. Построение кривых расходов и составление расходных уравнений для тарированного сооружения

Построение кривых расходов производится при гидрометрическом методе тарировки, когда расходы зависят от одного переменного (табл. 4)

Тарировочное уравнение составляется при гидравлическом методе тарировки, требующем определения коэффициента расхода

1. Вычисление коэффициента (m) для каждого отдельного измерения

2. Определение коэффициента m , вводимого в тарировочное уравнение
а) при достаточном постоянстве m для всей серии] измерения (для данного условия работы сооружения)

б) при коэффициенте m , изменяющемся в зависимости от изменения других элементов

Правила построения кривых такие же, как и для кривых расхода на русловых постах. За независимую переменную принимают напор в верхнем бьефе, глубину сечения

Коэффициент расхода определяется по расходным формулам, приведенным для отдельных типов сооружения и условий их работы (табл. 4), подстановкой наблюдаемых величин H_a , H_n , $h_{из}$, z , Q

Точность вычисления — до 0,005

Постоянство m проверяется вычислением среднего значения коэффициента ($m_{ср}$) по выражению:

$$\frac{\sum m}{n} = m_{ср}.$$

и определением среднего отклонения отдельных m от $m_{ср}$ по формуле:

$$\alpha\% = \frac{m_{\max} - m_{\min}}{n} : m_{ср} \times 100$$

Если $\alpha\%$ не выходит из пределов $\pm 3-4\%$, за коэффициент расхода, вводимый в уравнение, принимают среднее значение m

Устанавливается зависимость m от соответствующего элемента путем графического построения кривой зависимости и последующего выражения этой зависимости уравнением

Метод вычисления	Формулы, приемы, точность вычисления
При затопленном истечении через порог (нерегулируемые сооружения и регулируемые в случае работы без щита)	В зависимости от $H_в$
Дюкеры и затопленные трубы	В зависимости от $\frac{h_{сеч.}}{H_в}$, где $h_{сеч.}$ — высота или диаметр трубы
Свободное или затопленное истечение изпод щита	В зависимости от $\frac{h_{щ.}}{H_в}$
Свободное истечение через шандорную стенку	В зависимости от $\frac{H_в}{p}$, где p — высота шандорной стенки (от порога)
3) Составление тарифовочного уравнения заключается в замене в общей расходной формуле m полученным при тарифовке m, или уравнением зависимости m (общая формула расходов — табл. 4)	Графики зависимости m строятся так же, как и кривые расходов: вертикальная ось — m, горизонтальная ось — независимая переменная Масштаб для m подбирается с расчетом возможности отсчета m с точностью до 0,005 м (в одном сантиметре 0,05), для независимой переменной — отсчета $H_в$ с точностью до 0,01 м, а относительных величин $\left(\frac{h_{щ.}}{H_в}, \frac{H_в}{p} \text{ и др.}\right)$ — с точностью до 0,005 м. Удовлетворительной (достаточно закономерной) зависимостью считается кривая, если среднее отклонение ($\sigma\%$) наблюдаемых m от m, взятых по кривой, не превосходит $\pm 3 - 4\%$, определяя σ по формуле: $\sigma = \pm 0,67 \sqrt{\frac{\sum (\Delta m)^2}{n}}$, где Δm — отклонение в процентах $m_{набл.}$ от $m_{крив.}$
	Аналитическое выражение зависимости находится решением уравнения для определения постоянных параметров искомого уравнения: а) при прямолинейной зависимости решением двух уравнений: $m_1 = ay_1 + b$ $m_2 = ay_2 + b$ для определения числовых значений a и b ($m_1 = m_{мин.}$ по кривой, $m_2 = m_{макс.}$ по кривой)

б) при криволинейной зависимости решением трех уравнений:

$$1) Ay_1^2 + By_1 + C = m_1;$$

$$2) Ay_2^2 + By_2 + C = m_2;$$

$$3) Ay_3^2 + By_3 + C = m_3$$

для определения числовых значений A , B и C (m_1 примерно = $m_{\min}$ по кривой, а y_1 — соответствующая независимая переменная; m_2 примерно = $m_{\text{ср.}}$ по кривой и y_2 — соответствующая независимая переменная; и, m_3 примерно = $m_{\max}$ по кривой и y_3 — соответствующая переменная)

Или, если квадратное уравнение не выражает достаточно точно найденную кривую (проверяется сопоставлением m , вычисленных по уравнению, с m по кривой графика), решением четырех уравнений:

$$1) Ay_1^3 + By_1^2 + Cy_1 + D = m_1;$$

$$2) Ay_2^3 + By_2^2 + Cy_2 + D = m_2;$$

$$3) Ay_3^3 + By_3^2 + Cy_3 + D = m_3;$$

$$4) Ay_4^3 + By_4^2 + Cy_4 + D = m_4$$

для определения в кубическом уравнении A , B , C и D (принимая за m_1 примерно $m_{\min}$, m_2 = $m_{\text{ниже ср.}}$, m_3 = $m_{\text{выше ср.}}$ и m_4 = $m_{\max}$ по кривой, а y_1 , y_2 , y_3 , y_4 — соответственные им значения независимой переменной)

Аналитическое выражение m считается достаточно отвечающим графической кривой m , если коэффициенты m , вычисленные по уравнению, не отклоняются от таковых, определенных по кривой, более чем на $\pm 1,0\%$

Х. Составление расходных таблиц для тарифованных и водомерных сооружений

Для случаев, когда расход воды зависит только от одной переменной

Для случаев, когда расход воды зависит от нескольких переменных

Составляются по кривой расхода или уравнению по правилам, указанным для русловых постов

Составляются с помощью соответствующего уравнения вычислением Q при разных значениях элементов, определяющих расход

Общие правила составления таблиц

1) Количество отдельных таблиц для каждого сооружения должно быть возможно меньшим.

2) Элементы, определяющие расход, по возможности должны даваться в таблицах в тех же значениях, в каких они определяются наблюдателем непосредственно при наблюдениях.

3) При составлении таблиц следует избегать определения расхода по ним на месте. Такие способы требуют дополнительных подсчетов и вычислений. При невозможности же избежать подобных подсчетов, основные таблицы надо дополнять вспомогательными, в которых даются результаты подсчетов по данным, непосредственно отсчитываемым при наблюдениях (например, определение z по H_v и H_n или $\frac{h_{ш}}{H_v}$ по $h_{ш}$ и H_v и т. д.

4) В таблицах следует приводить расходы только при тех значениях переменных величин, которые практически возможны для данного условия работы сооружения, а также при значениях, обеспечивающих достаточную практическую точность учета.

5) Интервалы между значениями переменных необходимо назначать с таким расчетом, чтобы разность расходов при двух соседних переменных составляла от среднего расхода сооружения не более 5% и была, во всяком случае, меньше, чем удвоенная возможная точность отсчета на месте (например, при точности отсчета H_v до 0,5 см интервалы между соседними H_v — не более 1 см).

6) Все практические указания для определения расхода по таблице должны быть помещены непосредственно в таблице.

7) Составление расходных таблиц для отдельных случаев работы сооружения:

а) затопленное истечение через порог или через отверстие постоянного сечения: расходы в таблицах даются для разных H_v и разных H_n .

б) свободное истечение из-под щита: для разных H_v и разных $h_{ш}$;

в) затопленное истечение из-под щита: для разных $h_{ш}$ и разных $z = H_v - H_n$, с приложением дополнительной таблицы для определения z по H_v и H_n (если z не может быть определена на месте одним отсчетом).

г) При зависимости расхода только от напора H_v или глубины H , расходы даются от указанных величин.

Примечание: При затопленном истечении из-под щита при переменном m , которое обычно практически зависит от $\frac{h_{ш}}{H_v}$, следует составлять: а) таблицу условных Q от $h_{ш}$ и z при $m = 1$; б) таблицу поправок (m) от $h_{ш}$ и H_v ;

- в) дополнительную таблицу для подсчета z по H_v и H_n и
г) дополнительную таблицу произведений Q на поправку.

XI. Определение средних горизонтов воды

1. Средних суточных ($H_{\text{сут.}}$)

Метод вычисления	Формулы, приемы, точность вычисления
При регулярных наблюдениях уровней, равномерно распределенных за суточный период	$H_{\text{сут.}}$ определяется как среднеарифметическое из всех наблюденных за сутки уровней: $H_{\text{сут.}} = \frac{H_1 + H_2 \dots + H_n}{n}$
При наблюдениях, приуроченных к моментам изменения горизонтов	$H_{\text{сут.}}$ определяется с учетом времени между отдельными наблюдениями: $H_{\text{сут.}} = \frac{H_1 \left(t_0 + \frac{t_1}{2} \right) + H_2 \left(\frac{t_1 + t_2}{2} \right) \dots \dots + H_n \left(\frac{t_{n-1}}{2} + t_n \right)}{24}$ t_0 — время от начала суток до первого наблюдения, t_1 — время в часах между первым и вторым наблюдением и т. д., t_n — время в часах от последнего наблюдения до конца суток

2. Средних за период (за пятидневку, декаду)

Определяется как среднее арифметическое из средних суточных горизонтов	$H_{\text{дек.}} = \frac{\Sigma H_{\text{сут.}}}{N}$, где N — число суток за период При пропуске наблюдения за отдельные сутки периода N принимается равным числу $H_{\text{сут.}}$. При отсутствии в отдельные сутки воды за N принимается полное число суток в периоде
--	---

3. Средних за месяц, год и другие периоды

Определяется как среднее арифметическое из средних за периоды (декаду, пятидневку)	Например: $H_{\text{мес.}} = \frac{\Sigma H_{\text{дек.}}}{3}; H_{\text{год.}} = \frac{\Sigma H_{\text{мес.}}}{12}$
--	--

XII. Определение средних расходов воды

1. Среднего суточного
а) обычный способ
(упрощенный)

б) уточненный — как
средний арифметический
из расходов по срочным
наблюдениям

По кривой расхода по значению $H_{\text{сут.}}$

По формулам, аналогичным для определения
 $H_{\text{сут.}}$, (см. выше)

2. Среднего за период

Определяется как сред-
ний арифметический из
среднесуточных рас-
ходов для средних рас-
ходов за пятидневку
или декаду и как сред-
ний из пятидневных или
декадных расходов —
для более продолжитель-
ных периодов

Аналогично указаниям для определения сред-
них уровней за период

XIII. Определение суммарного стока воды

а) за сутки или за пе-
риод до декады включи-
тельно

Определяется путем умножения среднего рас-
хода за период на число секунд в периоде:

$$\text{сток за сутки} = Q_{\text{сут.}} \times 86400 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

$$\text{„ декаду} = Q_{\text{дек.}} \times 86400 \times 10 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

б) За период больше
декады

Определяется путем суммирования декадных
стоков с нарастающим итогом. Сток обычно вы-
ражается в тысячах $\text{м}^3/\text{сек.}$ с точностью до 0,1
тысячи

XIV. Составление графиков колебания уровня и расходов

Составляются по сред-
ним суточным или по
средним за периоды
значениям H и Q

Графики колебаний уровней и расходов обыч-
но совмещаются на одном чертеже (на миллимет-
ровке). H или Q откладываются по вертикальной
оси, время — по горизонтальной. Масштаб гра-
фика произвольный, но достаточный для отсчета
величин с необходимой точностью. Кривая ко-
лебания средних суточных уровней изображает-
ся ломаной линией, соединяющей точки $H_{\text{сут.}}$,
нанесенные против середины суточного отрезка.
Кривые колебаний $H_{\text{дек.}}$, $Q_{\text{сут.}}$, $Q_{\text{дек.}}$ изображают-
ся ступенчатой кривой прямыми отрезками,
обозначающими среднее значение указанных ве-
личин за период, параллельными оси времени

VII. ДОКУМЕНТАЦИЯ ПОЛЕВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ И ИЗМЕРЕНИЙ

К основным документам по гидрометрическим работам, перечисленным в настоящем справочнике, относятся документы, устанавливающие все необходимые сведения по гидрометрическим постам (местоположение, тип и характер оборудования, условия работы поста и пр.), и документы, фиксирующие данные срочных наблюдений, измерений и результаты их.

Таблица 13

Перечень документов и правила их составления

Наименование документа	№ форм	Кем составляется	Примечание
Фиксация размещения постов и технического их состояния			
1. Техническая карточка поста	I	Участковым гидрометром	Составляется на каждый пост после его оборудования и дополняется по мере поступления данных
2. Техническая карточка гидрометрического участка	II	То же	Составляется на группу постов, входящих в состав участка, обслуживаемого работником, производящим наблюдение, регулирование и работу по содержанию поста

Запись срочных ежедневных наблюдений на посту

3. Полевая книжка гидрометрических наблюдений	IV	Лицом, ведущим срочные наблюдения	Сведения заносятся тотчас же на месте наблюдений
---	----	-----------------------------------	--

Запись данных измерения расхода и предварительного подсчета

4. Бланк измерения расхода воды вертушкой	III	Производящим измерение	Данные измерения вносятся на месте во время работ. Вычисление расхода обязательно проверяется другим лицом
---	-----	------------------------	--

Наименование документов	№№ форм	Кем составляется	Примечание
-------------------------	---------	------------------	------------

Сводка данных по измеренным на посту расходам

5. Ведомость измеренных расходов	V	Лицом, ведущим работу по построению кривых расхода	Заполняется постепенно по мере измерения расходов
----------------------------------	---	--	---

Сводка данных тарировки сооружения

6. Ведомость тарировки	VI	Лицом, проводившим тарировку	Заполняется при тарировке и после обработки материалов тарировки
------------------------	----	------------------------------	--

Фиксация данных по проверке поста и текущих работ по содержанию поста

7. Ведомость работ по проверке и содержанию поста	II	Участковым гидрометром	Заполняется по мере выполнения работ
---	----	------------------------	--------------------------------------

Правильно составленным считается документ, закрепленный подписями лиц, ответственных за его составление, и лиц, проверявших документ.

Полевые записи ведутся обыкновенным карандашом и должны быть четкими. Исправлять записи можно, только перечеркнув их и надписав над ними правильные данные. Не допускаются исправления путем подчистки, исправления цифр и т. п.

VIII. ПРАВИЛА И УСЛОВИЯ РАБОТ НА ПОСТАХ С АВТОМАТИЧЕСКОЙ АППАРАТУРОЙ

Изложенные выше условия и нормы производства гидрометрических работ предусматривают исключительно посты, на которых наблюдения не автоматизированы. Автоматизация же гидрометрических работ (наблюдений и связи постов с пунктами управления водой) является безусловно обязательной для каждой системы и должна проводиться в порядке технического усовершенствования средств учета и общего улучшения учета воды.

Дополнительные указания об установке автоматической аппаратуры, о правилах эксплуатации ее и производстве наблюдений следующие:

А. Оборудование автоматических установок

Каждая автоматическая установка на посту, как для фиксации уровней и расходов (лимниграфы, расходографы, счетчики стока), так и для связи (дальнепередатчики) должна иметь соответствующее оборудование, обеспечивающее приборам нормальную работу, достаточную точность, предохраняющее аппаратуру от быстрого износа и случайной порчи, а также допускающее удобную работу по монтажу приборов, их проверке, осмотру и пр. К такому оборудованию относятся специальные колодцы с будками для размещения приборов (рис. 23).

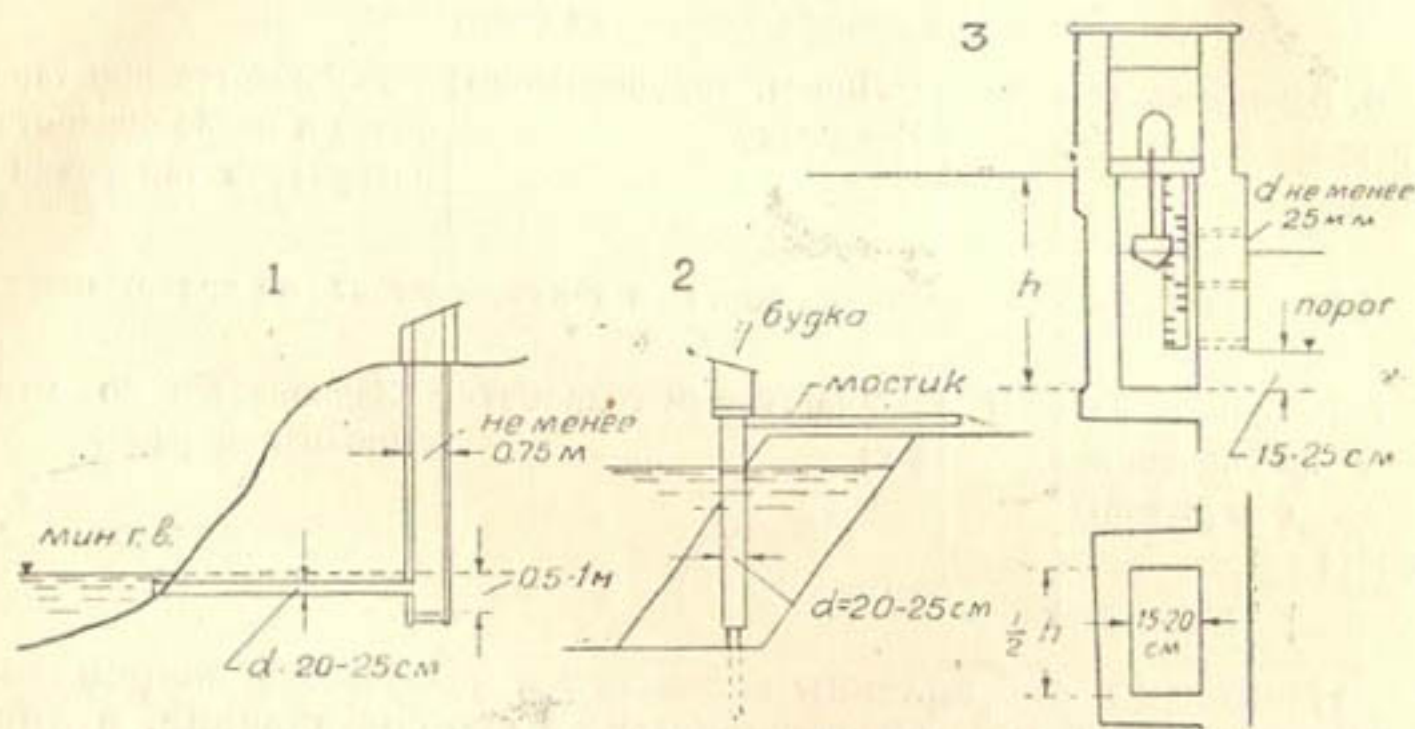


Рис. 23. Схема установок для автоматических приборов

1 — береговой колодец; 2 — колодец в потоке; 3 — колодец на сооружении

Оборудование автоматических установок

Таблица 14

Основные условия, определяющие тип и конструкцию оборудования	Размеры, нормы устройства и пр.
---	---------------------------------

1. Колодцы

а) крупные русловые гидрометрические посты (на реках, магистралях) при оборудовании их лимниграфами, расходографами, счетчиками, дальнепередатчиками

Устраиваются на берегу на участке поста в месте, обеспеченном от обвала берега, завала его наносами, затопления водой и пр., по возможности на достаточно крутом, но сравнительно невысоком берегу. Глубина дна колодца — примерно на 0,5—1 м ниже наивысшего уровня воды. Поперечные размеры сечения колодца — диаметр (или сторона квадрата) не менее 0,75 м. Колодцы устраиваются строго вертикально, с облицовкой стенок и дна прочным материалом. Обязательное оборудование — спусковые скобы.

б) на постах, расположенных на участках с умеренными скоростями течения (до 1 м/сек)

в) на постах с водомерными сооружениями

Колодцы могут устраиваться открыто в потоке (лучше в заводях или в ковше). При таком устройстве колодцем служит укрепленная на сваях вертикальная труба, погруженная в воду до наименьшего уровня. Диаметр трубы около 20—25 см (должен быть достаточным для помещения поплавка). Трубы применяются железные, чугунные, асбо-цементные и деревянные. Обязательное оборудование — мостики для подхода к трубе

Колодцы при новом строительстве следует включать в конструкцию сооружения и устраивать их из того же материала, из которого строится само сооружение. Колодцы располагаются в створах наблюдения напоров (см. нормальное оборудование — табл. 4, 5 и 6)

При дооборудовании сооружения, колодцы устраиваются в наиболее удобных местах (на берегу, за стенками сооружения) с расчетом обеспечения нормальной прочности частей сооружения, облицовок, одежд и пр. Глубина колодца — на 15—25 см ниже порога сооружения. Поперечное сечение колодца должно быть достаточным для размещения поплавка и удобного отсчета по рейкам, установленным в колодце (для контроля). Нормальные размеры колодца: ширина 20 см, длина 0,5 глубины колодца

2. Подводящие трубы (к колодцу)

а) при береговых глубоких колодцах на постах естественных источников

Трубы укладываются горизонтально на уровне наименьшего горизонта воды (несколько ниже), нормально к оси потока. [Входное отверстие трубы закрывают съемной крышкой, в которой устраивается отверстие для поступления воды в трубу. Общая площадь этих отверстий не должна быть больше $\frac{1}{100}$ площади поперечного сечения колодца (плоскость крышки должна быть установлена параллельно направлению берегового течения). Диаметр трубы 20—25 см. Применяются трубы бетонные, чугунные, железные, асбо-цементные, деревянные. Для облегчения ремонта трубы ее следует устраивать из отдельных колен

Основные условия,
определяющие тип и кон-
струкцию оборудования

Размеры, нормы устройства и пр.

б) при колодцах, пред-
ставляющих собой вер-
тикальную трубу в по-
токе

Подводящая труба не устраивается. Для по-
ступления воды в трубу делают отверстия вдоль
стенки колодца, на стороне, расположенной па-
раллельно направлению течения (при трубах
квадратного сечения). При трубах круглого се-
чения плоскость отверстий располагается парал-
лельно течению. Площадь отверстий не должна
превосходить $\frac{1}{100}$ площади поперечного сечения
трубы (колодца)

в) при колодцах на
сооружениях

Подводящие трубы располагаются примерно на
уровне порога сооружения. Ось трубы распола-
гается горизонтально и нормально к потоку (при
невозможности расположения всей трубы нор-
мально к струям потока, нормально им должна
быть направлена ось входной части трубы на
протяжении 15 — 20 см). Площадь сечения тру-
бы — не более $\frac{1}{100}$ площади сечения колодца,
но не менее $d = 25$ мм. Применяются обычные
железные водопроводные трубы

3. Будка

Устраивается во всех
случаях

Внутренний размер ее должен обеспечивать
удобное расположение прибора, возможность за-
вода часового механизма, смену лент и пр., не
снимая прибора. Будка должна защищать при-
бор от атмосферных осадков, от пыли, быть
достаточно прочной, гарантировать прибор от
злоумышленной и случайной порчи, иметь откид-
ную съемную крышку или дверцу для доступа к
прибору и обеспечивать вентиляцию воздуха в
будке. Будки делаются из дерева, кирпича, бе-
тона, железо-бетона.

4. Водомерные контрольные рейки

Устраиваются обяза-
тельно при всех уста-
новках для проверки
показаний прибора и ус-
тановки регистрирующих
деталей его в правиль-
ное положение;

Устанавливаются как
обычные водомерные
рейки (табл. 3, 4, 5 и 6)

Производство наблюдений

Сроки наблюдений на постах с автоматической регистрацией (уровней, расходов, стока) устанавливаются из расчета своевременного получения данных для регулирования воды, но не реже раза в сутки. Наблюдения состоят из снятия показаний прибора, отсчета по контрольным рейкам и отметки на ленте (при графической регистрации) против положения пера в момент наблюдения показания контрольной рейки и времени наблюдения (в часах и минутах).

На постах с автоматической передачей показаний в пункты управления (дальнепередатчики) непосредственные наблюдения производятся только с целью проверки правильности работы прибора, а потому сроки наблюдения устанавливаются в зависимости от степени обеспеченности исправной работы прибора.

Содержание приборов и оборудования и уход за ними

Исправное функционирование автоматических приборов обеспечивается систематическим наблюдением за их работой и за состоянием оборудования, своевременной регулировкой приборов, устранением неисправностей и соблюдением правил обращения с приборами.

При каждом посещении поста наблюдатель должен до начала работы:

1. Проверить состояние установки в отношении свободного поступления воды в колодец и свободного движения поплавка и правильности его погружения.
2. Проверить ход регистрирующего приспособления и обеспеченность его краской (карандашом) для вычерчивания графика.
3. Отрегулировать работу пишущего приспособления (нормальный нажим на ленту).
4. Своевременно завести часовой механизм.
5. Своевременно заменить ленту.
6. Устранить все неполадки, если это не вызывает необходимости снятия прибора.

Наблюдатель не имеет права:

1. Переставлять или снимать прибор во время наблюдения.
 2. Регулировать ход часового механизма.
 3. Регулировать работу деталей (кроме регулировки пишущего приспособления).
 4. Без особого разрешения техника снимать или заменять поплавковый тросс и поплавок, укорачивать или удлинять тросс.
- Установка прибора может производиться только техником (гидрометром), дальнепередатчика же, использующего электро-ток для передачи по сети, — лишь электромонтером, а при использовании радио — радиотехником.

Ремонт приборов на месте разрешается производить только механикам соответствующей квалификации.

Обработка показаний автоматических постов.

Обработка автоматических записей в основном заключается в обработке лимниграммы (или расходограммы) с целью определения средних значений H и Q или суммарного стока.

Таблица 15

Правила и приемы обработки лимниграммы

Основные условия	Правила и приемы обработки
Определение по лимниграмме $H_{\text{сут.}}$	
При плавном очертании кривой (постепенный подъем или спад)	$H_{\text{сут.}}$ определяется как среднеарифметический из горизонтов, взятых по лимниграмме через равные промежутки времени $H_{\text{сут.}} = \frac{H_0 + H_1 + H_2 + \dots + H_n}{n + 1},$ где H_0 и H_n горизонты воды в 0 и 24 часа, n — число промежутков
При резких изменениях горизонтов воды	$H_{\text{сут.}}$ определяется: 1) Планиметрированием площади, заключенной между кривой горизонтов, нулевой линией бланка и ординатами в начале и в конце суток. Площадь определяется в квадратных сантиметрах, которую делят на длину абсциссы суток (в сантиметрах). Полученная средняя ордината в сантиметрах переводится по масштабу горизонтов в величину $H_{\text{сут.}}$ 2) Аналитически — по ординатам характерных точек перегибов кривой. Определяют площадь в квадратных сантиметрах, принимая ее равной сумме трапеций, и далее поступают так же, как при планиметрировании.
Определение по лимниграмме либо расходограмме $Q_{\text{ср.}}$ или стока	
При расходограмме	$Q_{\text{ср.}}$ определяется планиметрированием или аналитически (см. предыдущий пункт). Для определения стока, полученную площадь умножают на произведение масштабов $A \times B$, где A — масштаб расхода в $\text{м}^3/\text{сек}$, а B — масштаб времени
По лимниграмме	Кривую уровней переводят с помощью кривой зависимости Q от H — в расходограмму (по отдельным характерным ординатам), с которой поступают так же, как и в первом случае $Q_{\text{сут.}}$ может быть определен и по стоку, как $Q_{\text{сут.}} = \frac{\text{сток}}{86400} \text{ м}^3/\text{сек.}$

ФОРМЫ ОТЧЕТНЫХ ДОКУМЕНТОВ

3. Прием и сдача участка

Должность, имя и фамилия обслуживающего участка	Дата		Роспись в приеме и сдаче	Примечание
	при-ема	сда-чи		

4. Разные отметки

Подпись

Ирриг. система		район		участок	
Канал		пост (сооруж.)		№	
река					
Местоположение поста					
19 года		месяца		дня	
Показание реек (неприведенное)		№ в начале		в конце в середине	
№		"		"	
№		"		"	
№		"		"	
Показание рейки, приведенное к нулю, к которому отнесен измеренный расход					
Инструмент		тип		№ лопасть №	
Измерение глубин: со штанги d		мм, тросса d		мм'	
Тарировочное уравнение. 1)		груза		кг, типа	
до		обор./сек.; 2)		для n	
Дата тарировки				для n обор./сек.	
Состояние погоды: ясно, туман, дождь, снег, пасмурно (подчеркнуть)					
Характер течения: сила и направление ветра:					
мутность; мусор					
Прочие сведения и примечания:					

Отметка нуля поста	м
Отметка нуля рейки	м
Начало измерения	час. мин.
Конец измерения	час. мин.
Высота отверстия	
Высота шандорной стенки	
Расстояние вертикали № 1 от начальной точки поста	м
Результаты вычисления	
Q — м ³ /сек.;	F — м ²
$V_{\text{ср.}}$ — м/сек.;	$B/$ — м
$h_{\text{ср.}}$ — м;	
$V_{\text{пов. макс.}}$ — м/сек.	
R — м;	P — м
Прочие элементы: $H_{\text{в}}$ — м.	
$H_{\text{н}}$ — м.	$h_{\text{ш}}$ — м

1

19..... года..... месяца..... дня

Система район.....участок

пост № на

B.H.

[illegible]

Описание способа измерения расхода

Результаты тарировки

№№ из- мерений	Условия работы сооружения	Расход воды в $\text{м}^3/\text{сек.}$	Напоры, к которым отнесен расход					Высота подпито- вого отвер- стия $h_{\text{ш}}$	Высота шандор- ной стенки $h_{\text{ш}}$	Коэффициент расхода	Примечание
			при истече- нии через порог	при истече- нии из-под щита	...						
					$H_{\text{в}}$	$H_{\text{ш}}$	$H_{\text{в}}$				

Тарировочные уравнения

Условия работы сооружения	Уравне- ние	Условия применения уравнения (пункты определения напоров, предельные условия, практическая точность учета и пр.)

Дата тарировки

Подпись

ОГЛАВЛЕНИЕ

I. Правила построения гидрометрической сети на системах	3
II. Методы и средства учета	10
III. Типы гидрометрических постов ;	13
IV. Гидрометрические наблюдения и измерения	49
V. Гидрометрические вертушки и принадлежности для работы	57
VI. Обработка материалов наблюдений и измерений	63
VII. Документация полевых наблюдений и измерений	76
VIII. Правила и условия работ на постах с автоматической аппаратурой	77
Приложения	83
