

МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО
ХОЗЯЙСТВА СССР

СРЕДНЕАЗИАТСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ИРРИГАЦИИ
имени В. Д. ЖУРИНА (САНИИРИ)

РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПОТЕРЬ ВОДЫ
НА ФИЛЬТРАЦИЮ ИЗ ОРОСИТЕЛЬНЫХ
КАНАЛОВ

Ташкент — 1979

МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА
СССР

СРЕДНЕАЗИАТСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ИРРИГАЦИИ
им. В.Д.ЖУРИНА (САНИИРИ)

У т в е р ж д а ю
Заместитель министра мелиорации
и водного хозяйства СССР
Б.Г.Штепа
24 октября 1978 г.

РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПОТЕРЬ ВОДЫ НА ФИЛЬТРАЦИЮ
ИЗ ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ

Ташкент - 1979

"Рекомендации" разработаны на основе обобщения литературных данных, а также отчетных материалов институтов ЮжНИИГиМ, ГрузНИИГиМ, УкрНИИГиМ, САНИИРИ и предназначены для использования при изучении потерь из оросительной сети службами эксплуатации каналов, проектными и исследовательскими организациями.

"Рекомендации" рассмотрены и одобрены научно-техническим советом ММ и ВХ СССР, утверждены зам.министра мелиорации и водного хозяйства Б.Г.Штепа.

Составители: В.С.Хачикянц, инженер; В.Н.Ярцев, канд.техн.наук;
И.И.Горошков, канд.техн.наук; Т.И.Дерлятка, канд.
техн.наук.

Замечания и предложения по "Рекомендациям" просим присылать по адресу: г.Ташкент, 700000, ГСП, ул.Якуба Коласа, 24, САНИИРИ. Тел. 33-70-50, доп.3-11.

1. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТЕРЬ ВОДЫ НА ФИЛЬТРАЦИЮ ИЗ ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ И УСЛОВИЯ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

Для определения потерь воды из каналов используются следующие методы:

гидрометрический, заключающийся в сопоставлении величин пропускаемых расходов воды в разных створах по длине изучаемого канала; применяется на каналах всех категорий при установленном режиме (путем сравнения единичных расходов) и неустановившемся (путем сравнения средних расходов за время наблюдений); пригоден, когда потери из участка канала превышают величину, соответствующую ошибке измерения расходов;

балансовый, сущность которого сводится к сопоставлению объема воды, поступающей на участок баланса и за его пределы; базируется на материалах оперативного учета оросительной воды, выполняемого оросительной системой при водораспределении;

объемный, учитывающий потери из заполненных водой отсеков канала, образованных перемычками; применяется на каналах, допускающих опорожнение на время замеров, если определение потерь средствами гидрометрии не представляется возможным;

расчетный, основанный на использовании теоретических и эмпирических зависимостей; применяется для ориентировочной оценки потерь и КПД каналов при их проектировании, а также планировании полевых исследований, выборе для них технических средств, установлении вероятного объема работ;

фильтромеров, заключающийся в определении скорости фильтрации в отдельных точках ложа канала с помощью специальных

приборов — фильтромеров; применяется на действующих каналах с расходами воды более $1,0 \text{ м}^3/\text{с}$, когда потери не могут быть определены гидрометрическими измерениями или их необходимо детализировать по длине участков, суммарные потери в пределах которых известны.

Выбор метода зависит от условий работы каналов, наличия исходных данных и устанавливается настоящими "Рекомендациями".

2. ГИДРОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД

2.1. Потери воды на фильтрацию определяются на характерных участках каналов, составляющих ирригационную сеть системы: магистральных, межхозяйственных, хозяйственных, а также временных оросителях, коллекторах и сбросах.

2.2. Выбору участков для определения потерь воды должно предшествовать обследование в натуре условий работы каналов, при котором выясняется:

техническое состояние канала (зарастаемость, заиленность, размываемость и т.д.);

наличие осуществленных мероприятий по борьбе с потерями (экранирование, облицовка и пр.);

состав почвогрунтов основания каналов;

режим грунтовых вод на прилегающей к каналу территории.

На основе данных обследования выбираются участки, гра-

ницы которых определяют место створов (верхнего и нижнего) для измерения расходов воды и определения потерь на участке.

2.3. Выбранные участки каналов по возможности должны удовлетворять следующим основным условиям:

проходить в однородных грунтах и в одинаковых условиях режима грунтовых вод;

иметь однообразное сечение;

не иметь на всем протяжении участка водовыпусков или сбросов в канал, в которых полное перекрытие воды не представляется возможным или расход воды не может быть определен с достаточной точностью;

иметь протяженность, допускающую определение разности расходов в створах измерения с достаточной точностью;

иметь на верхнем и нижнем створах условия, предъявляемые к участкам гидрометрических постов.^х

2.4. Длина участка назначается, исходя из того, чтобы потери в его пределах превышали точность измерения расхода воды вертушками; определяется по формуле

$$L = \frac{67,4 \cdot P_i}{6 \cdot \sqrt{n \cdot p}},$$

где L — длина участка, км;

P_i — точность измерений отдельных расходов, %;

^х Инструкция по учету водозабора оросительными и обводнительными каналами из источников орошения. Часть 1. Л., Гидрометеиздат, 1965.

ρ – точность определения потерь, %;

σ – потери воды (в % от расхода) на 1 км длины канала; ориентировочно могут быть получены по формулам (см. п. 5.5);

n – число наблюдений.

2.5. Перед непосредственным измерением потерь выполняются следующие подготовительные работы:

съемка участка и его описание;

установка пьезометров для наблюдения за уровнями грунтовых вод;

взятие образцов грунта в районе участка и проб донных отложений;

оборудование участка для наблюдений и измерений.

2.6. Съемка участка производится по связанным нивелировкой поперечникам, расстояние между которыми зависит от степени однообразия формы и размеров поперечного сечения канала. Ориентировочно поперечники назначаются в количестве 10–15 (включая и створы на границах участка). Нивелировка поперечников должна установить характер берегов канала, наличие в ближайшей полосе, примыкающей к нему, оврагов, обрывов, старых русл и прочее, а также обеспечить достаточно точное определение смоченной площади русла канала при измерении потерь. В описание участка включаются данные о характерных расходах воды, скорости течения, глубинах, эксплуатационном режиме канала, состоянии русла (зарастаемость, характер наносов, состав грунта, слагающего русло и т.п.).

2.7. Пьезометры для наблюдения за уровнями грунтовых вод в районе исследуемого участка канала устанавливаются в случаях, когда заведомо известно о близком залегании грунтовых вод. В связных грунтах, где стенки скважины не обрушиваются, устанавливать ствол пьезометров не следует. Наблюдения за уровнем грунтовых вод в этом случае ведутся в самой скважине. Створы пьезометров совмещаются со створами съемочных поперечников. Число створов при достаточно однородном грунте на протяжении участка должно быть не менее трех: в начале, середине и конце участка. Если высокое стояние уровней грунтовых вод наблюдается не на всем протяжении изучаемого участка канала, устройство наблюдательных пьезометров ограничивается районом возможного выклинивания грунтовых вод в русле канала.

В створах предусматривается не менее 4 пьезометров — по два на каждом берегу: один в непосредственной близости от русла канала и другой — на расстоянии 25–50 м от него. Пьезометры устанавливаются, примерно, на один метр глубже отметок дна русла канала; устья их нивелируются.

2.8. Пробы грунта отбираются при бурении скважины по всей глубине ее: при однородном грунте через каждый метр, при слоистом — в каждом заметном слое. В лабораторных условиях определяются механический состав и порозность грунта по правилам, установленным соответствующими инструкциями. Если на всем протяжении участок канала проходит в условиях исключающих возможность выклинивания в русле канала грун-

товой воды, скважинами пользуются лишь для однократного взятия образцов грунта в районе вдоль участка. Место и число скважин в этом случае определяются степенью разнообразия грунтов. Пробы донных отложений на всю их толщину отбираются донным щупом или отрывкой шурфов в осушенном канале с последующим определением их фракционного состава.

2.9. Оборудование участка измерения потерь состоит в обеспечении гидростов средствами передвижения вдоль них (гидрометрические мостики, установки типа ГР-70, люльки, плавсредства с тросами), необходимыми измерительными приборами и вспомогательным оборудованием для измерения расходов и уровней воды (вертушки, штанги, рейки, самописцы уровней).

2.10. Гидросты для измерения расходов воды назначаются в начале и в конце участка. При необходимости оборудуются дополнительные посты внутри участка, на отводах и сбросах воды. Посты внутри участка следует располагать в створах, совпадающих с границами изменения свойств грунтов, режима грунтовых вод, а также выше и ниже крупного водозабора (ниже которого канал меняет свои габариты).

Существующие гидрометрические посты должны использоваться, если они обеспечивают необходимую точность измерения, а местоположение их совпадает с назначенными для измерения потерь постами. При необходимости существующие посты дооборудуются.

2.11. В состав полевых работ при каждом определении по-

терь воды на участке канала входит:

измерение расходов воды на всех основных и дополнительных постах;

наблюдение за уровнями воды на постах в течение всего времени измерения;

однократное (на каждом створе) определение уровней грунтовой воды;

описание условий производства работ (средства измерения, направление и сила ветра, высота волны, погода).

2.12. Методика определения потерь и объем измерений зависят от режима работы канала в пределах участка:

при установившемся режиме величина потерь может быть определена по разнице значений единичных расходов, замеренных на гидропостах;

при неуставившемся режиме (изменение расходов и горизонтов воды) — по разнице объемов стока на тех же постах.

2.13. Методика измерения всех необходимых элементов потока для вычисления расходов воды в створах участка канала (основных и дополнительных) должна быть аналогичной и одинаковой в отношении точности измерения.

Минимальный объем измерений в процессе определения потерь может быть достигнут при постоянстве расходов воды и отсутствии или отключении всех водовыпусков из него на время, примерно, в 3–5 раз больше^е времени добегания воды от верхней до нижней границ участка. В пределах этого периода все замеры должны быть закончены.

Для обеспечения стабильности гидравлического режима на участке в период определения потерь первые измерения расходов в верхнем створе должны быть начаты после того, как с момента постоянной водоподачи на участок канала пройдет время, соответствующее времени добегания воды до нижнего створа, а последние измерения на нижнем створе — до того, как на верхнем произойдет изменение в водоподаче на участок.

При наличии утечек воды через пазы закрытых затворов водовыпусков измерение их является обязательным. При отсутствии возможности учета утечек иногда целесообразно на время измерения потерь обеспечить в отводах пропуск воды с постоянным расходом, достаточным для точного его измерения.

2.14. Время добегания воды между створами определяется: при наличии данных о средних скоростях течения потока, соответствующих измеряемому расходу, по зависимости

$$t = \frac{L}{V_{cp} \cdot 60},$$

где t — время добегания, мин.;

V_{cp} — средняя скорость, м/с;

при отсутствии данных о скоростях — путем использования поверхностных или глубинных поплавков.

Поверхностные поплавки представляют собой деревянные кружки диаметром 10–12 см и толщиной 2–3 см; в глубинных поплавках кружки являются маяками, а транспортируемый потоком груз подвешен к ним на глубине 0,2 h . Запускаются поплавки в количестве 5–10 шт. по всей ширине русла на 5–10 м

выше верхнего створа. Отсчет времени начинается в момент пересечения створа средним (по положению) поплавком. Наблюдения за движением поплавков при небольших скоростях течения воды в канале ведутся наблюдателем на всем пути их следования. При больших скоростях течения наблюдения за поплавками ограничиваются 3-4 створами.

2.15. Если по условиям эксплуатации установившегося режима в канале достичь не удастся, потери из него определяют путем сопоставления средних расходов. Для этого непрерывно (не менее 3 раз за световой день) производят измерения расходов одновременно во всех выбранных створах в течение 5 сут. и более и затем, с учетом добегаания воды между ними, находят стоки за одинаковый для всех створов промежуток времени. Зная стоки, находят средние расходы в каждом створе за установленный промежуток времени.

Интерполяция при построении графика расходов в промежутке между замерами в каждом створе, особенно в ночное время, должна производиться в увязке с изменениями горизонтов воды, круглосуточная запись которых производится специально установленными для этой цели самописцами типа "Валдай", а также с использованием серии кривых $Q=f(H)$ для разных уклонов в каждом створе.

Кривые $Q=f(H)$ строятся в процессе обработки материалов измерений следующим образом. По данным самописцев уровней находится уклон водной поверхности в районе гидроствора (при отсутствии такой возможности — в среднем по участку) в

период каждого измерения расходов на нем, и далее для каждой группы уклонов строится кривая связи расхода с показаниями рейки.

При работе канала в неустановившемся режиме время на измерение каждого расхода следует сокращать до минимума. В этих условиях, особенно на средних и больших каналах применим (при отсутствии ветрового нагона волны) двухточечный способ замеров. Расходы, замеренные в период значительных колебаний горизонтов воды в канале, выбраковываются; при незначительных колебаниях (до 1-2% от наполнения) допускается найденный расход относить к расчетному уровню (показанию рейки), который определяется по формуле

$$H_{расч.} = \frac{\sum H_i q_i v_i}{\sum q_i v_i},$$

где H_i — уровень по рейке при измерении расхода на вертикали;

q_i — расход на вертикали ($V_{ср} \cdot h$);

v_i — ширина отсека поперечного сечения русла, отнесенная к данной вертикали.

2.16. Из применяемых в настоящее время методов и средств учета воды при определении потерь необходимо пользоваться теми, которые обладают наибольшей точностью измерения в полевых условиях. К таковым относится русловой метод (см. п. 2.18) и метод измерения водомерными транзитными (нерегулируемыми) сооружениями (водосливы, лотки). Первый применим, преимущественно, на каналах с расходом более $1,0 \text{ м}^3/\text{с}$

(при достаточных размерах живого сечения потока), второй — на каналах мелкой сети.

За допустимую предельную ошибку измерения расхода воды при определении потерь в каналах следует считать $\pm 2\%$. Такая точность достигается при русловом методе — применением методики измерения и технических приемов, более точных в сравнении с обычно применяемой в эксплуатационной гидрометрии; при использовании же водомерных сооружений — применением соответствующих типов и конструкций и строгим соблюдением правил их установки, а также гидравлических условий, обеспечивающих их правильную работу как водомера (пределов измерения расходов и уровней, степени затопления и т.п.). Общим правилом применения рекомендуемых методов при русловом способе является:

измерение скоростей однотипными вертушками;

при использовании водомерных сооружений — применение сооружений, однотипных по конструкции и принципу работы.

2.17. Число и порядок отдельных измерений потерь воды в каналах ирригационной сети зависит как от условий протекания потока, так и от поставленных задач.

При определении потерь воды в каналах, проходящих в руслах с естественным грунтом, измерения производят при разном наполнении канала с расчетом равномерного охвата всей амплитуды изменения глубин (уровней) воды в канале (от среднеминимального до максимального). Число отдельных

измерений в этом случае может быть ограничено 6-8. Определение потерь должно также проводиться, если происходят изменения в русле канала, например, после очистки, заиления или размыва. В этих случаях определение потерь повторяется, примерно, указанное число раз.

По результатам измерений в каждом створе необходимо построить связь между расходом, площадью живого сечения, средней скоростью потока и уровнем воды. Совместный анализ их может установить достоверность измерений, объяснить причины отклонений.

В среднем отклонение точек от кривой расхода не должно превышать $\pm 2\%$, а отдельных точек (кроме заведомо ошибочных) — $\pm 4\%$.

На облицованных участках канала количество определений потерь может быть сокращено до трех: при среднеминимальных, средних и среднемаксимальных глубинах потока с двухкратным повторением каждого замера.

При осуществлении специальных мероприятий по уменьшению потерь (например, уплотнение грунта русла, создание водонепроницаемых экранов и т.п.) измерять их, с целью определения эффективности подобных мероприятий, следует в условиях, когда величины потерь будут наибольшими — при максимальных глубинах потока. Измерения эти для установления степени изменения антифильтрационного свойства применяемых средств, необходимо периодически повторять.

При борьбе с потерями воды в каналах путем кольматации

русла определение потерь производится в течение всего периода кольматации — до получения сравнительно стабильных значений потерь.

2.18. Русловой метод измерения расходов воды при определении потерь отличается от обычно используемого при эксплуатационном учете оросительной воды тем, что в данном случае применяются более точные приемы и методы измерения скоростей и элементов потока. К ним относятся следующие:

измерение скоростей течения при глубине на скоростных вертикалях (рис. 2.2): более 0,8 м в шести точках — в поверхностном слое воды на глубине, равной диаметру лопастей винта вертушки, на глубинах 0,2, 0,4, 0,6 и 0,8 h , а также в придонном слое на высоте от дна, равной диаметру лопастей; при глубинах от 0,6 до 0,8 м в четырех точках — на 0,2, 0,4, 0,6 и 0,8 h ; при глубине от 0,5 до 0,6 м в 2 точках — на 0,2 и 0,8 h и при глубине менее 0,5 м в одной точке — на 0,6 h ;

увеличение (против обычных норм) продолжительности наблюдений за скоростями течения в отдельных точках вертикалей: за минимальную продолжительность наблюдения для поверхностной скорости на 0,2 h следует принимать 150 с; на 0,4 и 0,6 h — 200 с; на 0,8 h и у дна — 250 с;

более частое распределение по сечению потока основных вертикалей для измерения глубин сечения и скоростей. Для этой цели ориентировочно можно руководствоваться данными таблицы 2.1, в которой приводятся расстояния между вертика-

лями (помимо урезных) при разной ширине потока. Примерное распределение вертикалей приведено на рис.2.1. Они назначаются по вычерченному поперечному профилю гидроствора, снятому нивелировкой. В зонах с однообразным рельефом дна расстояния между вертикалями принимаются одинаковыми. При профилированном правильном русле и правильном (симметричном) распределении скоростей по ширине потока расстояние между вертикалями может быть увеличено на 20-25%;

Таблица 2.1

Рекомендуемые расстояния между вертикалями

Средняя ширина русла, м	Расстояние между вертикалями, м
Менее 2	0,25
2-5	0,25-0,6
5-10	0,6 -1,25
10-20	1,25-2,0
20-30	2,0 -3,0
30-50	3,0 -5,0
Более 50	5,0 -6,0

более точное определение глубин вертикалей при измерении расходов воды, что достигается путем: нивелировки с помощью подвижной рейки на штанге, измерения подвесной штангой с отсчетом по рейке, измерения грузом на тросе с введением поправок на откос и изгиб троса. При необходимости использования обычных приемов измерения глубин метрштоком или



Рис.2.1. Схема размещения вертикалей.

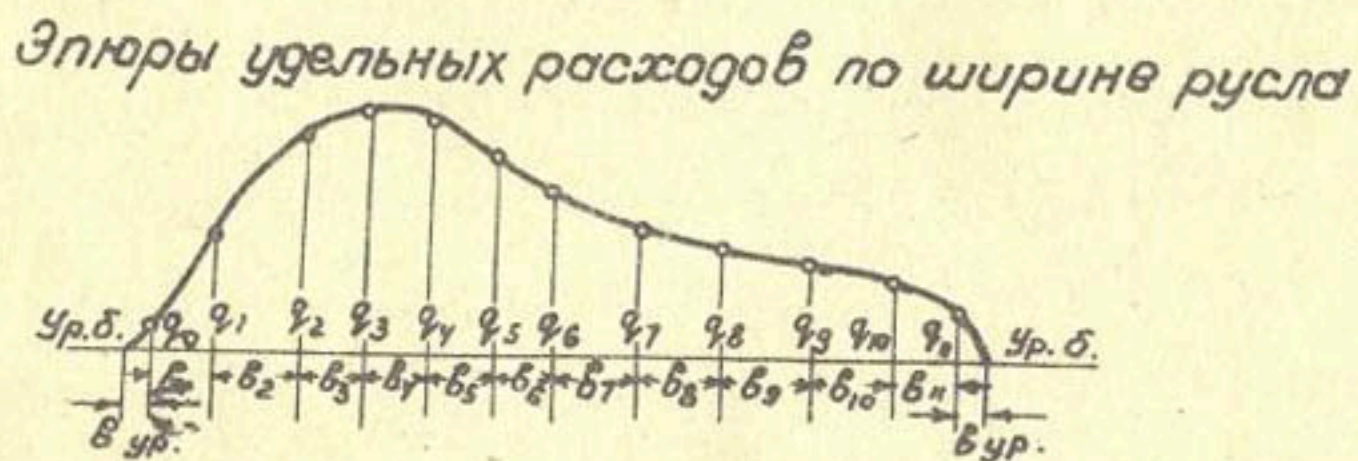
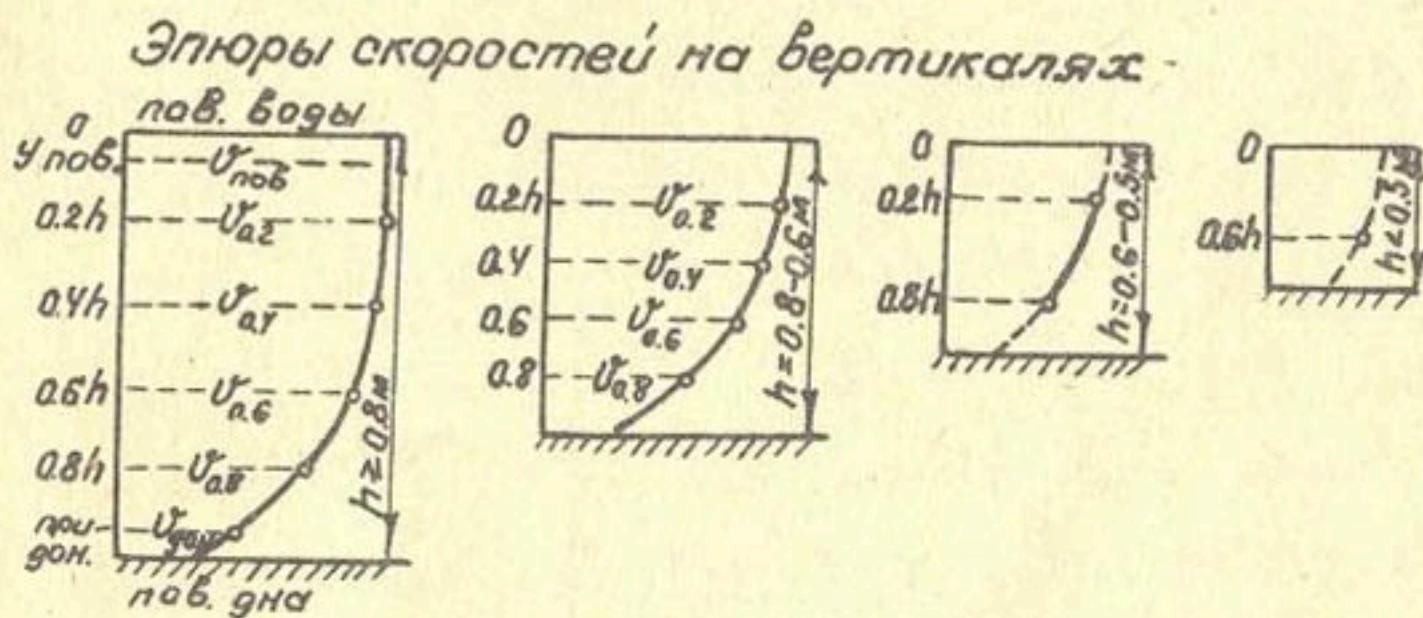


Рис.2.2. Эпюры скоростей и удельных расходов.

упорной штангой в чистых бетонных руслах следует учитывать высоту наконечника штанги, а в руслах, сложенных неплотным грунтом, например, заиленных, для предупреждения заглубления штанги в ложе канала ее упорную площадку (поддон) необходимо увеличить.

Допустимая ошибка измерения линейных величин — 1,0%. В полевых условиях проверка соблюдения необходимой точности осуществляется повторными измерениями каждой отдельной измеряемой величины. Проводятся эти работы при отсутствии волнения водной поверхности.

2.19. К водомерным сооружениям, проверенным многолетней практикой их применения, относятся следующие водосливы: с тонкой стенкой (порогом) — стандартный трапецеидальный водослив (Чиполетти); без бокового сжатия (Базена); Томсона с треугольным отверстием для измерения малых токов воды. Из числа лотков наиболее точным в работе, как водомер, является лоток Паршалла.

При определении потерь воды на участках каналов, оборудованных водомерными установками, измерение расходов на каждом посту ведется многократно в течение не менее 10–15 мин. с фиксацией проходящего расхода через каждые 1–2 мин.

При использовании на участке канала для определения расходов воды различных методов — руслового и с помощью водомерных сооружений — измерение секундных расходов на последних (при отсутствии самописцев) ведется в продолжение всего периода работы на русловом посту через каждые 5–10 мин.

2.20. Приемы измерения элементов потока должны быть полностью согласованы с общими правилами проведения гидрометрических работ, рекомендуемыми инструкциями для учета оросительной воды. Это относится к выбору и оборудованию участка поста, последовательности производства замеров, наблюдениям за колебанием уровня воды во время измерений, записи результатов наблюдений, измерений по установленной форме и т.п.

2.21. Обработка результатов измерений расходов воды русловым методом отличается от обычных приемов, применяемых при оперативном учете оросительной воды, использованием графоаналитического способа при вычислении площади эпюры расхода ($q_{м^2/с} = v_{ср} \cdot h$) по вертикали и всего расхода ($Q_{м^3/с}$) по сечению потока. Значение этих величин определяется планиметрированием площадей эпюр скоростей по вертикалям и эпюр q — по ширине потока (рис.2.2). При построении эпюр скоростей для вычисления q следует руководствоваться следующими правилами:

масштаб для глубин вертикалей выбирается таким образом, чтобы глубина живого сечения на чертеже выражалась, примерно, отрезком длиной 6–10 см, а масштаб средней скорости — отрезком 5–7 см; выбранные масштабы распространяются на скоростные эпюры всех вертикалей;

площадь эпюры расхода равна числу квадратных сантиметров эпюры, помноженному на произведение масштабов глубин и скорости, т.е.

$$Q_{m^2/c} = A (M_1 \cdot M_2),$$

где A — число квадратных сантиметров эюры;

M_1 — масштаб глубины;

M_2 — масштаб скорости.

Планиметрирование следует производить трехкратно, принимая за площадь среднюю из трех определений. Отклонение среднего числа делений планиметра от числа делений отдельных измерений не должно быть более одного на 100 отсчитанных делений.

Расход воды по всему сечению потока (Q м³/с) определяется по площади эюры q , для построения которой масштабы следует подбирать с расчетом получения на чертеже ширины живого сечения, близкой 15–20 см, а средней скорости на вертикали — 6–8 см. Трехкратное планиметрирование площади эюры здесь также обязательно.

Остальные элементы живого сечения потока в створах измерения расхода и поперечников определяются аналитически, приемами, принятыми в эксплуатационной гидрометрии. Значения расходов и скоростей течения вычисляются до 3 значащих цифр (до мм).

2.2.2. Определение потерь воды (S) на участке канала производится по формуле

$$S = Q_{\text{верх}} - \sum Q_{\text{отв}} + \sum Q_{\text{сб}} - Q_{\text{ниж}},$$

2.23. Кроме определения абсолютных значений потерь на участке в состав обработки материалов должно входить также определение удельных и относительных потерь:

а) на один километр длины участка —

$$S_{\ell} = \frac{1000 \cdot S}{L}, \text{ л/с};$$

б) на 1000 м² площади смоченного ложа участка —

$$S_p = \frac{S \cdot 10^6}{\chi_i^{cp} \cdot B_i} = \frac{S \cdot 10^6}{P}, \text{ л/с},$$

где

$$\chi_i^{cp} = \frac{\chi_1 + \chi_2}{2}, \dots, \frac{\chi_{n-1} + \chi_n}{2};$$

$\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_n$ — смоченный периметр поперечников;

P — смоченная поверхность участка, м²;

в) на один километр в процентах от среднего расхода воды на участке

$$\left(Q_{cp} = \frac{Q_{верх} + Q_{ниж}}{2} \right)$$

$$\sigma = \frac{S_{\ell}}{Q_{cp}} \cdot 100.$$

Данные, необходимые для определения общей смоченной поверхности дна и откосов участка канала и площади зеркала воды по поперечникам, объединяются в таблице.

Таблица 2.3.

Номер определения потерь	Номер поперечника (начиная от верхнего створа)	Расстояние между поперечниками	Уровень воды от поста	Площадь живого сечения $F, \text{ м}^2$	Ширина по урезу воды $B, \text{ м}$	Средняя глубина живого сечения $h_{cp}, \text{ м}$	Смоченный периметр $\chi, \text{ м}$
1	2	3	4	5	6	7	8

Потери определяются с точностью абсолютных и удельных величин — до 3 значащих цифр: относительных — до 0,1% при величине их больше единицы и до 0,01% при величине меньше единицы.

2.24. Коэффициент полезного действия участка канала определяется с точностью до 0,01 по формуле

$$КПД = \frac{Q_{\text{верх}} - S}{Q_{\text{верх}}}.$$

2.25. Сводной таблицей, включающей итоговые данные по потерям воды на всем участке канала за весь период работы, служит ведомость 1 (см. приложение), которая составляется или по всему участку в целом, или при наличии на участке промежуточных створов — по каждому подучастку, ограниченному двумя соседними створами.

При ее заполнении необходимо учитывать следующее:

данные по режиму расходов и уровней канала на участке определяются по материалам эксплуатационной гидрометрии системы;

данные о расположении всех створов измерения расходов в русле канала, на выделах из него, сбросах в канал, а также всех поперечников с их нумерацией, отмечаются на схеме участка;

данные о грунтах, слагающих ложе каналов, и о наносах приводятся по результатам анализа соответствующих проб.

К ведомости 1 прилагаются, помимо таблиц 2.2 и 2.3, все бланки измерения расходов воды, данные по съемке поперечников, результаты анализа проб грунтов и воды, общее описание условий работ и прочие данные, необходимые для проверки правильности проведения работы и обработки результатов полевых наблюдений.

2.26. По результатам наблюдений строится зависимость потерь и коэффициента полезного действия от расхода

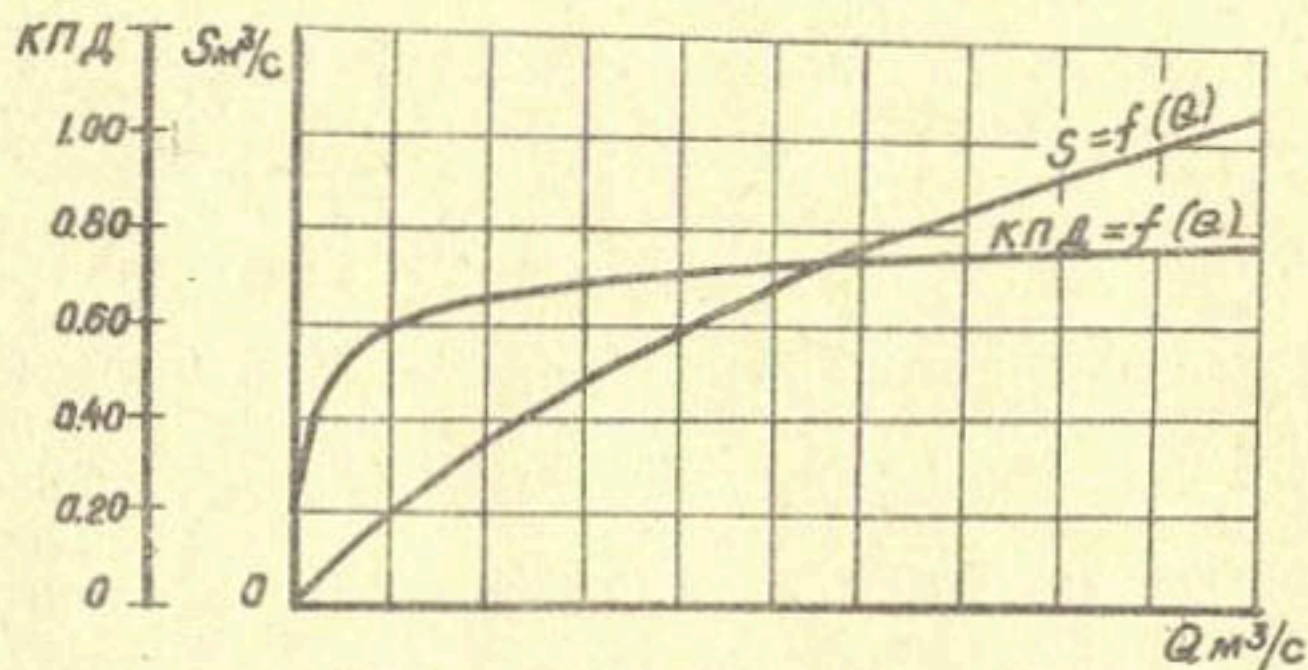


Рис.2.3. График зависимости потерь и КПД от расхода.

на участке (рис.2.3). На устойчивых участках канала, где обеспечивается хорошая связь средней глубины, площади живого сечения, ширины по урезу воды с расходом, эта зависимость является основной.

2.27. Распространение данных о потерях, определенных на наблюдаемом участке канала, на другие участки каналов системы допустимо лишь в случаях, когда условия работы последних аналогичны таковым, характерным для объекта наблюдения как в отношении геологических и гидрогеологических условий, так и в отношении размеров поперечных сечений русла, его форм, пропускаемых расходов воды и состава наносов. Подобные совпадения условий обычно имеют место в каналах мелкой сети.

3. БАЛАНСОВЫЙ МЕТОД

3.1. Работы сводятся к решению балансового уравнения:

$$W_{\text{пот}} = W_{\text{прих}} - W_{\text{расх}},$$

где $W_{\text{пот}}$ — суммарный объем воды, безвозвратно теряемой системой;

$W_{\text{прих}}$ — общий объем воды, поступающей на участок баланса;

$W_{\text{расх}}$ — общий объем воды, поступающей за пределы балансового участка.

3.2. Для определения слагаемых балансового уравнения используются данные наблюдений на действующих постах эксплуатационной гидрометрии систем и на дополнительных специальных постах, когда имеющиеся не совпадают по своему расположению с границами балансового участка. Эти дополнительные посты являются обязательными и должны действовать непрерывно в течение всего периода, назначаемого для определения показателей водного баланса. Измерения и наблюдения на дополнительных постах проводятся по общепринятой методике учета оросительной воды на системах.

3.3. Водный баланс в границах ирригационной системы составляется:

по отдельным участкам каналов;

по системе совокупно действующих каналов.

3.4. Баланс участка канала составляется для каналов любых категорий, начиная от магистрального и кончая мелкой оросительной сетью. Балансовые участки назначаются из условий,

установленных пунктами 2.2 и 2.3 настоящих "Рекомендаций".

Приходной частью баланса являются: сток в начальной части участка ($W_{\text{верх}}$) и сток сбросов в канал ($W_{\text{сб}}$); расходной частью — сток всех отводов ($W_{\text{отв}}$), сток в конце участка ($W_{\text{ниж}}$) и объем потерь воды ($W_{\text{пот}}$).

Объем потерь определяется по уравнению

$$W_{\text{пот}} = (W_{\text{верх}} + \sum W_{\text{сб}}) - (\sum W_{\text{отв}} + W_{\text{ниж}}).$$

3.5. Баланс системы каналов делится на балансы:

каналов межхозяйственного значения, к которым относятся магистраль и распределители всех порядков, подводящие воду к хозяйствам;

каналов внутрихозяйственной сети, распределяющих воду и подводящих ее к поливным участкам.

В балансовое уравнение межхозяйственной сети в качестве приходной части входит сток водозабора из основного источника питания и из дополнительных межхозяйственных источников; в качестве расходной части — суммарный сток отводов в хозяйства и сток сбросов, используемых вне границ орошаемой территории системы. Сток сброса воды из каналов, полностью возвращаемой в канал (например, при работе гидростанции или других гидравлических установок) в балансовое уравнение не включается.

Учетные балансовые посты поступления воды в систему назначаются в голове магистрального канала, а подпитывающих водотоков — перед впадением их в канал; для учета стока конеч-

ных сбросов посты располагаются у границы орошаемой территории системы, катастрофических сбросов — в голове сброса. Балансовые посты для учета отводов устраиваются на головных участках последних.

По такой же схеме составляется баланс и для внутрихозяйственной сети. Приходную часть баланса здесь составляет суммарный сток воды всех отводов, подающих воду на территорию хозяйства, и сток внутрихозяйственных источников питания; расходную часть — сток воды в последних звеньях постоянно действующей оросительной сети, подающей воду непосредственно на полив (обычно сток в голове участковых распределителей).

К отдельным балансовым участкам, помимо хозяйственных, могут относиться также городские и поселковые участки, участки опытных станций, промышленных и производственных предприятий. Если такие участки обеспечиваются водой из межхозяйственной сети, они входят в баланс наравне с участками хозяйств. При обеспечении водой подобных участков внутрихозяйственной сетью в баланс участка хозяйства (в его расходную часть) следует включать лишь суммарный выдел воды.

3.6. За период составления баланса, как минимум, следует принимать декаду. Баланс стока за это время имеет промежуточное значение, и данные такого баланса служат для общего контроля нарастания стоков в пунктах учета и анализа их взаимосвязи. Баланс межхозяйственной и внутрихозяйственной сетей каналов следует вести в течение всего поливного периода, или в крайнем случае в течение месяца, выполняя гидрометрические измерения и наблюдения непрерывно. Составление декадных ба-

лансов следует повторять при характерных условиях работы канала (до и после очистки русла от наносов и растительности, в период малых, средних и максимальных расходов воды и т.п.).

3.7. Производство гидрометрических работ на всех балансовых постах, в число которых по преимуществу входят посты для оперативной работы системы и дополнительные посты, устраиваемые специально для балансовых исследований, ведется по общей методике, принятой для учета оросительной воды. Это относится к работам по организации и устройству постов, по проверке их состояния и исправности, к методике измерения расходов и фиксации результатов наблюдений и т.д.

3.8. Для контроля в периоды устойчивой водоподачи в систему производят срочные (суточные) наблюдения за расходами воды на балансовых постах. При этом следует обеспечить более точное определение суммарного суточного стока воды, для чего:

сток воды на балансовых постах определяют с помощью специальных приборов — счетчиков стока, самописцев уровней или расходов;

при отсутствии автоматических приборов срочные наблюдения производятся, примерно, через равные промежутки времени с обязательным наблюдением и в ночное время. За сутки число наблюдений должно быть не менее четырех (например, в 6, 12, 18 и 24 часа); обязательным является фиксация даже незначительных изменений расходов при регулировании воды, для чего отмечается время наблюдения (часы и минуты) и расходы воды

(уровни) до регулировки и после нее.

3.9. Обработка материалов наблюдений по водному балансу начинается с определения расходов по каждому срочному наблюдению (с точностью до 3 значащих цифр), суточного и декадного стока по посту.

Величина среднесуточных расходов определяется:

при наблюдениях, выполняемых в обычном порядке, — как средняя из всех наблюдений за сутки;

при срочных (суточных) наблюдениях — по формуле

$$Q_{\text{ср.сут.}} = (Q_0 + Q_1 + Q_2 + \dots + Q_{n-1} + Q_n) : n,$$

где n — число наблюдений;

Q_0, Q_n — расходы в 0 и 24 часа;

Q_1, Q_2 — расходы срочных наблюдений;

при регулировании расходов в течение суток — с учетом их изменения;

при наличии на посту самописцев, дающих графическую кривую колебания расходов воды, — по результатам осреднения расходов за шестичасовые периоды.

3.10. Суточный сток определяется путем умножения среднесуточного расхода на 86400 с. При наличии на посту счетчика суммарного стока воды суточный сток определяется разностью показаний счетчика в конце и в начале суток. За единицу суточного стока принимают объем в тысячу кубических метров при допустимой ошибке вычисления 0,5%. Декадный сток получают нарастающим суммированием суточных стоков. Месяч-

ный сток равен сумме декадных, а вегетационный — сумме месячных.

3.11. Вычисление стоков сводят по каждому посту в отдельную таблицу, заполняемую постепенно по мере вычисления суточных стоков.

Таблица 3.1

Суммарный сток по посту № _____
канала _____ балансового участка _____
оросительной системы, 19____ г.

Число месяца	Апрель			Сентябрь	
	³ м	³ тыс.м		³ м	³ тыс.м
1	2	3	графы с 4 по 11	12	13

При подсчете стока в дни, когда наблюдения на посту по тем или иным причинам не производились и когда заведомо известно, что сток в пункте имел место, сток пропущенных суток приравнивается среднему за предшествующие и последующие сутки.

На основании таблиц суммарного стока по всем постам учета воды балансового участка составляются балансовые ведомости с целью удобного сопоставления компонентов баланса и определения потерь воды (табл.3.2). В этих ведомостях приводятся значения декадных стоков по каждому учетному посту, сгруппированные по основным слагаемым балансового уравнения.

3.12. Дифференциация потерь на испарение и фильтрацию

производится в соответствии с указаниями п. 2.22.

Таблица 3.2

Водный баланс _____
(оросит. системы, канала, участка канала)

_____ район _____ области _____ ССР

за период с _____ по _____ 19 ____ г.

Месяц, декада	Приход, тыс.м ³				Расход, тыс.м ³				Потери					
	№№ постов		все- го		№№ постов		все- го	суммарн.	в том числе					
									на испа- рение		на филь- трацию			
									тыс. % м ³		тыс. % м ³		тыс. % м ³	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

3.13. КПД канала оросительной сети определяется по формуле

$$КПД = \frac{W_{прих} - W_{пот}}{W_{прих}}$$

Если КПД определялся отдельно по межхозяйственной и внутрихозяйственной сети, то КПД межхозяйственной системы определяется по выражению $КПД_{сист} = КПД_{МЕЖ.ХОЗ.} \cdot КПД_{ХОЗ.}$,

где $КПД_{ХОЗ.} = \frac{\sum КПД_i \omega_i}{\sum \omega_i}$;

$КПД_i$ – коэффициенты полезного действия систем отдельных хозяйств;

ω_i – площади соответствующих хозяйств.

3.14. Результаты определения КПД обобщают в сводной ведомости 2 (см. приложение). Каждая ведомость должна сопровождаться схемой балансового участка, на которой обозначены основная сеть каналов и балансовые гидросты. По данным ведомости строится график, аналогичный приведенному на рис. 2.3. Кривые потерь на этом графике, если баланс сводился в течение вегетационного периода, строятся двух видов: как функция от среднемесячных, а также среднедекадных расходов.

4. ОБЪЕМНЫЙ МЕТОД

4.1. Участок канала для замеров выбирается из условий, установленных пунктами 2.2 и 2.3 (первые три подпункта).

4.2. Длина участка — отсека, ограниченного перемычками, назначается из условия

$$L \leq \frac{0,15 h_n}{i},$$

где L — длина отсека, м;

h_n — бытовая глубина воды на участке при нормальном расчетном расходе, м;

i — средний продольный уклон дна на участке.

4.3. Перемычки могут быть грунтовыми или переносного типа — металлическими, железобетонными, деревянными (например, в виде двух щитов с пленочным экраном между ними). В целях обеспечения достаточной водонепроницаемости грунтовые перемычки уплотняются механизмами, а жесткие устанавливают —

ся в руслах каналов в виде диафрагм (глубина зуба не менее $0,2h_n$). Смоченная поверхность перемычек должна составлять менее 3% смоченной поверхности отсека.

При больших уклонах дна канала отсеки могут примыкать друг к другу. В этом случае допускается поступление воды для заполнения ниже лежащего отсека через раздельную перемычку. В конструкции переливных перемычек, кроме устройства лотков, желобов и прочее, необходимо предусматривать крепления, предупреждающие размыв перемычек и ложа канала.

4.4. Подготовительные работы при определении потерь объемным способом выполняются в соответствии с пунктами 2.5–2.8. Дополнительно к этому необходимо предусмотреть установку 2–3 измерительных реек по длине отсека для наблюдения за изменением горизонтов воды с точностью до 1 мм. Для повышения точности отсчетов рейки должны быть снабжены успокоителями из жестких колпаков. Положение нулей реек устанавливаются нивелировкой.

4.5. По результатам съемки отсека устанавливают его геометрические характеристики в виде графиков зависимостей среднего смоченного периметра ($X_{ср.}$) и ширины русла по урезу ($B_{ср.}$) от отметки уровня воды в отсеке. Эти характеристики получают осреднением частных значений по створам поперечников. Затем строят аналогичные графики для смоченной поверхности (P) и площади зеркала воды (Ω) для всего отсека. Шаг отметок при построении графиков принимается равным 0,1–0,5 м (в зависимости от глубины), а вычисления

выполняются до четвертой значащей цифры.

Смоченная поверхность и площадь зеркала воды равны

$$P = \chi_{\text{ср}} \cdot L$$

$$\Omega = V_{\text{ср}} \cdot L.$$

4.6. Отсек наполняется с помощью передвижных насосных установок, производительность которых подбирается в зависимости от объема воды в отсеке и предполагаемых потерь из него. Для предупреждения оседания взвешенных наносов воду в отсек следует подавать осветленную.

Прежде чем приступить к определениям потерь, необходимо убедиться в том, что величина их стабилизировалась. Стабилизация потерь наступает, если при 3-4 замерах скорости сработки горизонтов воды в отсеке (при расчетном наполнении) отличаются не более чем на 2%. Промежуток времени между замерами назначается таким, чтобы от первого (с начала измерений) до второго уровень опускался на 2-3% глубины при нормальном расчетном расходе канала. Время стабилизации потерь в каждом случае бывает разным. Если перед замерами по каналу несколько дней шла вода, оно наступает практически сразу, в противном случае — через 3-5 суток.

4.7. Потери можно измерять двумя способами:

определением объема призмы сработки по величине снижения уровня воды в отсеке;

установлением количества воды, поданной в отсек, для поддержания в нем на период наблюдений заданного горизонта.

4.8. Замеры по первому способу производятся в следующем

порядке:

по показаниям реек определяется величина снижения уровня воды Δh в отсеке за время t ;

устанавливается объем призмы сработки по формуле

$$\Delta W = \Delta h \frac{\Omega_H + \Omega_K}{2},$$

где Ω_H, Ω_K - площадь зеркала воды в отсеке в начале и конце измерений.

4.9. Второй способ предполагает использование водомерных устройств, фиксирующих расход и сток воды, подаваемой насосной установкой в отсек. По величине стока или среднему расходу за период наблюдений определяется (за вычетом потерь на испарение) объем или расход фильтрационных потерь.

Водомер устанавливается на нагнетательном трубопроводе насосной станции и подбирается в зависимости от диаметра последнего. При диаметре трубопровода менее 200 мм рекомендуется использовать скоростные счетчики - водомеры типа ВВ; при диаметре более 200 мм - устройство в виде нормальной диафрагмы или нормального сопла с поплавковым дифманометром ДП-281 и интегратором.

При отсутствии водомеров-счетчиков стока последний может быть установлен:

при постоянном расходе насосной станции - по времени ее работы;

при переменном расходе - путем регулярного фиксирования величины расхода в течение замеров.

Степень точности замеров по второму способу будет зависеть от точности показаний водомера и колебаний уровней воды в отсеке в момент проведения работ. Желательно, чтобы амплитуда колебания уровней по отношению к заданному горизонту воды была в пределах $\pm 1\%$ от среднего наполнения. Когда этого достичь не удастся, потери следует относить к средневзвешенному по времени наполнению в отсеке.

Для упрощения работ по замерам и повышения их точности поддержание уровня воды в отсеке желательно автоматизировать.

4.10. Потери в отсеках следует определять минимум при трех горизонтах, соответствующих максимальной (форсированной), нормальной и средне-минимальной глубине воды в канале.

При определении потерь по первому способу замеры следует начинать при наибольшей заданной глубине в отсеке и по мере снижения горизонтов выполнять их при других уровнях воды.

4.11. Сопутствующими и обязательными видами работ являются следующие:

наблюдения за испарением с водной поверхности, которые ведутся в течение всего периода работ непрерывно;

наблюдения за поступающими в отсек атмосферными осадками для определения их объема; осуществляются с помощью приборов ГГИ-3000 и других, применяемых при гидрометеорологических работах, и ведутся по правилам, установленным гидрометслужбой;

наблюдения за всеми уровнемерными рейками в отсеке во время ветра для проверки наличия ветрового нагона воды; если

разница положения уровней на основной рейке и рейке, расположенной у верховой перемычки, превышает 1 см, то за истинное положение уровня считают среднее по всем рейкам.

4.12. Основным исходным материалом для определения потерь воды на фильтрацию служат полевые записи данных измерений и сопутствующих им условий работы. В целях однообразия и полноты наблюдений записи должны вестись по единой форме непосредственно в поле сразу после того или иного наблюдения. Записи данных полевых наблюдений и результатов их обработки ведутся по ведомости 3 (см. приложение), пригодной как для первого, так и второго способа. Общими для указанных двух способов являются графы 1-5 и 8-13. Графа 6 заполняется при первом способе, графа 7 - при втором.

4.13. При обработке результатов наблюдений и заполнении ведомости 3 необходимо руководствоваться следующими указаниями.

Суммарный объем потерь на фильтрацию (W_{ϕ}) и испарение ($W_{исп}$) определяется по зависимости

$$W_{\phi} + W_{исп} = \Delta W + W_{ос}$$

Объем призмы сработки (ΔW) в отсеке (графа 6) определяется в соответствии с п.4.8; при установлении потерь вторым способом ему соответствует количество воды, поданной в отсек для поддержания в нем заданного горизонта (графа 7).

Объем осадков, выпавших на поверхность отсека, равен

$$W_{ос} = e_{ос} \Omega_{ср},$$

где e_{oc} — слой осадков, выпавших за период наблюдений, м;
 Ω_{cp} — средняя за период наблюдений площадь зеркала воды в отсеке, м².

Объем испарившейся воды составляет

$$W_{исп} = e_{исп} \Omega_{cp},$$

где $e_{исп}$ — слой испарившейся воды (в м) за период, в течение которого учитывались потери из отсека.

Суммарные потери (в м³/с; графа 11) равны

$$S = \frac{W_{\phi} + W_{исп}}{60t},$$

где t — продолжительность периода наблюдений (графа 3), мин.

Удельные и относительные значения потерь вычисляются по формулам п.2.23.

4.14. Обобщение результатов замеров производится по таблице.

Таблица 4.1

Величина потерь на участке с ПК _____ по ПК
 канала _____, установленных объемным методом.

Глубина воды, м	Расход канала, м ³ /с	Длина уч-ка канала, км	Фильтр. расход на 1 км отсека, л/с	Относит. величи- на по- терь (%)	Потери на дл. уч-ка, м ³ /с	КПД уч-ка канала
1	2	3	4	5	6	7

Глубина воды принимается средней между приведенными уровнями воды в начале и в конце замера при отметке дна, средней для всех поперечников отсека.

Расход канала, соответствующий определенной глубине отсека, принимается по зависимости $Q = f(H)$, построенной для бытовых условий исследуемого участка.

Потери по длине участка канала, на который распространяются результаты измерения потерь в отсеке, получают умножением величины потерь (графа 4) на длину участка (графа 3).

По данным табл. 4.1 строится, согласно рекомендациям пункта 2.26, зависимость величины потерь от расхода.

5. РАСЧЕТНЫЙ МЕТОД

5.1. Для определения потерь расчетным способом необходимы следующие исходные материалы:

продольный профиль канала с показанием литологических разностей и водно-физических свойств грунтов;

уровень грунтовых вод на рассматриваемом участке канала;

размеры, гидравлические элементы и режим работы канала;

сведения о водно-физических свойствах ложа канала (наличие облицовки, заиление).

5.2. Применение тех или иных расчетных формул для определения потерь зависит от режима (стадии) фильтрации. Различают две основные стадии:

свободную, когда грунтовые воды не влияют на величину потерь и характер фильтрации; это отмечается при благоприят-

ных условиях подземного оттока и расположении "бугра" грунтовых вод ниже канала;

подпертую, когда существует тесная взаимосвязь фильтрационного потока из канала с потоком бытовых грунтовых вод.

Свободная фильтрация начинает переходить в подпертую, когда относительная мощность грунтового потока ($\frac{T_0}{T}$) достигает величины

$$\frac{T_0}{T} = \sqrt{\left(\frac{T_1}{T}\right)^2 - \frac{S_c L}{K_{\phi} C \cdot T^2}},$$

где T_0 — мощность потока бытовых грунтовых вод, м;

T — глубина залегания водоупора от горизонта воды в канале, м;

T_1 — глубина залегания водоупора от дна канала, м;

S_c — фильтрационный расход в условиях свободной фильтрации, м³/сут на 1 м;

L — длина оттока или расстояние от канала до дренирующего стока, м;

K_{ϕ} — коэффициент фильтрации, м/сут;

C — поправочный коэффициент, принимается по таблице.

Таблица 5.1

Значения коэффициента "С"

$T : L$	0,05	0,2	0,4	0,75
C	1	0,8	0,6	0,4

5.3. Потери в стадии свободной фильтрации рассчитываются по формуле Н.Н.Павловского – Н.Н.Веригина:

$$S_c = 11,6 K_{\phi} \lambda (B + 2h),$$

где S_c – фильтрационные потери, л/с на 1 км канала;

K_{ϕ} – коэффициент фильтрации грунта, м/сут;

B – ширина канала по урезу воды, м;

h – глубина наполнения канала, м;

λ – коэффициент, принимается по табл.5.2 в зависимости от отношения $\frac{0,3 h_k}{B}$, где

h_k – высота капиллярного поднятия в грунте, м.

Таблица 5.2

Значения коэффициента, учитывающего
капиллярные свойства грунтов

$\frac{0,3 h_k}{B}$	λ	$\frac{0,3 h_k}{B}$	λ	$\frac{0,3 h_k}{B}$	λ
0,0	1,0	0,8	2,14	2,0	3,22
0,1	1,25	0,9	2,24	2,5	3,62
0,2	1,41	1,0	2,34	3,0	4,00
0,3	1,56	1,2	2,54	3,5	4,35
0,4	1,70	1,4	2,72	4,0	4,68
0,5	1,82	1,6	2,89	4,5	5,01
0,6	1,93	1,8	3,06	5,0	5,35
0,7	2,04				

При отсутствии данных о сечении канала вычисление потерь на фильтрацию (при $Q > 1,0 \text{ м}^3/\text{с}$) ориентировочно производится по формуле С.А.Гиршкана:

$$S_c = 63 K_f \sqrt{Q},$$

где Q — расход канала, м³/с.

Водно-физические свойства грунтов при отсутствии специальных изысканий учитываются приближенными значениями в таблице.

Таблица 5.3

Водно-физические свойства грунтов

Грунты и их свойства	Коэффициент фильтрации, м/сут	Высота капилляр- ного поднятия, м
Тяжелая глина	$< 0,01$	3,00–4,00
Глина	0,01–0,05	2,50–3,50
Тяжелый суглинок	"—"	1,50–2,50
Средний суглинок	0,05–0,40	1,20–2,00
Легкий суглинок	"—"	1,0 –1,80
Супесь, пылеватые пески	0,40–1,00	0,50–1,50
Песчаный, гравелистый грунт	$> 1,00$	$< 0,50$

5.4. Потери при подпертой фильтрации определяются по зависимости

$$S_n = S_c \cdot \alpha,$$

где S_n — фильтрационные потери при подпертой фильтрации;

S_c — фильтрационные потери при свободной фильтрации;

α — коэффициент, характеризующий влияние подпора

грунтовых вод на величину потерь ($\alpha < 1$).

Для учета влияния подпора необходимо знать глубину залегания грунтовых вод. Ориентировочные значения коэффициента принимаются:

если известно превышение канала над сложившимся зеркалом грунтовых вод в рассматриваемом районе — по рис.5.1,а;

при наличии дренирующих стоков — по рис.5.1,б;

когда известны параметры поверхности депрессии фильтрационного потока из канала — по рис.5.1,в;

при наличии ряда работающих, параллельно расположенных каналов, когда известна глубина грунтовых вод между ними — по рис.5.1,г.

5.5. При отсутствии данных о проницаемости грунтов ложа канала и уровнях грунтовых вод потери определяются по эмпирической зависимости

$$\epsilon = \frac{A}{Q^m},$$

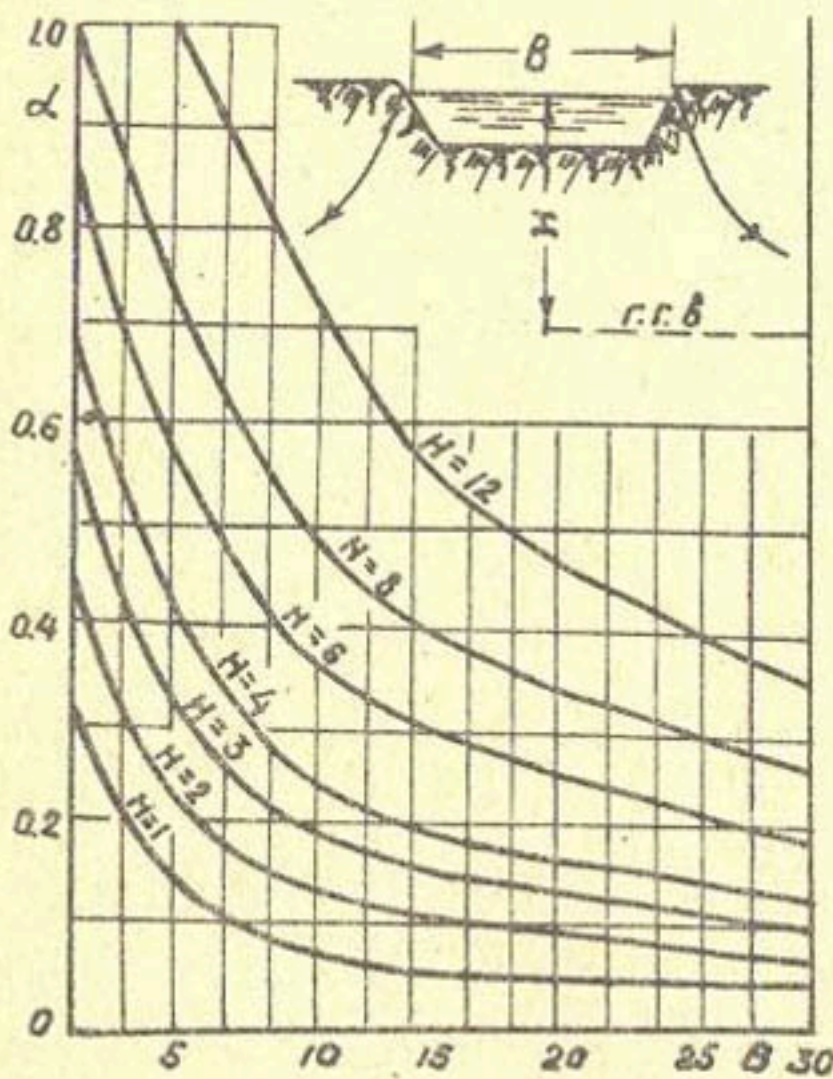
где ϵ — величина относительных потерь в процентах от расхода канала на 1 км его длины;

Q — расход канала, м³/с;

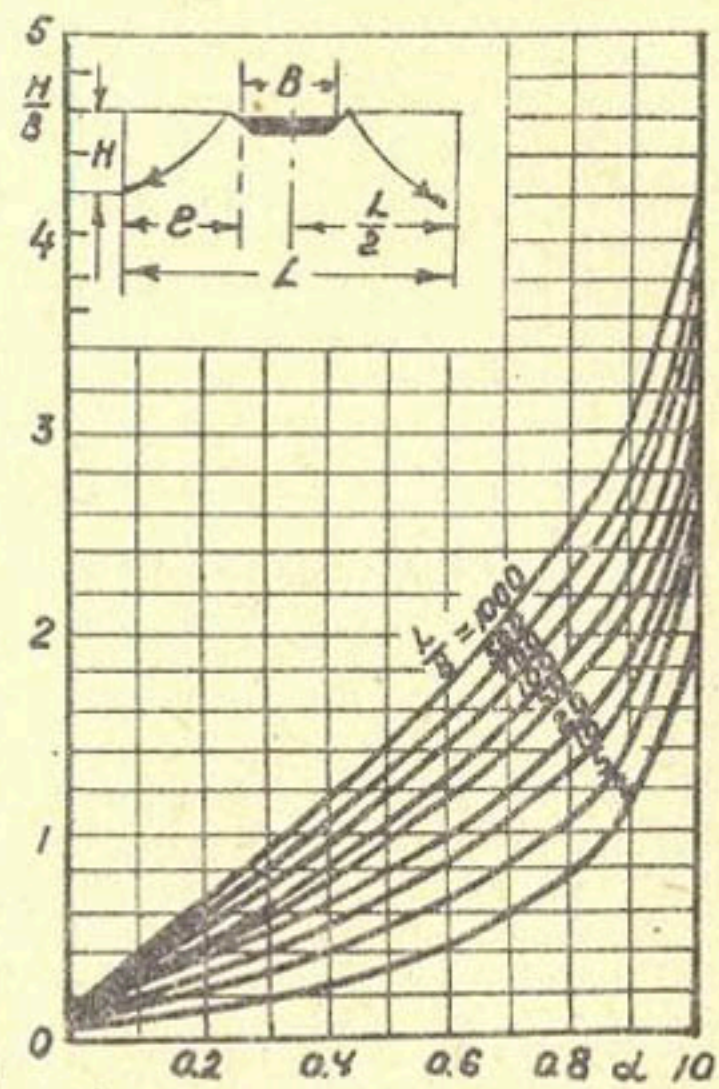
A — параметр, характеризующий величину процента потерь на километр длины канала при расходе 1;

m — параметр, характеризующий изменение потерь при отклонении пропускаемого расхода от единицы.

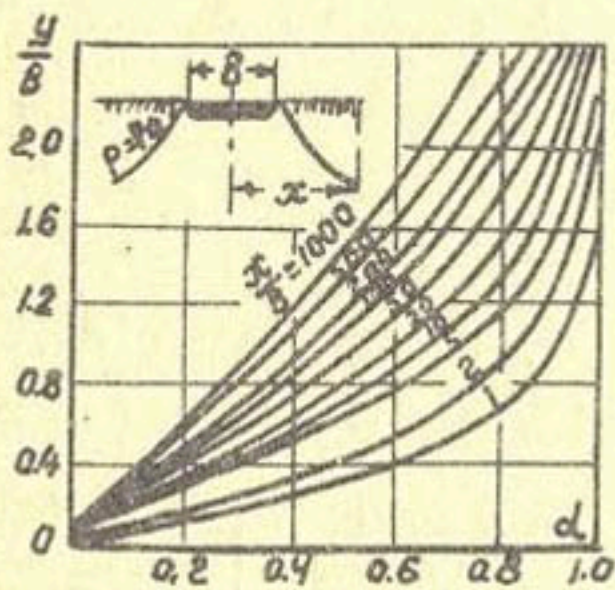
Приведенные в таблице 5.4 данные позволяют составить самое общее представление о размерах потерь. Более точные значения коэффициентов, входящих в формулу, применительно к



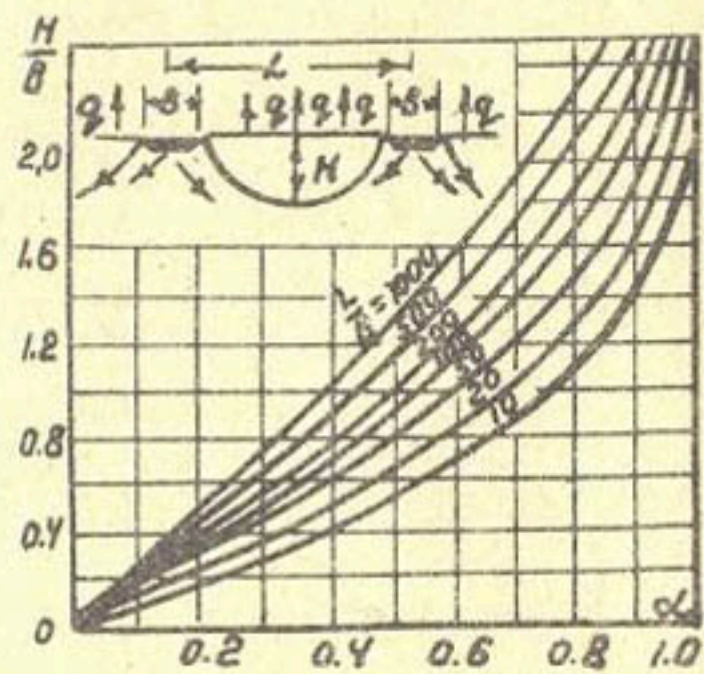
а. Кривые $\alpha = f(H; B)$ для трапеци-
дальных русел (по М.М. Кабакову)



б. Кривые $\alpha = f(\frac{L}{B}; \frac{H}{B})$ при
выходе грунтовых вод в
понижениях местности
или дрены (по С.Ф. Яверьянову)



в. Кривые $\alpha = f(\frac{x}{B}; \frac{y}{B})$ при
сттоке грунтовых вод за пределы
орошаемых земель (по С.Ф. Яверьянову)



г. Кривые $\alpha = f(\frac{H}{B}; \frac{L}{B})$ для
бессточного бассейна грунтовых
вод (по С.Ф. Яверьянову)

Рис.5.1. Графики для нахождения коэффициентов α .

Таблица 5.4

Коэффициенты для вычисления b
(данные А.Н.Костякова)

Грунты	A	m
Тяжелые (тяжелые суглинки и глины)	0,7	0,3
Средние (средние суглинки)	1,9	0,4
Легкие (супесь, легкие суглинки)	3,4	0,5

изучаемому каналу могут быть получены путем подбора его аналога-канала, для которого построена зависимость $b = f(Q)$ по данным фактических замеров фильтрационных потерь. Для приведения зависимости величины потерь от расхода канала к рассматриваемому виду необходимо измерить потери при двух расходах канала и далее вычислить коэффициенты m и A по формулам

$$m = \frac{\lg\left(\frac{b_1}{b_2}\right)}{\lg\left(\frac{Q_2}{Q_1}\right)}, \quad A = b_1 Q_1^m = b_2 Q_2^m.$$

5.6. В экранированных каналах следует различать две схемы фильтрации:

в разнородной среде, когда движение воды в обоих слоях происходит с полным заполнением пор, и

в двухслойной среде при неполном заполнении пор грун-

та нижнего слоя.

Расчетную схему выбирают в зависимости от соблюдения неравенств:

для первой схемы - $K_э \frac{h+\delta}{\delta} > K_n$;

для второй - $K_э \frac{h+\delta}{\delta} < K_n$,

где $K_э$ - коэффициент фильтрации экрана, м/сут;

K_n - коэффициент фильтрации подстилающего слоя,
м/сут;

δ - толщина экрана, м.

Для второй схемы характерно соотношение $\frac{K_n}{K_э} > 50-100$.

5.7. Потери при первой схеме фильтрации из экранированного канала определяются по упрощенной формуле С.Ф.Аверьянова:

$$S_э = \frac{11,6 \cdot K_n (B + 2h)}{1 + \frac{2\delta}{B} \left(\frac{K_n}{K_э} - 1 \right)},$$

где $S_э$ - фильтрационные потери на 1 км канала, л/с.

5.8. Потери при второй схеме фильтрации для трапециевидных русел определяются по формуле А.А.Угинчуса -

$$S_э = 11,6 K_э \frac{h}{\delta} (b + h \sqrt{1 + m_o^2}),$$

где m_o - коэффициент заложения откоса;

для параболических - по формуле В.И.Аравина -

$$S_э = 11,6 K_э \frac{h + \delta}{\delta} \cdot B.$$

Если грунтовые воды расположены выше дна канала (подпертая фильтрация), потери вычисляются по видоизмененной формуле А.А.Угинчуса:

$$S_3 = 11,6 \cdot K_3 \frac{H}{\delta} [b + (2h - H) \sqrt{1 + m_0^2}],$$

где H — превышение горизонта воды в канале над уровнем грунтовых вод, м.

В формулах А.А.Угинчуса влиянием толщины экрана на увеличение градиента напора пренебрегают. Последняя формула применима при $h \geq H \geq 0$; при $H = 0$, $S_3 = 0$.

6. МЕТОД ТОЧЕЧНЫХ ФИЛЬТРОМЕРОВ

6.1. Для определения потерь в отдельных точках смоченного периметра канала устанавливаются фильтромеры, например, в виде заглубленных в грунт труб, в которых поддерживается такой же пьезометрический уровень, как в канале.

Зная площадь поперечного сечения нижнего конца труб и расход, доливаемый в нее для поддержания постоянного горизонта за время t , определяем скорость фильтрации в данной точке канала. Располагая трубы в створе действующего канала, строим эпюру скоростей фильтрации по его периметру, а назначая створы в характерных местах канала, определяем абсолютные потери воды на фильтрацию.

6.2. Метод точечных фильтромеров позволяет:

замерять потери из каналов, проходящих в связных, полусвязных и песчаных грунтах;

определять потери на любых по длине отрезках каналов;
измерять потери в действующих каналах, не нарушая режима их работы;

контролировать качество и эффективность противофильтрационных мероприятий.

Недостатки метода: ограниченное применение на каналах с жесткими покрытиями; невозможность использования в галечниковых грунтах; отсутствие приборов серийного изготовления.

6.3. Объект изучения потерь выбирают согласно пунктам 2.2 и 2.3 (первые два подпункта). Необходимые исходные данные собирают как путем изучения проектно-изыскательских и эксплуатационных материалов, так и полевых обследований (п.п. 2.5-2.8). На основании этих данных каналы или их участки, где предполагается проводить замеры, группируются по размерам, типам облицовки и ее состоянию, по проницаемости грунтов основания и условиям фильтрации (свободная, подпертая).

6.4. По участку канала (самостоятельному или представляющему определенную группу) назначают места установки приборов-фильтромеров. Для этого составляют продольный и поперечные профили с показом литологии и уровня грунтовых вод. Приборы располагают по линии створов, нормальных оси канала. Количество створов на участке назначают в пределах 4-6, на равном расстоянии друг от друга. В случае, если участок замеров охватывает зоны канала с неодинаковыми условиями, число створов увеличивают. Они могут располагаться на разных

расстояниях друг от друга, но не более, чем на $1/5$ длины участка. При особой пестроте грунтов основания канала, для получения более точных данных, вместо одиночных створов следует назначить "кусты" из 2, 3 и более створов, отстоящих друг от друга, примерно, на 5 м. При этом расстояние между "кустами" принимается таким же, как для одиночных створов.

6.5. Места установки фильтромеров в каждом створе назначают по вычерченному поперечному профилю русла, снятому нивелировкой. Приборы должны быть установлены на дно и откосы канала в пределах его смоченной поверхности. Расстояние между приборами в каждом створе на каналах шириной по урезу менее 10 м принимается 1-2 м; на каналах шириной более 10 м это расстояние выбирается из расчета установки 8-10 фильтромеров.

6.6. Перед началом измерений потерь воды в створе участка выполняют следующие работы:

створ оборудуется средствами передвижения вдоль него для установки измерительных приборов в точках измерений. При нешироких каналах, до 5 м оборудование представляет собой поперечные балочные мостики, при ширине до 15 м - подвесные разборные мостики, при ширине более 15 м - лодки, передвигающиеся по ходовому тросу и закрепляемые на месте растяжными тросами;

натягивают вдоль створа разметочный трос для обозначения вертикалей (мест установки прибора);

устанавливают в русле на створе приспособления для

закрепления приборов в точках измерения потерь, которые, не искажая нормальных условий фильтрации воды, обеспечивали бы неподвижность приборов и правильную их работу.

6.7. Для производства наблюдений и измерений отряд (группа), производящий полевые работы, должен быть снабжен:

фильтромерами в комплекте (рабочими и запасными);

весами, обеспечивающими взвешивание до 5-10 кг с точностью до 1 грамма (например, ВЛТ-5, ВЛТК-5, ВНО-10, ВТЦ-10);

лодкой с якорем (для работы на широких каналах) и тросами: ходовым для передвижения по створу и растяжным для закрепления лодки на месте;

переносным или разборным мостиком при работе на канале шириной, допускающей их применение;

разметочным тросом;

металлическими кольями с кувалдой для закрепления ходового и разметочного тросов;

рулеткой со стальной лентой;

нивелиром с двумя рейками;

часами с секундомером;

метрштоком для измерения глубин воды;

комплектom бурового оборудования для определения уровня грунтовых вод;

полевой лабораторией Литвинова;

фильтрационными приборами для определения коэффициента фильтрации (Нестерова и др.);

приспособлениями для натяжки тросов;
 рабочим инструментом (лопаты, ломы, топоры и т.п.);
 транспортом и таборным имуществом.

6.8. Применение того или иного типа прибора обуславливается конструктивными особенностями канала и условиями режима его работы. К ним относятся:

наличие противофильтрационного устройства и тип последнего;

ширина канала и его наполнение;

колебание уровней воды в канале и возможность его опорожнения на период установки приборов;

волнение водной поверхности;

мутность воды в канале;

примерная величина скорости фильтрации.

6.9. Фильтромеры состоят из двух элементов: рабочего органа (элемента прибора, из которого вода фильтрует в грунт или облицовку) и расходомерного устройства, которое подает и измеряет объем профильтровавшейся воды, а также поддерживает в приборе условия фильтрации такими же, как в канале.

Рабочим органом рекомендуемых приборов является фильтрационный стакан (рис.6.1).

Применяемое расходомерное устройство бывает двух видов:

1) градуированная емкость, работающая по принципу сосуда Мариотта, установленная на плаву (рис.6.4,б) или жестко закрепленная у поверхности воды (рис.6.4,а);

2) эластичный резервуар, заполненный водой, опускаемый

под уровень воды в канале (рис.6.1).

Расходомерное устройство первого типа, как более точное, желательно применять (когда позволяют другие условия) на каналах с малой величиной потерь (заиленных, облицованных, с высоким стоянием грунтовых вод).

Фильтромер в зависимости от конкретных условий может быть представлен любым сочетанием рабочего органа с расходомерным устройством.

Фильтромерами, в которых рабочий орган и расходомерное устройство объединены в одну конструкцию, являются трубы, предлагаемые ЮжНИИГиМ (рис.6.3). Регулирование уровней в трубах производится вручную.

6.10. Выбор прибора осуществляется по табл.6.1 в зависимости от конкретных условий.

В соответствии с таблицей, например, в ветреную погоду на широком, постоянно действующем канале, работающем в переменном режиме и транспортирующем значительное количество взвешенных наносов, целесообразно применять прибор, состоящий из стакана и резервуара (рис.6.1). В аналогичных условиях, но если глубина в канале не более 1,5–2,0 м, а вода осветлена, могут быть применены трубы ЮжНИИГиМа. Ограничения в применении труб в первом случае вызваны тем, что при высоте более двух метров они малотранспортабельны, а при мутной воде все наносы в трубе осядут с образованием наилка, тогда как в канале они транзитом проносятся вниз по течению.

6.11. Общие для всех фильтромеров правила выполнения

Таблица 6.1

Условия применения фильтромеров

Но- ме- ра п/п	Конструкции каналов и ус- ловия их работы	Трубы ЮжНИИГиМА (рис. 6.6.3)	Рабочий орган фильтромера		Расходомерное устрой- ство		резервуар
			СТАН	СТАН	градуйрованная емкость	градуйрованная емкость	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Необлицованные	+	+	-	+	+	+
2	Облицованные	-	-	+	+	+	+
3	Большие по ширине	+	+	+	-	+	+
4	Глубиной 2-4 м постоянно- го действия	-	+	-	+	+	+
5	Глубиной менее 2 м посто- янного действия	+	+	(до 0,5 м)	+	+	+
6	Допускают опорожнение на период установки приборов	+	+	+	+	+	+
7	Изменение горизонтов воды во время замеров	+	+	+	-	+	+
8	Значительное волнение водной поверхности	+	+	+	-	-	+
9	Несущие значительное ко- личество взвешенных наносов	-	+	+	+	+	+

Примечание: целесообразность использования приборов (знак плюс в табл.) оцени-
вается только применительно к условиям, приведенным в графе 2. Все ос-
тальные условия и конструкции канала с точки зрения применения данного
прибора могут быть благоприятными.

полевых наблюдений заключаются в следующем:

замеры в створе и на участке производятся однотипными приборами;

количество одновременно приведенных в действие приборов может быть любым и зависит только от возможностей полевого отряда;

в процессе замеров по каждому створу желательно получить зависимость величины удельных потерь от наполнения канала; поэтому, если позволяют условия его эксплуатации, измерения следует производить при разных горизонтах;

в каналах, проходящих в глубоких выемках, в поймах рек и т.д., грунтовые воды могут выклиниваться в канал; в этом случае объем воды в расходомерных устройствах приборов будет увеличиваться, что необходимо учитывать при обработке замеров.

6.12. Фильтромер САНИИРИ - УкрВОДГЕО (рис.6.1) состоит из стакана 1, расходомера 12 и коммуникаций (шлангов). Вода, профильтровавшаяся через площадку смоченной поверхности канала, ограниченной стаканом, пополняется по питающему шлангу 3 из резервуара 12 эластичной емкости, опущенной под воду. При этом пьезометрические уровни в стакане автоматически поддерживаются такими же, как в канале. Объем воды, профильтровавшейся из стакана, равен дефициту воды в резервуаре.

Стакан выполняется из листовой стали толщиной 1-1,5 мм, резервуар - из водонепроницаемого прочного эластичного мате-

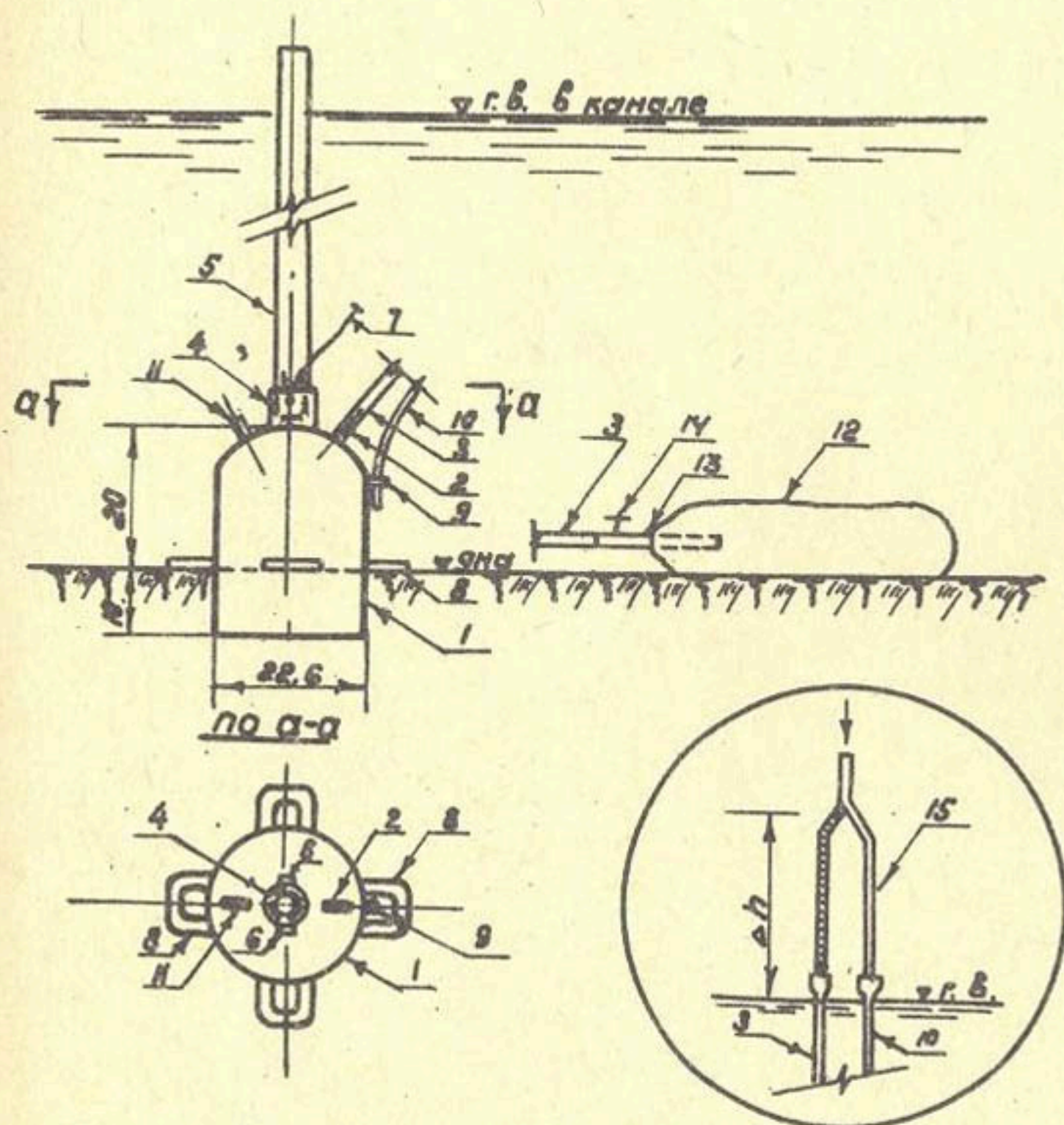


Рис.6.1. Фильтромер САНИИРИ - УкрВОДГЕО:
 1 - стакан из тонкой листовой стали; 2 - штуцер рабочий; 3 - питающий шланг; 4 - патрубок для крепления штанги; 5 - составная штанга; 6 - кольцо для крепления троса; 7 - подъемный трос (веревка); 8 - ограничительные ручки; 9 - скоба для крепления трубки; 10 - контрольная трубка для подключения к манометру на время проверки герметичности стакана; 11 - дополнительный штуцер с заглушкой; 12 - резервуар из эластичного водонепроницаемого материала; 13 - выводная трубка; 14 - кран; 15 - манометр.

риала (резины, прорезиненной ткани, полиэтилена). На выходе резервуар снабжен плотно притертым краном 14. Внутренняя полость стакана в верхней части приближается по форме к шаровой; переходы плоскостей должны быть плавными, а поверхность — гладкой, защищенной от коррозии. Диаметр стакана принимается близким к 20 см, так как при больших диаметрах стакан становится громоздким, при малых — в связных грунтах возрастает влияние уплотнения грунтов внутри стакана при его установке в грунт. Влияние это учитывается при обработке материалов специальным коэффициентом, полученным опытным путем (табл. 6.2). Режущую часть стакана желательно подвергать закалке. Края стакана должны быть тщательно заточены; заточка производится с наружной стороны. Для ограничения погружения в грунт к стакану приварены упорные ручки 8, служащие одновременно для удобства обращения с ним.

При установке стакана (вдавливании его в ложе земляного канала) вытесняемая грунтом вода выходит под напором через штуцер 2. Если диаметры штуцера 2 и шланга 3 малы и не обеспечивают в должных размерах отвод воды из стакана, может произойти прорыв ее и нарушение герметичности установки стакана. Причиной этого могут быть также неровности смоченной поверхности, сильный ветер в момент установки стакана, резкое погружение стакана в грунт.

Для проверки герметичности установки стакана предусмотрена контрольная трубка 10, которая вместе со шлангом 3 подключается к манометру 15. Контрольная трубка крепится к

специальной скобе 9 на внешней стороне корпуса стакана.

Если стакан установлен в ложе канала в момент его опорожнения, последующее вытеснение из стакана воздуха происходит с помощью дополнительного штуцера 11 со шлангом, который перед началом работы прибора перекрывается. При установке стакана в действующем канале штуцер 11 может быть использован, когда это необходимо, как дополнительный выход воды из стакана во время установки. Для этого к нему подключается дополнительный шланг, который во время работы прибора перекрыт.

Установка стакана производится с помощью штанги 5; последняя выполняется из легкого материала с металлическими наконечниками и состоит из отдельных секций, число которых зависит от глубины воды в канале. Соединения секций как между собой, так и со стаканом, могут быть осуществлены на резьбе. В этом случае для отсоединения штанги от стакана, после его установки в ложе, желательно резьбу соединений между секциями штанги делать левую, а между нижней и патрубком стакана — правую. Для предупреждения сноса стакана при его установке, в условиях значительной глубины и скорости потока, нижние секции штанги должны быть утяжелены, например, выполнены из металла.

Подъем стакана после окончания замеров производится при помощи тонкого троса 7 или веревки, закрепленных заранее за специальные кольца 6 в патрубке 4.

Объем резервуара определяется, исходя из предполагаемо-

го времени проведения замера и ожидаемых величин удельных фильтрационных потерь, ориентировочные значения которых можно определить, руководствуясь указаниями раздела 5 настоящих рекомендаций. Обычно объем не превышает 5–10 л. При этом следует учесть, что стенки резервуара должны быть ослаблены, чтобы не создавать в результате упругих свойств дополнительного давления на находящуюся в нем воду. Для этого, например, в резиновый резервуар следует наливать воды около половины его емкости (при атмосферном давлении).

Стенки в устье резервуара в процессе его опорожнения могут под действием гидростатического давления плотно прижаться друг к другу, в результате чего поступление воды из резервуара в стакан 1 прекратится. В связи с этим целесообразно выходную часть эластичной емкости делать гофрированной или вставлять в нее перфорированную жесткую трубку, которую можно совместить с выходным патрубком из резервуара.

Резервуар, покоящийся в движущемся потоке, подвержен действию гидродинамических сил, которые могут нарушить равенство пьезометрических уровней в канале и стакане и увеличить фильтрацию из последнего. Для исключения влияния скорости течения на размеры фильтрации резервуар при больших скоростях целесообразно помещать в перфорированный ящик, которым может служить футляр прибора.

Шланги должны быть эластичными и достаточно упругими, чтобы не допускать перегибов на закруглениях. Их длина выбирается в зависимости от глубины воды в канале в месте за-

меров.

В комплект фильтромера входят: фильтрационный стакан, эластичный резервуар, шланги диаметром 1,0–1,5 см, штанга сборно-разборная, трос диаметром 2–3 мм, манометр (рис. 6.1) из стеклянных трубок, рассчитанный на перепад уровней, равный 30 см, часы-секундомер, поплавков, ящик упаковочный (футляр).

Установка прибора и измерение скорости фильтрации производятся с лодки или мостика. На рис. 6.2 показаны различные этапы производства замеров.

При работе с прибором руководствуются следующими правилами.

Удаление воздуха из стакана (рис. 6.2, а) осуществляется опусканием перевернутого стакана под воду. В случае, когда необходимо удалить воздух из стакана, установленного насухо, следует использовать 2 штуцера: 2 и 11 со шлангом; в один следует подавать воду до тех пор, пока она не появится из второго.

Все шланги целесообразно связать в пучок и подсоединить манжетой к тросу, как показано на рис. 6.2, б.

Во избежание прорыва воды в канал из стакана при его установке, погружать стакан в грунт следует плавно.

Глубина оптимального заглубления стакана в грунт ложа для связных грунтов составляет 6–7 см, для несвязных — 9–10 см.

При частом нарушении "герметичности" установленного

стакана необходимо улучшить возможность выхода из него воды, для чего используется дополнительный штуцер 11.

Для проверки "герметичности" применяется манометр в виде стеклянной трубки, разделяющейся на два параллельных отвода. Шланги 3 и 10 подсоединяются снизу к этим двум отводам манометра (рис. 6.1; 6.2г). Сверху в манометр заливается вода. Когда уровень ее в нижних трубах достигает места разветвления, манометр (вместе с подключенными к нему шлангами) приподнимают над горизонтом воды в канале. Если система "герметична", манометр покажет повышенное давление в стакане по сравнению с внешним давлением в канале. "Герметичность" стакана можно проверить также путем отсоса воздуха из верхней трубки манометра. Для этого на нее надо одеть резиновую трубку, куда подсоединить отсасывающее устройство. После того, как вода в обеих трубках под действием разряжения поднимается, верхняя резиновая трубка для поддержания вакуума в системе перекрывается. При "герметичности" системы манометр покажет понижение давления внутри стакана по сравнению с внешним.

Открытие крана 14 на выходе из резервуара после подключения его к питающему шлангу 3 считается началом работы прибора (время пуска секундомера).

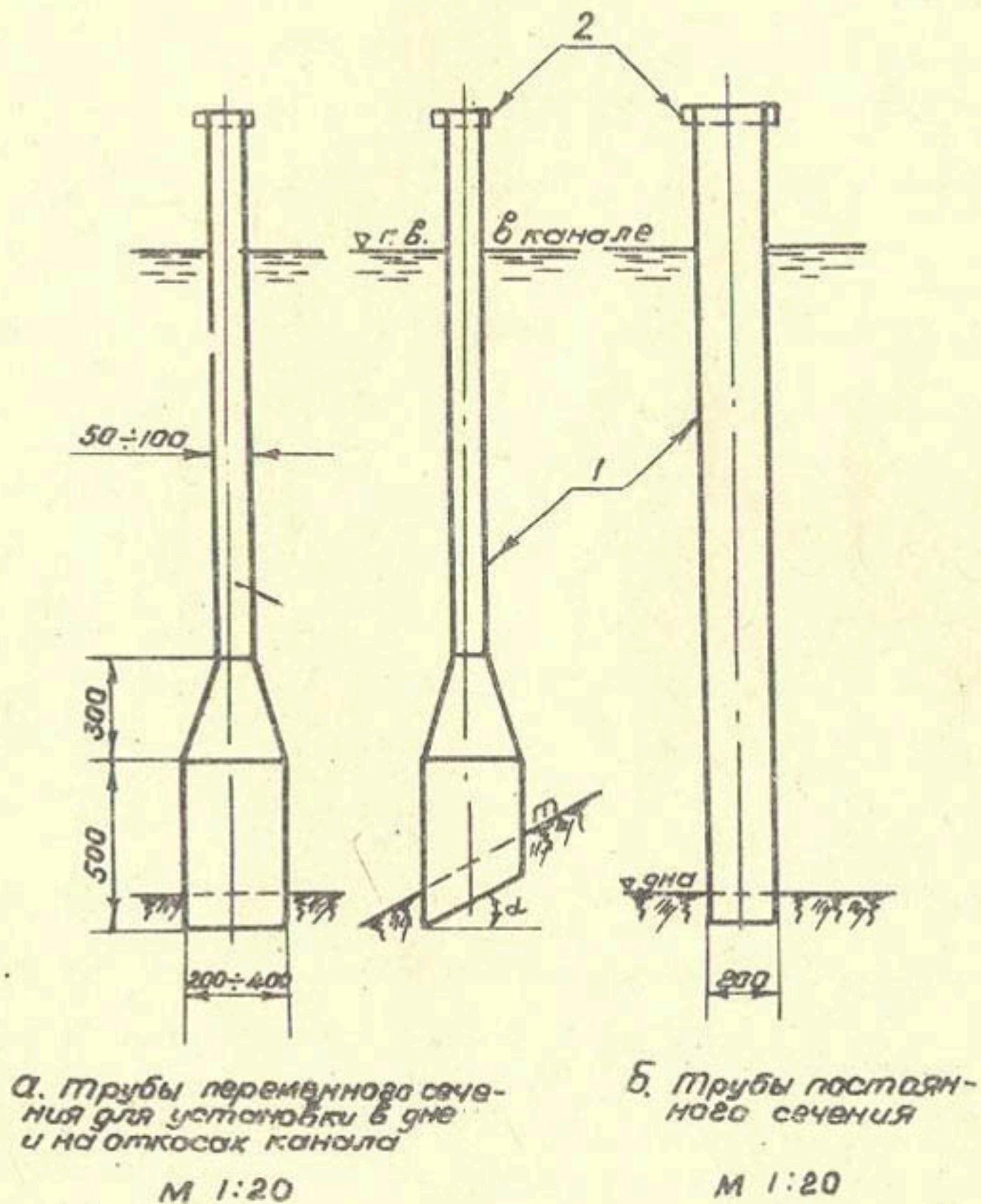
Резервуар погружают на веревке, нижний конец которой привязан к тросу или ящику; трос закреплен к ящику так, что вся нагрузка от тяжести резервуара и шлангов приходится на него (рис. 6.2, е). Верхний конец веревки крепится к поплавку-маяку (рис. 6.2, е).

По истечении определенного времени, отсчитанного по секундомеру, резервуар поднимают и взвешивают. Взвешивание резервуара до и после погружения следует производить при одинаковых условиях, т.е. предварительно смочив водой или, наоборот, высушив.

Если повторного замера в одном и том же месте не требуется, стакан поднимают (рис. 6.2, ж) для установки в другом месте или упаковки.

В период замеров необходимо регулярно фиксировать изменение горизонтов воды в канале и знать проходящий по нему расход.

6.13. Фильтромеры ЮжНИИГиМа (рис. 6.3) представляют собой тонкостенные трубы постоянного или переменного по высоте сечения. Они выполняются из листовой стали толщиной 1,5 мм. Диаметр труб в нижней части выбирается в зависимости от грунтов ложа канала. В связных грунтах, где приходится считаться с влиянием их уплотнения (при установке прибора) на величину фильтрации, нижний диаметр труб рекомендуется принимать не менее 200 мм. В несвязных грунтах этот диаметр может быть уменьшен до 100 мм; трубы диаметром менее 100 мм не применяются. Чем больше диаметр приборов, тем точнее результаты. Трубы диаметром более 300 мм громоздки, и при ручной установке применение их затруднительно. Высота труб зависит от глубины канала; в рабочем положении трубы должны превышать горизонт воды на 40-50 см. Для удобства в работе на трубы следует нанести деления через 5 см. Нижняя часть труб тщательно



Примечание: 1 - размеры даны в миллиметрах;
2 - заточка погруженной в грунт части трубы производится с наружной стороны

Рис. 6.3. Фильтромеры ЮжНИИГиМа: 1 - трубы из тонкой листовой стали (1-1,5 мм); 2 - кольцо жесткости против деформации при передаче динамической нагрузки.

затачивается фаской наружу; в верхней части, для предупреждения деформации их от динамических нагрузок при установке, наваривается утолщенное кольцо.

В комплект фильтромера входят фильтрационная труба с поплавком и секундомер.

Трубы в канале устанавливаются под динамической нагрузкой с мостика или лодки. Глубина погружения в грунт ложа канала определяется прежде всего их устойчивостью в движущемся потоке. Желательная глубина погружения: в связных грунтах — 6–7 см, в несвязных — 9–10 см. Контроль за глубиной погружения осуществляется по делениям на трубе.

Изменение горизонта воды в трубах, по мере фильтрации из них, производится поплавками, диаметр которых на 3–4 мм меньше диаметра трубы. На поплавке укрепляется вертикально деревянная линейка с миллиметровыми делениями, по которой фиксируют положение уровня в трубе. Первый отсчет после установки прибора для связных грунтов производится ориентировочно через 8–16 ч., для несвязных — через 4–10 ч.

Для большей точности измерения снижение уровня должно быть не менее 1,0 см. Предельная величина снижения (без добавки в трубу измеренной порции воды) составляет 0,5–0,10 глубины в канале (меньшие значения относятся к несвязным грунтам).

6.14. Фильтромер УкрНИИГиМ (рис. 6.4) состоит из станка 8 в цементной обойме 10, служащей для обеспечения его "герметичности", расходомерного устройства в виде бюретки на

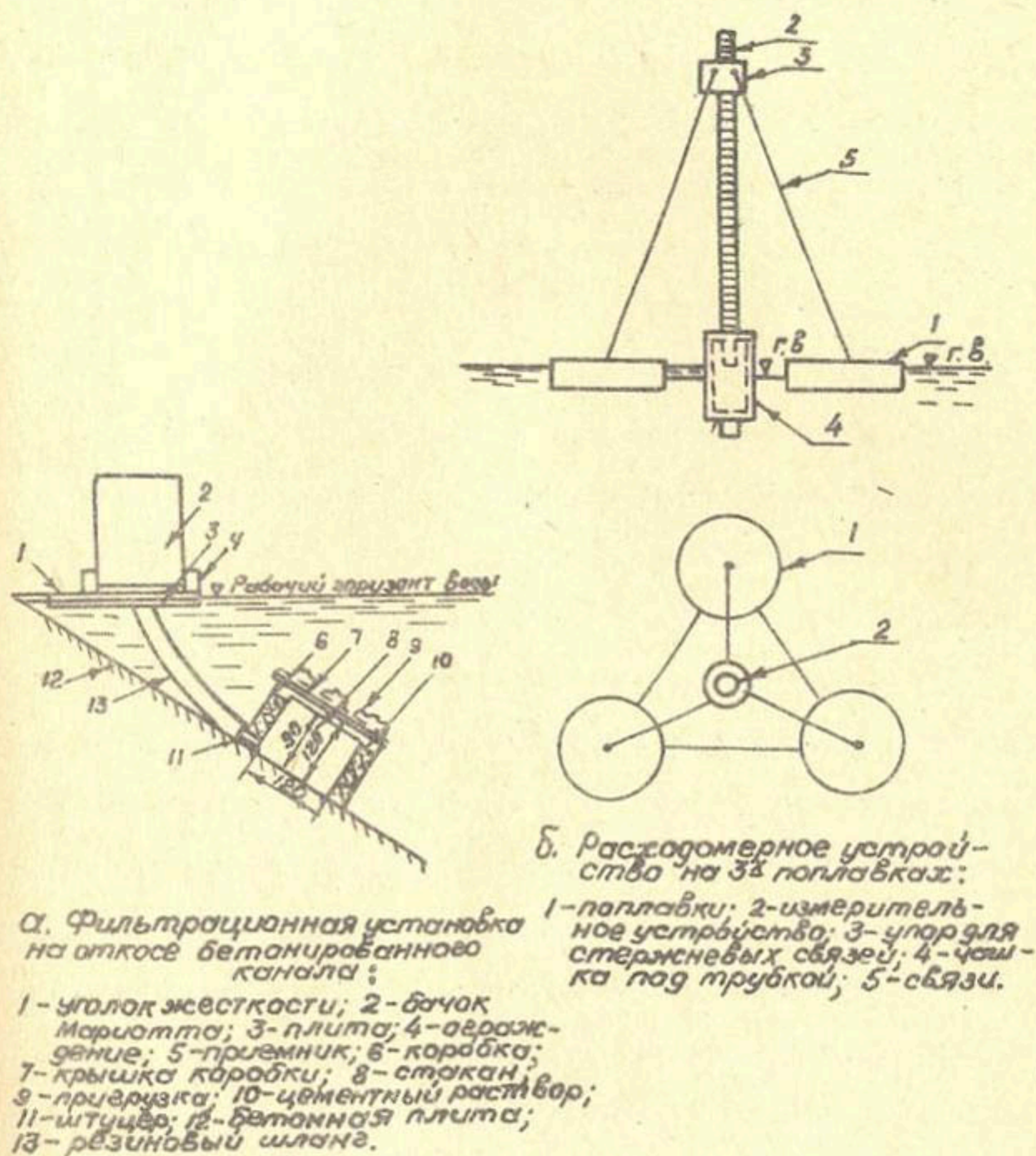


Рис.6.4. Филтромаер УкрНИИГиМа.

трех поплавках (рис.6.4,б) и резинового питающего шланга.

Стакан выполняется из листовой стали толщиной 1 мм. Примерные размеры стакана в плане: для определения потерь через плиты покрытия — диаметром 226 мм, для определения потерь на стыках между плитами — размером 80x125 мм.

Стакан устанавливается в действующем канале на глубину до 0,5 м при скоростях течения до 0,6 м/с. При установке в опорожненном канале он снабжается дополнительным штуцером со шлангом, имеющим зажим для выпуска из стакана воздуха при наполнении системы водой по питающему шлангу. После заполнения стакана водой воздухоотводящий шланг перекрывается.

Жестко закрепленное расходомерное устройство (рис.6.4,а) в виде бачков Мариотта 2 установлено на металлическую полку и поддерживается тросиками и опорными уголками в горизонтальном положении. Против заплесков волн по краям полки устраивается бортик из жести высотой 20 см. Удобство такого устройства заключается в том, что оно позволяет обслуживать сразу несколько фильтрационных стаканов; недостаток — необходимость изменения положения полки при смене горизонтов. Поэтому такое расходомерное устройство пригодно только при стабильном уровне воды в канале.

Расходомерное устройство в виде градуированной бюретки, установленной при помощи треугольных связей на трех поплавках (рис.6.4,б), соединенных между собой стержнями, не нуждается в жестком закреплении на откосе и пригодно для рабо-

ты при изменяющемся в процессе замеров горизонте воды в канале. Недостатком его, типичным для всех расходомеров, установленных на поплавках, является чувствительность к волнению водной поверхности, с которым приходится считаться в ветреную погоду и переходить на другие виды расходомерных устройств.

Обслуживают приборы 2 человека, имеющие все необходимое для работы в воде глубиной 0,5 м.

При работе с прибором придерживаются следующего порядка:

зачищают бетонную облицовку в месте установки стакана;
из стакана 8 (рис. 6.4, а) удаляют воздух, для чего его в перевернутом виде опускают под воду и затем вместе с одетым на штуцер 11 шлангом ставят в заданном месте дна или откоса канала;

стаканы устанавливаются с лестницы, закрепляемой на откосе, и ограждаются металлическим листом-опалубкой соответствующей формы для создания между ними зазора 3-4 см, который заполняется затем раствором на быстросхватывающемся цементе. Для предупреждения размыва раствора течением сверху его прикрывают крышкой с бортиками;

через 1-2 дня свободный конец питающего шланга подсоединяют к расходомерному устройству и после поступления первого пузырька воздуха в сосуд Мариотта расходомерного устройства производят отсчет по шкале и включают секундомер; после окончания замеров стакан снимают, освобождают от цементной ру-

башки и устанавливают в другую точку.

6.15. Результаты полевых измерений с помощью фильтромеров сводят в ведомость 4 (приложения). При заполнении ее руководствуются следующими указаниями.

Расход воды канала за период измерения потерь в створе определяют путем использования кривой расхода ближайшего к створу гидрометрического поста.

Площадь живого сечения потока и остальные элементы его вычисляют при среднем уровне воды (H_{cp}) за период наблюдения.

Величина уровня принимается как среднеарифметическое значение (при колебаниях глубин в пределах $\pm 2\%$) или средневзвешенное (при колебаниях $\pm 5\%$). В последнем случае вычисления производятся по формуле

$$H_{cp} = \frac{\sum H_i t_i}{\sum t_i},$$

где H_i — положение уровня;

t_i — время, в течение которого сохранялся этот уровень.

Нумерация вертикалей (графа 1) ведется последовательно от одного из урезов воды; средняя глубина (графа 2) определяется по среднему уровню воды, наблюдаемому в начале и конце измерения на вертикали; скорость фильтрации (графа 9) принимается равной

$$V_{\phi} = 14,4 \frac{W_{\phi} \cdot \eta \cdot \tau}{\omega \cdot t},$$

- где V_{ϕ} — скорость фильтрации в месте установки прибора, м/сут;
- W_{ϕ} — объем профильтровавшейся воды в фильтромере, см³;
- γ — температурная поправка к 10°C, равна $0,7+0,03 T^{\circ}$;
- ω — площадь фильтрационного стакана (трубы) см²;
- t — продолжительность наблюдения, мин;
- M — коэффициент, зависящий от грунта и диаметра стакана (трубы); принимается по таблице 6.2.

Примечание: При использовании в качестве фильтромеров труб ЮжНИИГиМа объем профильтровавшейся воды следует находить с учетом возможного испарения с поверхности труб.

Таблица 6.2

Величина коэффициента M

	Диаметр : : : : : : стакана, см : 10 : 15 : 20 : 30 : 40					
	Грунты : : : : : :					
Связные	—	—	3,0	2,5	2,3	
Несвязные	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	

Для каналов с бетонной облицовкой $M = 1$.

Средняя скорость фильтрации в створе установки приборов ($V_{\phi, \text{ств.}}$) вычисляется как отношение площади эпюры (V_{ϕ}), построенной по ширине потока (B), к этой ширине.

Фильтрационные потери (л/с) на длине 1 м канала (графа 11), по данным измерений в створе, равны

$$S_{фл} = 0,0116 \cdot V_{фств} \cdot X,$$

где X — смоченный периметр, м.

В каналах, проходящих в глубоких выемках, поймах рек и т.д. грунтовые воды могут выклиниваться и пополнять канал. В этом случае значения в графе 8, а следовательно, и сами значения "потерь" будут с минусом.

6.16. Обобщение результатов замеров производится в приведенной ниже таблице.

Таблица 6.3

Величина потерь
на участке с ПК _____ по ПК _____
канала _____, установленных методом
фильтромеров.

Но- мер ство- ра	ПК- ПК	Сред- няя глу- бина в ство- ре, м	Рас- ход ка- на- ла, м ³ /с	Длина уч-ка под- ве- шен. к ство- ру, м	Потери на фильтрацию		Всего на участ- ке с учетом испаре- ния, м ³ /с		КПД
					л/с на 1 м $S_{фл}$	привед. к $Q=const$	на уч-ке к-ла, м ³ /с		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Дополнительно к указаниям п.6.16 при заполнении таблицы необходимо учитывать следующее.

Длина участка, подвешенного к створу (графа 5), представляет собой отрезок канала, где интенсивность характеризуется каким-либо одним створом (принимается по продольному профилю; п. 6.4).

Если замеры на разных створах участка канала произведены при значительно отличающихся уровнях воды, вызванных изменением расхода, фильтрационные потери по створам приводятся к одному уровню или расходу (графа 7). В этом случае все средневзвешенные уровни воды за время замеров в створах наносятся на продольный профиль исследуемого участка. На этом профиле назначают уровни, соответствующие какому-либо одному расходу канала, которые наносятся на поперечники по створам. Пересчет фильтрационных потерь на новые фиктивные уровни производится:

для несблизованных каналов по видоизмененной формуле Н.Н.Павловского – Н.Н. Веригина (п. 5.3);

$$S_{\phi l}^{np} = \frac{S_{\phi l} [(B \pm \Delta B) + 2(h \pm \Delta h)]}{B + 2h} \quad (\text{при } K_{\phi}, \lambda = \text{const}),$$

где $S_{\phi l}^{np}$ – приведенные потери, л/с на 1 м;

$S_{\phi l; B; h}$ – замеренные потери, л/с на 1 м и соответствующие им ширина по урезу и наполнение в канале;

Δh – изменение уровня воды в створе (принимается по продольному профилю, м);

ΔB – изменение ширины по урезу воды (принимается по поперечникам, м);

для облицованных каналов – по видоизмененным формулам С.Ф.Аверьянова (п. 5.7).

$$S_{\phi l}^{пр} = \frac{S_{\phi l} [(B \pm \Delta B) + 2(h \pm \Delta h)] [1 + \frac{2\delta}{B} (\frac{K_n}{K_2} - 1)]}{[1 + \frac{2\delta}{B + \Delta B} (\frac{K_n}{K_2} - 1)] (B + 2h)} \quad (\text{при } K_n, K_2, \delta = const)$$

или В.И.Аравина (п.5.8)

$$S_{\phi l}^{пр} = \frac{S_{\phi l} (h \pm \Delta h + \delta) (B \pm \Delta B)}{(h + \delta) \cdot B} \quad (\text{при } K_2, \delta = const).$$

Потери на испарение определяются в соответствии с п.2.22.

Оросительная система

Канал _____
Участок № _____
Длина участка _____
Местоположение участка ПК _____
Расходы измерялись: вертушкой
типа _____
водомер.сооруж. _____
типа, размер _____

Схема участка

Створ рас- ход	Верх	Промежу- точ.		Нижн
		№	№	
форси- рован.				
нор- мальн.				
ср. ми- ним.				

Грунт ложа канала _____

наносы, мутность _____ кг/м³

СОСТАВ _____

Уровень грунтовых вод, режим

_____ Ср.глубина залегания

[illegible]

Оросительная система

канал

участок

За период с _____ по _____ г.

Прямолинейная схема системы (канала)

Месяц, декада	Средне- месячн. и сред- недекад. расходы, $\frac{м^3}{с}$	Объем воды, $\frac{м^3}{тыс.м}$		Потери		КПД
		поступив- шей на балансо- вый учас- ток	поступив- шей за пределы балансово- го участка	абсолют- ные, $\frac{м^3}{тыс.м}$	отно- ситель- ные, $\%$	
1	2	3	4	5	6	7

Оросительная система

Канал _____ участок

Отсек № _____
Местоположение ПК _____
Длина отсека _____ м
Расход воды канала _____ м³/с
№ пробы воды _____
Мутность _____ кг/м³
Состав наносов (по фракциям)

№ пробы грунта _____
Состав грунта (по фракциям)

Состояние грунта дна канала
(устойчивое, размываемое,
зайляемое)

Дата измерения

Отметка нуля отсека

нуля уровнемера

Тип водоподающей установки

Прибор или установка для измерения расхода воды, подаваемой в отсек

Площадь смоченной поверхности дна и откосов отсека за период измер.

_____ м² Площадь поверхнос-
ти зеркала воды в отсеке за 2
период измерения _____ м²

Испарение воды ($e_{исп}$) М

Осадки (e_{oc}) _____ М

Ср. приведен. ур. воды _____ м

Ср.глубина в отсеке $(h_{\text{ср}})$ м

Тем-ра воздуха ____; воды ____

[illegible]

Оросительная система

Канал _____ Участок _____

ИЗМЕРЕНИЕ ПОТЕРЬ ВОДЫ ФИЛЬТРОМЕРАМИ

Створ № _____ Дата измерения _____

Тип фильтромера _____ 2. Отметка нуля поста _____

Площадь сечения стакана см^2 _____ нуля уровнемера

Расход воды канала _____ м³/с Ср.приведен.уровень воды в _____

Площадь живого сечения _____ м² (Н_ж) _____

Скорость течения _____ м/с Ср. глубина створа _____

Ширина по урезу _____ м

Мутность воды _____ кг/м³

№ пробы воды _____ Уровень воды, приведенный к высоте поста по вертикали _____

Состав наносов (фракции)	к нулю поста по вертика										
	№№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1

[illegible][illegible]

Состояние грунта дна кана-
ла (устойчивое, размываемое,
заиляемое)

Температура воздуха: — воды —

Уровень воды, приведенный к нулю поста по вертикали

[illegible]

Отметка и глубина уровня
грунтовой воды относительно

 $h_{\text{макс.}}$ _____[illegible]

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
1. Методы определения потерь воды на фильтрацию из оро- сительных каналов и условия их применения	3
2. Гидрометрический метод	4
3. Балансовый метод	25
4. Объемный метод	32
5. Расчетный метод	39
6. Метод точечных фильтромеров	47
Приложение	73