
**Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«РОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ПРОБЛЕМ МЕЛИОРАЦИИ»
(ФГБНУ «РосНИИПМ»)**



**СТАНДАРТ
ОРГАНИЗАЦИИ**

СТО 4.2-6-2015

МЕЛИОРАТИВНЫЕ СИСТЕМЫ И СООРУЖЕНИЯ

Магистральные каналы

Определение потерь на фильтрацию

Издание официальное

Новочеркасск
РосНИИПМ
2015

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения стандартов организаций – ГОСТ Р 1.4-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Основные положения».

Сведения о стандарте:

1 РАЗРАБОТАН рабочей группой федерального государственного бюджетного научного учреждения «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации» (ФГБНУ «РосНИИПМ») в составе: В. Н. Щедрин, акад. РАН, д-р техн. наук, проф.; А. А. Чураев, канд. техн. наук; Д. В. Бакланова, канд. техн. наук; Е. И. Шкуланов, Н. Ю. Черничкина

2 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ приказом директора ФГБНУ «РосНИИПМ» от 29 июня 2015 г. № 21

3 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

© ФГБНУ «РосНИИПМ», 2015

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации».

Содержание

| | |
|--|----|
| 1 Область применения..... | 1 |
| 2 Нормативные ссылки..... | 1 |
| 3 Термины и определения..... | 3 |
| 4 Общие положения..... | 4 |
| 5 Методы определения фильтрационных потерь и условия их применения.... | 5 |
| 6 Гидрометрический метод..... | 6 |
| 7 Объемный метод..... | 13 |
| 8 Расчетный метод..... | 20 |
| 9 Метод фильтромеров..... | 26 |
| 10 Требования к техническим средствам измерения..... | 37 |
| Приложение А (рекомендуемое) Форма ведомости измерения потерь воды объемным методом..... | 39 |
| Приложение Б (рекомендуемое) Форма ведомости измерения потерь воды расчетным методом..... | 40 |
| Приложение В (рекомендуемое) Форма ведомости измерения потерь воды фильтромерами..... | 41 |

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

Мелиоративные системы и сооружения**Магистральные каналы****Определение потерь на фильтрацию**

Reclamation systems and constructions

Main channels

The definition of seepage from main channels irrigation systems

Дата введения – 2015-06-29

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт организации разработан в развитие СП 100.13330.2012 (СНиП 2.06.03-85 Мелиоративные системы и сооружения).

1.2 Настоящий стандарт организации распространяется на магистральные и распределительные каналы оросительных систем в земляном русле и с противофильтрационными покрытиями.

1.3 Стандарт организации устанавливает методы определения фильтрационных потерь из магистральных и распределительных каналов оросительных систем и условия их применения.

1.4 Настоящий стандарт организации применяют для организации оперативного определения потерь воды на фильтрацию из магистральных и распределительных каналов оросительных систем различными методами.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте организации использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ 28168-89 Почвы. Отбор проб

СТО 4.2-6-2015

ГОСТ 12536-79 Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава

ГОСТ 7502-98 Рулетки измерительные металлические. Технические условия

ГОСТ 10528-90 Нивелиры. Общие технические условия

ГОСТ 10529-96 Теодолиты. Общие технические условия

ГОСТ 28725-90 Приборы для измерения уровня жидкостей и сыпучих материалов. Общие технические требования и методы испытаний

ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

ГОСТ 12.3.002-75 ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности

ИСО 772:2011 Измерения гидрометрические. Словарь и условные обозначения

СП 100.13330.2012 Мелиоративные системы и сооружения

МВИ 05-90 Гидромелиоративные каналы с фиксированным руслом. Методика выполнения измерений расхода воды методом «скорость – площадь»

Примечание – При пользовании настоящим стандартом организации целесообразно проверить действие ссылочных стандартов (сводов правил) в информационной системе общего пользования – на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячно издаваемого информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт (документ), то при пользовании настоящим стандартом организации следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 регулирующее сооружение: Гидротехническое сооружение, осуществляющее регулирование уровней, расходов, скоростей водных потоков.

3.2 водовыпуск: Гидротехническое сооружение (устройство) для осуществления пропусков воды из водохранилища, канала или лотка.

3.3

градуировка гидротехнического сооружения: Получение градуировочной характеристики расхода водного потока в зависимости от величины открытия затвора и уровней водного потока в верхнем и нижнем бьефах в виде графика, таблицы или аналитической зависимости.

[ГОСТ Р 51657-1-2000 п. 89]

3.4

уровнемер: Прибор или установка для измерения уровня воды.

[ГОСТ Р 51657-1-2000 п. 40]

3.5

пункт водоучета: Пункт на водотоке или канале, или водохозяйственной системе, оборудованной техническими средствами для проведения гидрометрических работ.

[ГОСТ Р 51657-1-2000 п. 23]

3.6

гидрометрическое устройство: Самостоятельное или дополнительное к гидротехническому сооружению устройство, устанавливаемое в водоводе или на гидротехнических сооружениях для измерения объемного расхода воды.

[ГОСТ Р 51657-1-2000 п. 26]

3.7 гидрометрический створ: Створ через водоток или канал, перпендикулярный к среднему направлению течения воды, в котором измеряют необходимые параметры водного потока для определения объемного расхода и (или) объема воды.

3.8

гидрометрическое сооружение: Гидротехническое сооружение, которое используется для измерений объемного расхода и (или) объема воды.

[ГОСТ Р 51657-1-2000 п. 25]

3.9

гидрометрическая вертушка: Прибор для измерения скорости течения воды в водотоках и водоводах, отличительной особенностью которого является использование ротора или лопастного винта в качестве чувствительного элемента.

[ГОСТ Р 51657-1-2000 п. 43]

4 Общие положения

4.1 Определение фильтрационных потерь из магистральных каналов оросительных систем производится с целью определения объема воды, теряемой при транспортировке, фактического КПД магистрального канала, прогнозирования и предотвращения негативных воздействий фильтрации на приканальную территорию.

4.2 Выбор метода определения фильтрационных потерь зависит от условий работы канала, наличия исходных данных и устанавливается настоящим стандартом организации.

4.3 Фильтрационные потери определяются для нормальных уровней и расходов воды в канале.

4.4 Работы по определению фильтрационных потерь не зависимо от метода производятся при температуре воздуха более плюс 5 °С (осенью) и при полном оттаивании грунтов (весной).

4.5 Потери воды на фильтрацию определяются на характерных участках канала.

4.6 При выборе участка канала для определения потерь воды на фильтрацию должны быть проведены натурные визуальные и инструментальные его

обследования; определены геометрические параметры канала (продольный, поперечный профили участка канала), физико-механические и фильтрационные параметры грунта ложа участка канала; гидравлические характеристики водного потока; техническое состояние канала.

5 Методы определения фильтрационных потерь и условия их применения

5.1 Фильтрационные потери из магистральных каналов оросительных систем определяются следующими методами:

- гидрометрическим;
- объемным;
- расчетным;
- методом фильтромеров.

5.1.1 Гидрометрический метод определения потерь воды на фильтрацию на участке канала заключается в определении разности расходов (объемов) воды в принятых начальном и конечном створах канала методом измерений «скорость-площадь» за вычетом потерь на испарение.

5.1.2 Объемный метод, учитывающий потери из заполненных водой отсеков канала, образованных перемычками, применяется на каналах, допускающих опорожнение на время замеров.

5.1.3 Расчетный метод основан на использовании теоретических и эмпирических зависимостей с использованием достоверных сведений о составе и характеристиках грунтов ложа канала.

5.1.4 Метод фильтромеров заключается в определении скорости фильтрации в отдельных точках ложа канала с помощью специальных приборов – фильтромеров.

5.2 Условия применения методов по определению фильтрационных потерь воды из магистральных и распределительных каналов следующие:

- движение потока воды в канале должно быть установившимся;

- по каналу должен проходить максимальный расчетный расход (для объемного метода такие условия не требуются): диапазон расходов – от 3,0 до 200 м³/с, скорость потока – от 0,5 до 5,0 м/с, глубина потока – от 1,0 до 6,0 м.

- относительная погрешность определения потерь воды из канала для гидрометрического метода составляет $\pm 5\%$; для объемного – $\pm 2\%$; для расчетного – $\pm 7\%$; для метода фильтромеров – $\pm 5\%$.

- наличие соответствующих приборов и оборудования (для гидрометрического метода – высокоточных гидрометрических вертушек типа ГМЦМ-1 или М20101 для измерения скорости потока, уровнемер поплавковый УПМ-2; для объемного – датчик уровня емкостей ДУЕ-М или уровнемер поплавковый; для расчетного метода – наличие грунтовой лаборатории по определению значений коэффициентов фильтрации; для метода фильтромеров – наличие фильтромеров);

- выбор участка канала в соответствии с требованиями к участку канала для проведения измерений тем или иным методом.

6 Гидрометрический метод

6.1 Сущность гидрометрического метода определения фильтрационных потерь воды из канала заключается в определении разности расходов воды, найденных в выбранных начальном и конечном гидрометрических створах методом «скорость – площадь».

6.2 Технология определения фильтрационных потерь воды из канала гидрометрическим методом включает следующие этапы:

- визуальные и инструментальные обследования технического состояния и условий работы канала;

- выбор участка канала и выбор места для назначения основных входного, выходного и промежуточного сечений канала для измерений расхода;

- закрепление и оборудование гидрометрических створов на входном (начальном), промежуточном и выходном (конечном) сечениях;

- определение физико-механических и фильтрационных свойств грунтов ложа канала;
- обследование режима грунтовых вод на прилегающей к каналу территории;
- выполнение топографической съемки выбранного участка канала и его описание;
- выбор технологии выполнения промерных работ;
- проведение промерных работ и обработка результатов измерений.

6.3 Проводятся натурные визуальные и инструментальные обследования канала и определяются геометрические и гидравлические параметры канала (размеры сечения канала, уклон дна, глубина потока и т. д.), техническое состояние канала (заиленность, зарастаемость, переработка берегов), механический состав грунта и его фильтрационные свойства по взятым пробам грунта и пробам донных отложений (место и число скважин для взятия проб определяются степенью их разнообразия), режим грунтовых вод на приканальной территории.

6.4 По данным обследования производится выбор участка канала. Выбранный участок канала на всем протяжении должен по возможности проходить в однородных грунтах и одинаковых условиях режима грунтовых вод, иметь однообразное сечение; не иметь нерегулируемых водовыпусков и сбросов в другие каналы. В случае наличия регулируемых водовыпускных сооружений до проведения измерений необходимо произвести закрытие и герметизацию затворов.

6.5 Основные требования, предъявляемые к участку канала, предназначенного для проведения измерений, следующие.

Участок канала в месте расположения створа должен быть прямолинейным, с постоянной формой поперечного сечения, допускающей отклонения от средних геометрических размеров (ширины, строительной высоты русла, величины заложения откосов) не более $\pm 2\%$, с постоянным углом дна. При скорости потока в канале менее 2,0 м/с допустимая длина участка, на котором должны быть выдержаны указанные условия, в зависимости от ширины канала по верху В, должна быть не меньше указанной в таблице 1.

Таблица 1 – Длина участка в месте расположения створа

| Максимальный расход воды в канале, м ³ /с | от 3,0 до 5 | от 5 до 10 | от 10 до 25 | от 25 до 100 | свыше 100 |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| Минимальная допустимая длина прямолинейного участка | от 6 В до 8 В | от 4 В до 6 В | от 3 В до 5 В | от 2 В до 3 В | не менее 1,5 В |

При скорости потока в канале более 2,0 м/с, длина участка канала должна приниматься в 1,5 раза больше, по сравнению с данными таблицы 1.

Участок измерений должен быть удален от гидротехнических сооружений и других источников сбойности потока на расстояние, исключающее появление в створе измерений волновых явлений, косоструйности и повышенных пульсаций скорости и составляющее не менее 10 В.

На участке должна быть исключена возможность зарастания и систематического заиления русла слоем толщиной более 2 % от нормальной глубины потока.

Участок должен быть доступен для проведения измерений, подъезда автотранспорта для перевозки обслуживающего персонала и оборудования и обеспечивать возможность подвода энергоснабжения и связи.

На участке измерений должны быть успокоительные устройства для размещения средств измерений уровня воды.

Длина участка канала между начальным (верхним) и конечным (нижним) створами L , км, назначается из условия [1]:

$$L = \frac{67,4 \cdot P_i}{\sigma \cdot \sqrt{n} \cdot p}, \quad (1)$$

где P_i – точность измерений отдельных расходов, %;

σ – потери воды в процентах от расхода на 1 км длины канала;

n – число наблюдений;

p – точность определения потерь, %.

Величина относительных потерь σ ориентировочно определяется по формуле:

$$\sigma = \frac{A}{Q^m}, \quad (2)$$

где A – параметр, характеризующий величину процента потерь на километр длины канала;

Q – расход канала, м³/с;

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

Параметры A и m приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры A и m для вычисления σ

| Грунт | A | m |
|------------------------------------|-----|-----|
| Тяжелый (тяжелый суглинок и глина) | 0,7 | 0,3 |
| Средний (средний суглинок) | 1,9 | 0,4 |
| Легкий (супесь, легкий суглинок) | 3,4 | 0,5 |

6.6 Съёмку участка необходимо производить 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 русел, а также обеспечить точное определение смоченной площади русла канала. В описание участка включаются данные о характерных расходах воды, скорости течения, глубинах, эксплуатационном режиме канала, техническом состоянии канала.

Для проведения линейно-угловых измерений следует применять следующие геодезические инструменты:

- нивелир (в соответствии с ГОСТ 10528-90);
- рейку нивелирную длиной от 1,0 до 4,0 м (в соответствии с ГОСТ 10528-90);
- ленту мерную и рулетки металлические классов 1, 2 или 3 длиной от 1 до 50 м, ценой деления не более 0,001 м по всей длине шкалы (в соответствии с ГОСТ 7502-98);

- теодолит (в соответствии с ГОСТ 10529-96).

Для измерения уровней воды допускается применять любые типы уровнемеров, в том числе штриховые меры длины (уровнемерные рейки), соответствующие диапазонам измерений и условиям эксплуатации, удовлетворяющие требованиям ГОСТ 28725-90.

6.7 Начальный и конечный створы участка канала должны быть оборудованы в соответствии с требованиями к гидрометрическим створам. Необходимо наличие средств передвижения вдоль гидропоста (гидрометрические мостики, плавсредства с тросами и т. д.), оборудования для измерения расходов и уровней воды (вертушки, штанги, рейки, самописцы уровней).

6.8 Разбивка измерительного створа, перпендикулярного к оси канала, производится с помощью теодолита с вешками, и закрепляются с помощью постоянных створных знаков на противоположных берегах канала.

6.9 Форма и размеры сечения канала определяются после проведения геодезической съемки русла канала с помощью нивелира и рек.

6.10 Разбивка скоростных вертикалей в зависимости от ширины канала производится по данным таблицы 3.

Таблица 3 – Разбивка скоростных вертикалей в зависимости от ширины канала

| Ширина канала по дну, м | Максимальное расстояние между скоростными вертикалями, м |
|-------------------------|--|
| от 2,0 до 5,0 | от 0,25 до 0,50 |
| от 5,0 до 10,0 | от 0,50 до 1,00 |
| от 10,0 до 25,0 | от 1,00 до 2,50 |
| от 25,0 до 50,0 | от 2,50 до 5,00 |
| от 50,0 до 100,0 | от 5,00 до 10,00 |
| от 100 до 200,0 | от 10,00 до 15,00 |
| более 200,0 | от 15,00 до 20,00 |

В руслах трапецидального сечения с заложением откосов канала более 1:1 и строительной глубине более 1,50 м скоростные вертикали следует разбивать не только по дну, но и на откосах канала.

6.11 Положение скоростных вертикалей должно оставаться постоянным и фиксируется в створах.

6.12 Количество точек установки вертушки на каждой вертикали и координаты их расположения должны приниматься согласно таблице 4.

Таблица 4 – Количество точек установки вертушки на каждой вертикали

| Глубина потока на вертикали, м | Допускаемое количество точек установки первичного преобразователя вертушки, шт. | Координаты установки первичного преобразователя вертушки (при отсчете от дна канала) |
|--------------------------------|---|--|
| от 0,30 до 0,50 | 2 | 0,20 h_n ; 0,80 h_n |
| от 0,50 до 0,80 | 3 | 0,20 h_n ; 0,40 h_n ; 0,80 h_n |
| более 0,80 | 5 | 0,10 м от дна; 0,20 h_n ; 0,40 h_n ; 0,80 h_n и у поверхности воды ($h_{нов}$) |

6.13 Определение общих потерь воды $S_{общ}$, м³/с, на участке канала производится по формуле:

$$S_{общ} = Q_{верх} - Q_{ниж}, \quad (3)$$

где $Q_{верх}$ и $Q_{ниж}$ – соответственно расходы воды в верхнем и нижнем створах, м³/с.

6.13.1 Расходы воды в верхнем и нижнем створах, Q , м³/с, определяются согласно МВИ-05-90 [2] по формуле:

$$Q = K \cdot v_1 \cdot f_0' + 0,5(v_1 + v_2) \cdot f_1 + \dots 0,5(v_{n-1} + v_n) f_n + k \cdot v_n \cdot f_0'', \quad (4)$$

где K – коэффициент скорости;

v_1, v_2, v_n, v_{n-1} – средняя скорость потока, м/с;

f_0', f_1, f_n, f_0'' – площади отсеков потока между вертикалями, м².

Средняя скорость потока на вертикалях должна определяться по формулам:

- при установке вертушки в одной точке на вертикали:

$$v_n = v_{0,4}; \quad (5)$$

- при установке вертушки в двух точках на вертикали:

$$v_n = 0,5(v_{0,2} + v_{0,8}); \quad (6)$$

- при установке вертушки в трех точках на вертикали:

$$v_n = 0,33(v_{0,2} + v_{0,4} + v_{0,8}); \quad (7)$$

- при установке вертушки в пяти точках на вертикали:

$$v_n = 0,083v_q + 0,173v_{0,2} + 0,34T(v_{0,4} + v_{0,8}) + 0,05v_{нос}; \quad (8)$$

- при установке вертушки в шести точках и при наличии ледяного покрова:

$$v_n = 0,1[v_q + 2(v_{0,2} + v_{0,4} + v_{0,6}) + v_{нос}]. \quad (9)$$

Потери на испарение с водной поверхности участка $S_{исп}$, м³/с, определяются по выражению:

$$S_{исп} = \frac{B_i^{cp} \cdot e_i \cdot e_{исп}}{86400}, \quad (10)$$

где B_i^{cp} – средняя ширина уреза воды по линии между дополнительными створами, м;

$$B_i^{cp} = \frac{B_1 + B_2}{2}, \dots, \frac{B_{n-1} + B_n}{2}; \quad (11)$$

B_1, B_2, \dots, B_n – ширина уреза воды по линии между дополнительными створами, м;

e_i – расстояние между дополнительными створами, м;

$e_{исп}$ – высота слоя испарения воды, м/сут.

Потери на фильтрацию $S_{ф}$, м³/с, находятся по разности общих потерь $S_{общ}$ и потерь на испарение $S_{исп}$:

$$S_{ф} = S_{общ} - S_{исп}. \quad (12)$$

Измерения скоростей воды должны осуществляться раз в день в каждом створе, при этом количество точек замеров зависит от глубины потока. В расчет принимаются результаты с погрешностью измерений до 6 %.

Результаты вычислений расходов сводятся в таблицу 5.

Таблица 5 – Результаты измерения расходов воды

| Номер определения потерь | Дата | Расход воды | | Общие потери $S_{общ}$, м ³ /с | Потери на испарение $S_{исп}$, м ³ /с | Потери на фильтрацию $S_{ф}$, м ³ /с |
|--------------------------|------|-------------|-----------|--|---|--|
| | | $Q_{верх}$ | $Q_{ниж}$ | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

7 Объемный метод

7.1 Выбор и подготовка участка канала для замеров выбирается из условий, установленных пунктами 6.4 и 6.5.

7.1.1 Длина участка – отсека, ограниченного перемычками, назначается из условия [1]:

$$L \leq \frac{0,15h_n}{i}, \quad (13)$$

где L – длина отсека, м;

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

i – средний продольный уклон дна на участке.

7.1.2 Водонепроницаемые перемычки устраивают из грунта или из сборных элементов переносного типа – металлические, железобетонные, пластиковые. В целях обеспечения достаточной водонепроницаемости грунтовые перемычки уплотняются механизмами, а жесткие устраиваются в русле канала в виде диафрагм (глубина зуба не менее $0,2h_n$). Смоченная поверхность перемычек должна составлять не более 3 % от смоченной поверхности отсека.

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

7.2 Подготовительные работы включают:

- съемку участка и его описание;
- оборудование участка для наблюдений и измерений;
- взятие образцов грунта в районе участка и проб донных отложений;
- установку гидрометрических реек;
- наполнение отсека.

7.2.1 Съемка участка осуществляется в соответствии с п. 6.6. Дополни-

тельно к этому необходимо предусмотреть установку двух-трех измерительных реек по длине отсека для наблюдения за изменением уровней воды с точностью до 1 мм. Для повышения точности отсчетов рейки должны быть снабжены успокоителями. Положение нулей реек устанавливают нивелировкой.

7.2.2 Оборудование участка для проведения наблюдений и измерений состоит в обеспечении временных гидростов средствами передвижения вдоль них (гидрометрические мостики, плавсредства), необходимыми измерительными и вспомогательными приборами.

7.2.3 Пробы грунта отбираются согласно ГОСТ 28168-89. Отбор проб при бурении скважины производится по всей ее глубине: при однородном грунте пробы берутся через каждый метр, при слоистом – в каждом заметном слое. В лабораторных условиях определяют механический состав грунта согласно ГОСТ 12536-79. Если на всем протяжении участок канала проходит в условиях, исключающих возможность выклинивания в русле канала грунтовой воды, скважинами пользуются лишь для однократного взятия образцов грунта вдоль участка. Место и число скважин в этом случае определяется степенью разнообразия грунтов. Пробы донных отложений на всю их толщину отбираются донным шупом или отрывкой шурфов в осушенном канале с последующим определением их фракционного состава.

7.2.4 Наполнение отсека производится с помощью передвижных насосных станций, производительность которых подбирается в зависимости от объема воды в отсеке и предполагаемых потерь из него. В отсек следует подавать осветленную воду.

7.2.5 По результатам съемки заполненного отсека устанавливают его геометрические характеристики по створам в виде графиков зависимостей среднего смоченного периметра $\chi_{cp.}$, м, и ширины русла по урезу $B_{cp.}$, м, 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 P , м², и площадь зеркала Ω , м², воды равна:

$$P = \chi_{\text{ср}} \cdot L, \quad (14)$$

$$\Omega = B_{\text{ср}} \cdot L. \quad (15)$$

7.3 До проведения исследований и выполнения замеров необходимо убедиться в том, что величина потерь стабилизировалась. Стабилизация потерь наступает, если при трех-четырех замерах скорость сработки горизонтов воды в отсеке (при расчетном наполнении) отличаются не более чем на 2 %. Промежуток времени между замерами назначается таким, чтобы от первого замера (с начала измерения) до второго замера 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, стабилизация наступает практически сразу, в противном случае – через 3–5 суток.

7.4 Определение фильтрационных потерь из каналов методом изолированных отсеков можно выполнять 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 уровня.

7.4.1 Объем призмы сработки ΔW , м³, определяют по величине снижения уровня воды Δh , м, в отсеке за время t , с, и вычисляют по формуле:

$$\Delta W = \Delta h \frac{\Omega_n + \Omega_k}{2}, \quad (16)$$

где Ω_n, Ω_k – площадь зеркала воды в отсеке в начале и в конце измерений, м².

Замеры следует начинать после заполнения отсека до глубины, соответствующей глубине при пропуске по каналу форсированного расхода, и по мере снижения горизонтов воды выполнять их при других уровнях воды, соответствующих глубинам при пропуске по каналу нормального или минимального расхода.

7.4.2 Способ определения количества воды, поданной в отсек для поддер-

жания заданных уровней, предполагает использование водомерных устройств, фиксирующих расход 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.

Степень точности замеров по данному способу будет зависеть от точности показаний водомера и точности установки уровня воды в отсеке в момент проведения работ.

7.4.2.1 Во время проведения исследований амплитуда колебания уровней по отношению к заданному горизонту воды должна быть в пределах ± 1 % от среднего наполнения. В случае, когда этого достичь не удастся, потери следует относить к средневзвешенному по времени наполнению отсека.

7.4.3 Потери воды в отсеках следует определять минимум для трех уровней, соответствующих максимальной (форсированной), нормальной и средне-минимальной глубинам воды, установившихся в канале при пропуске соответствующих расходов.

7.4.4 При определении потерь воды объемным методом необходимо осуществлять:

- наблюдения за испарением с водной поверхности, которые ведутся в течение всего периода работ непрерывно;
- наблюдения за поступающими в отсек атмосферными осадками. Определение их объема осуществляются с помощью приборов ГГИ-3000 и других, применяемых при гидрометеорологических работах, и ведутся по правилам, установленным гидрометеорологической службой;
- наблюдение за всеми уровнемерными рейками в отсеке. Если разница положения уровней на основной рейке и рейке, расположенной у верхней пе-

ремычки, превышает 1 см, то за истинное положение уровня считают среднее по всем рейкам (выполняется во время ветра с целью учета ветрового нагона).

7.5 Обработка и оформление результатов. Записи данных полевых наблюдений и результатов их обработки ведутся по ведомости (приложение А), пригодной как для первого, так и второго способа определения потерь объемным методом. Общими для указанных двух способов являются графы 1–5 и 8–13. Графа 6 заполняется при первом способе, графа 7 – при втором.

7.5.1 При обработке результатов наблюдений и заполнений ведомости необходимо руководствоваться следующими указаниями.

Суммарный объем потерь на фильтрацию W_{ϕ} , м³/с, и испарение $W_{исп}$, м³/с, определяются по зависимости:

$$W_{\phi} + W_{исп} = \Delta W + W_{ос}, \quad (17)$$

где ΔW – объем призмы сработки в отсеке, м³, (графа 6, приложение А) определяется в соответствии с пп. 6.2.1. При установлении потерь вторым способом ему соответствует количество воды, поданной в отсек для поддержания в нем заданного уровня (графа 7, приложение А);

$W_{ос}$ – объем осадков, выпавших на поверхность отсека, м³.

$$W_{ос} = e_{ос} \cdot \Omega_{ср}, \quad (18)$$

где $e_{ос}$ – слой осадков, выпавших за период наблюдений, м;

$\Omega_{ср}$ – средняя за период наблюдений площадь зеркала воды в отсеке, м².

Объем испарившейся воды составляет:

$$W_{исп} = e_{исп} \cdot \Omega_{ср}, \quad (19)$$

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

Суммарные потери S , м³/с, (графа 11, приложение А) равны:

$$S = \frac{W_{\phi} + W_{исп}}{60t}, \quad (20)$$

где t – продолжительность периода наблюдений (графа 3, приложение А), мин.

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

- фильтрационные потери на один километр длины участка, S_l , л/с:

$$S_l = \frac{1000 \cdot S}{L}, \quad (21)$$

- фильтрационные потери на 1000 м^2 площади смоченного ложа участка, S_p , л/с:

$$S_p = \frac{S \cdot 10^6}{\chi_i^{cp} \cdot b_i} = \frac{S \cdot 10^6}{P}, \quad (22)$$

где χ_i^{cp} – усредненный смоченный периметр поперечников, м;

$$\chi_i^{cp} = \frac{\chi_1 \cdot \chi_2}{2}, \dots, \frac{\chi_{n-1} \cdot \chi_n}{2}; \quad (23)$$

χ_1, χ_2, χ_n – смоченный периметр поперечников, м;

P – смоченная поверхность участка, м^2 ;

- на один километр в процентах от среднего расхода воды на участке:

$$Q_{cp} = \frac{Q_{верх} + Q_{ниж}}{2}, \quad (24)$$

$$\sigma = \frac{S_l}{Q_{cp}} \cdot 100. \quad (25)$$

Данные, необходимые для определения смоченной поверхности дна и откосов участка канала и площади зеркала воды в отсеке, объединяются в таблице 6.

Таблица 6 – Данные, необходимые для определения смоченной поверхности дна, откосов участка канала, площади зеркала воды в отсеке

| Номер определения потерь | Номер поперечника | Расстояние между поперечниками | Уровень воды в створе | Площадь живого сечения F , м^2 | Ширина по урезу воды B , м | Средняя глубина живого сечения h_{cp} , м | Смоченный периметр χ , м |
|--------------------------|-------------------|--------------------------------|-----------------------|---|------------------------------|---|-------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |

Замеры уровней воды в канале необходимо определять минимум для трех горизонтов, соответствующих форсированной, нормальной и средне-минимальной глубинам воды.

7.5.3 Потери определяются с точностью абсолютных и удельных величин – до трех значимых цифр: относительных – до 0,1 % при величине их больше единицы и до 0,01 % при величине меньше единицы. Допустимая погрешность результатов не должна превышать 2 %.

7.5.4 Обобщение результатов замеров производится по таблице 7.

Таблица 7 – Обобщение результатов замеров

| Глубина воды, м | Расход канала, м ³ /с | Длина участка канала, м | Фильтр. расход на 1 м отсека, л/с | Относит. величина потерь (σ), % | Потери на длине участка, м ³ /с | КПД участка канала |
|-----------------|----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|--|--|--------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

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

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

7.5.4.3 Потери по длине участка канала, на который распространяются результаты измерения потерь в отсеке, получают умножением величины потерь (графа 11, приложение А) на длину участка канала.

7.5.4.4 Коэффициент полезного действия (КПД) участка канала определяется с точностью до 0,01 по формуле:

$$КПД = \frac{Q - S}{Q}. \quad (26)$$

7.6 По результатам наблюдений строится зависимость потерь и КПД от расхода на участке канала (рисунок 1). На устойчивых участках канала, где обеспечивается связь средней глубины, площади живого сечения, ширины по урезу воды с расходом, эта зависимость является основной.

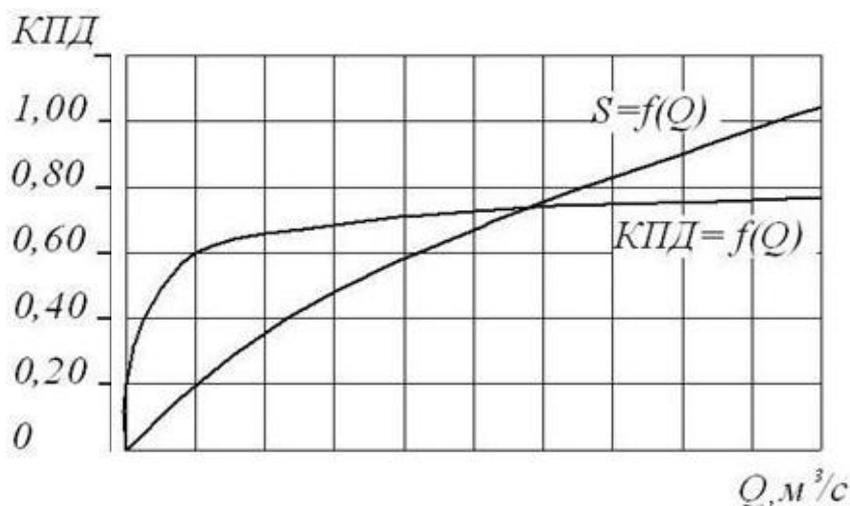


Рисунок 1 – График зависимости потерь и КПД от расхода

8 Расчетный метод

8.1 Для определения потерь расчетным способом необходимы следующие исходные материалы:

- продольные и поперечные профили канала с показанием литологических разностей и водно-физических свойств грунтов;
- уровень грунтовых вод на рассматриваемом участке канала;
- гидравлические элементы канала и режим его работы;
- сведения о водно-физических свойствах ложа канала (наличие облицовки, заиление).

8.1.1 Определение геометрических размеров канала, уклона, гидравлических характеристик канала и наличие противифильтрационных устройств определяются при проведении натурного обследования с выполнением исполнительной съемки, руководствуясь п. 6.6.

8.1.2 Отбор проб грунта производится в соответствии с п. 7.2.3.

8.1.3 Уровень грунтовых вод исследуемого участка определяется с помощью пьезометров и по наблюдательным скважинам. Пьезометры для наблюдения за уровнями грунтовых вод в районе исследуемого участка канала устанавливаются в случаях, когда заведомо известно о близком залегании грунтовых вод. В связанных грунтах, где стенки скважины не обрушиваются, устанавли-

вать 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, в середине и в 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 четырех 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.

8.2 Применение тех или иных расчетных формул для определения фильтрационных потерь расчетным методом зависит от режима (стадии) фильтрации. Различают два вида фильтрации:

- свободная фильтрация, когда грунтовые воды не влияют на величину потерь и характер фильтрации;
- подпертая фильтрация, 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:

$$\frac{T_0}{T} = \sqrt{\left(\frac{T_1}{T}\right)^2 - \frac{S_c L}{K_\phi C \cdot T^2}}, \quad (27)$$

где T_0 – мощность потока бытовых грунтовых вод, м;

T – глубина залегания водоупора от уровня 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 отсека или расстояние от канала до дренирующего стока, м;

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

C – поправочный коэффициент, принимается по таблице 8.

Таблица 8 – Значения поправочного коэффициента

| Показатель | Значение | | | |
|------------|----------|------|-----|-----|
| | T/L | 0,05 | 0,2 | 0,4 |
| C | 1 | 0,8 | 0,6 | 0,4 |

8.3 Определение фильтрационных потерь Q_f , м³/с на 1 км, расчетным методом необходимо выполнять согласно рекомендациям СП 100.13330.2012.

8.3.1 Расчет фильтрационных потерь из каналов непрерывного действия в земляном русле при установившейся свободной фильтрации следует выполнять по следующим зависимостям:

- для каналов полигональной и параболической формы:

$$Q_f = 0,0116k_f \left(B + 2d_c \right); \quad (28)$$

- для каналов трапециевидальной формы:

а) при $\frac{b}{d_c} < 4$:

$$Q_f = 0,0116k_f \mu \left(B + 2d_c \right); \quad (29)$$

б) при $\frac{b}{d_c} > 4$:

$$Q_f = 0,0116k_f \left(B + Ad_c \right); \quad (30)$$

где k_f – коэффициент фильтрации грунтов ложа канала, м/сут;

B – ширина канала по урезу воды, м;

d_c – глубина воды в канале, м;

b – ширина канала по дну, м;

μ и A – коэффициенты, определяемые по таблице 9.

Таблица 9 – Значения коэффициентов μ и A в зависимости от величины заложения откосов m

| $\frac{b}{d_c}$ | $m=1$ | | $m=1,5$ | | $m=2$ | |
|-----------------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|
| | A | μ | A | μ | A | μ |
| 2 | – | 0,98 | – | 0,78 | – | 0,62 |
| 3 | – | 1,00 | – | 0,98 | – | 0,82 |
| 4 | – | 1,14 | – | 1,04 | – | 0,94 |
| 5 | 3,0 | – | 2,5 | – | 2,1 | – |
| 6 | 3,2 | – | 2,7 | – | 2,3 | – |
| 7 | 3,4 | – | 3,0 | – | 2,7 | – |
| 10 | 3,7 | – | 3,2 | – | 2,9 | – |
| 15 | 4,0 | – | 3,6 | – | 3,3 | – |
| 20 | 4,2 | – | 3,9 | – | 3,6 | – |

8.3.2 При многослойном основании коэффициент фильтрации следует определять по формуле:

$$k_f = \frac{t_1 + t_2 + \dots + t_n}{\frac{t_1}{k_1} + \frac{t_2}{k_2} + \dots + \frac{t_n}{k_n}}, \quad (31)$$

где t_1, \dots, t_n – мощность слоя грунта, м;

k_1, \dots, k_n – коэффициент фильтрации n -ого слоя грунта, м/сут.

8.3.3 Расчет фильтрационных потерь из облицованных каналов Q_f , м³/с на 1 км, при облицовке одинаковой толщины на дне и откосах при установившейся свободной фильтрации вычисляется по формуле:

$$Q_f = 0,0116k_s \left[\frac{e^{2\pi \frac{d_c + \delta_0}{\delta_0}} - 1}{\delta_0} + 2md_c + \frac{d_c^2}{\delta_0} \sqrt{1+m^2} \right], \quad (32)$$

где k_s – коэффициент фильтрации облицовки, м/сут;

δ_0 – толщина облицовки, м.

Осредненные коэффициенты фильтрации противofильтрационных покрытий k_s (с учетом фильтрации через швы) следует принимать по таблице 10.

Таблица 10 – Значения осредненных коэффициентов фильтрации различных типов противofильтрационных облицовок

| Противofильтрационное покрытие | Осредненный коэффициент фильтрации, м/сут |
|--|---|
| Бетонные монолитные облицовки, качество швов удовлетворительное | 0,0007–0,0003 |
| Бетонные монолитные облицовки со швами, герметизированными профильными прокладками | 0,0002 |
| Сборные и монолитные бетоноплочные облицовки | 0,0003–0,00025 |
| Сборные и монолитные бетонные облицовки с геомембраной | 0,000003–0,0000025 |
| Грунтоплочные облицовки | 0,00035–0,00025 |
| Грунтоплочные облицовки с геомембраной | 0,000003–0,000002 |

8.4 Потери при подпертой фильтрации Q_{fn} , м³/с, следует определять по зависимости [1]:

$$Q_{fn} = Q_f \cdot \alpha, \quad (33)$$

где Q_f – фильтрационные потери при свободной фильтрации, м³/с;

α – коэффициент, характеризующий влияние подпора грунтовых вод на величину потерь ($\alpha < 1$) в зависимости от превышения канала над зеркалом грунтовых вод и определяемый по таблице 11.

Таблица 11 – Значения коэффициента, характеризующего влияние подпора грунтовых вод на величину потерь

| Расход воды в канале, м ³ /с | Глубина залегания грунтовых вод, м | | | | | | | |
|---|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| | до 3 | 3 | 5 | 7,5 | 10 | 15 | 20 | 25 |
| 1 | 0,63 | 0,79 | – | – | – | – | – | – |
| 3 | 0,50 | 0,63 | 0,82 | – | – | – | – | – |
| 10 | 0,41 | 0,50 | 0,66 | 0,79 | 0,91 | – | – | – |
| 20 | 0,36 | 0,45 | 0,57 | 0,71 | 0,82 | – | – | – |
| 30 | 0,35 | 0,42 | 0,54 | 0,66 | 0,77 | 0,94 | – | – |
| 50 | 0,32 | 0,37 | 0,49 | 0,60 | 0,69 | 0,84 | 0,97 | – |
| 100 | 0,28 | 0,33 | 0,42 | 0,52 | 0,58 | 0,73 | 0,84 | 0,94 |

8.5 Потери при установившейся свободной фильтрации Q_f , м³/с на 1 км канала, также могут быть рассчитаны по формуле Н. Н. Павловского – Н. Н. Веригина:

$$Q_f = 0,0116 \cdot K_f \lambda B + 2d_c \quad (34)$$

где K_f – коэффициент фильтрации грунта, м/сут, принимается по таблице 12;

λ – коэффициент принимается по таблице 13 в зависимости от отношения $\frac{0,3h_k}{B}$,

h_k – высота капиллярного поднятия в грунте, м.

B – ширина канала по урезу воды, м;

d_c – глубина наполнения канала, м.

Водно-физические свойства грунтов при отсутствии специальных исследований учитываются приближенными значениями по таблице 12.

Таблица 12 – Водно-физические свойства грунтов

| Грунты и их свойства | Коэффициент фильтрации, м/сут | Высота капиллярного поднятия, м |
|-----------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| Глина | 0,001 | 2,50–3,50 |
| Тяжелый суглинок | 0,01–0,001 | 1,50–2,50 |
| Средний суглинок | 0,01–0,40 | 1,20–2,00 |
| Легкий суглинок | 0,05–0,10 | 1,0–1,80 |
| Супесь, пылеватые пески | 0,10–1,00 | 0,50–1,50 |
| Песчаный, гравелистый грунт | > 1,00 | < 0,50 |

Таблица 13 – Значения коэффициента, учитывающего капиллярные свойства грунтов

| $\frac{0,3h_k}{B}$ | λ | $\frac{0,3h_k}{B}$ | λ | $\frac{0,3h_k}{B}$ | λ |
|--------------------|-----------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 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 | – | – | – | – |

8.6 Результаты измерений и расчетов потерь воды на фильтрацию расчетным методом сводятся в ведомость измерения потерь воды приложения Б.

9 Методом фильтромеров

9.1 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.

9.2 Для определения потерь методом фильтромеров необходимы следующие исходные материалы:

- данные геодезической съемки участка канала, продольный и поперечные профили участка;
- фактическое техническое состояние канала с описанием осуществленных мероприятий по борьбе с потерями на фильтрацию;
- гидравлические элементы и режим работы канала;
- состав почвогрунтов основания канала;
- режим грунтовых вод.

9.2.1 Сбор исходных материалов осуществляется путем изучения проектно-изыскательских и эксплуатационных материалов, а также при проведении натуральных исследований, при этом:

- геодезическую съемку и определение гидравлических режимов и режима работы участка канала необходимо производить в соответствии с п. 6.5 настоящего стандарта;
- отбор проб грунта – пп. 7.2.3;
- наблюдения за режимом уровня грунтовых вод производятся в соответствии с пп. 8.1.3.

На основании собранных данных каналы или их участки, где предполагается проводить замеры, группируются по размерам, типам облицовки и ее состоянию, по проницаемости грунтов основания и условиям фильтрации.

Подготовительные работы также включают:

- оборудование участка;
- установку фильтромеров.

9.2.2 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, шириной 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 с обозначенными вертикалями мест установки прибора;

- устанавливают в русле на створе приспособления для закрепления приборов в точках измерения потерь.

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

- комплектом фильтромеров (рабочими и запасными);

- весами, обеспечивающими взвешивание до 5–10 кг с точностью до 1 г;

- лодкой с якорем (для работы на широких каналах) и тросами; ходовым приспособлением 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 и металлическими кольями для его крепления;

- измерительными приборами (теодолит, нивелир, рулетка, гидрометрическая вертушка, секундомер);

- комплектом бурового оборудования для определения уровня грунтовых вод;

- фильтрационными приборами для определения коэффициента фильтрации грунта по методам Нестерова, Болдырева и др.

При этом расчет коэффициента фильтрации по методу А. К. Болдырева производится по формуле:

$$K = \frac{Q}{F}, \quad (35)$$

где Q – установившийся расход, м³/сут;

F – фильтрующая площадь зумпфа (дно или дно и смоченные стенки), м².

Метод А. К. Болдырева применяют только при изучении сильно проницаемых пород (крупнозернистых песков, галечников и сильнотрещиноватых скальных грунтов). Коэффициент фильтрации, получаемый с использованием данного метода, обычно несколько завышен. Опыт проводят в зумпфе диаметром 0,5 м или немного больше, стенки которого, если они устойчивы, могут не закрепляться.

Коэффициент фильтрации K по методу Н. С. Нестерова рассчитывается по формуле:

$$K = \frac{Q}{FI} = \frac{Qh}{F(H + h_k + h)}, \quad (36)$$

где Q – установившийся расход из внутреннего цилиндра, м³/сут;

F – площадь внутреннего цилиндра, м²;

I – гидравлический уклон;

h – глубина просачивания, м;

H – высота столба воды зумпфе, м;

h_k – капиллярное давление, м.

9.2.4 По участку канала назначают места установки приборов – фильтромеров. Для этого составляют продольный и поперечный профили с показом литологии и уровня грунтовых вод. Приборы располагают по линии створов, расположенных нормально к оси канала. Количество створов на участке назначают в пределах четыре – шесть 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 ос-

нования канала, для получения более точных данных вместо одиночных створов следует назначить «кусты» из двух, трех и более створов, отстоящих друг от друга примерно на 5 м. При этом расстояние между «кустами» принимается таким же, как для одиночных створов.

9.2.5 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 в створе 8–10 фильтромеров.

9.3 Особенности конструкции и применения фильтромеров. 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 (рисунок 2).

Применяемое расходомерное устройство бывает двух видов:

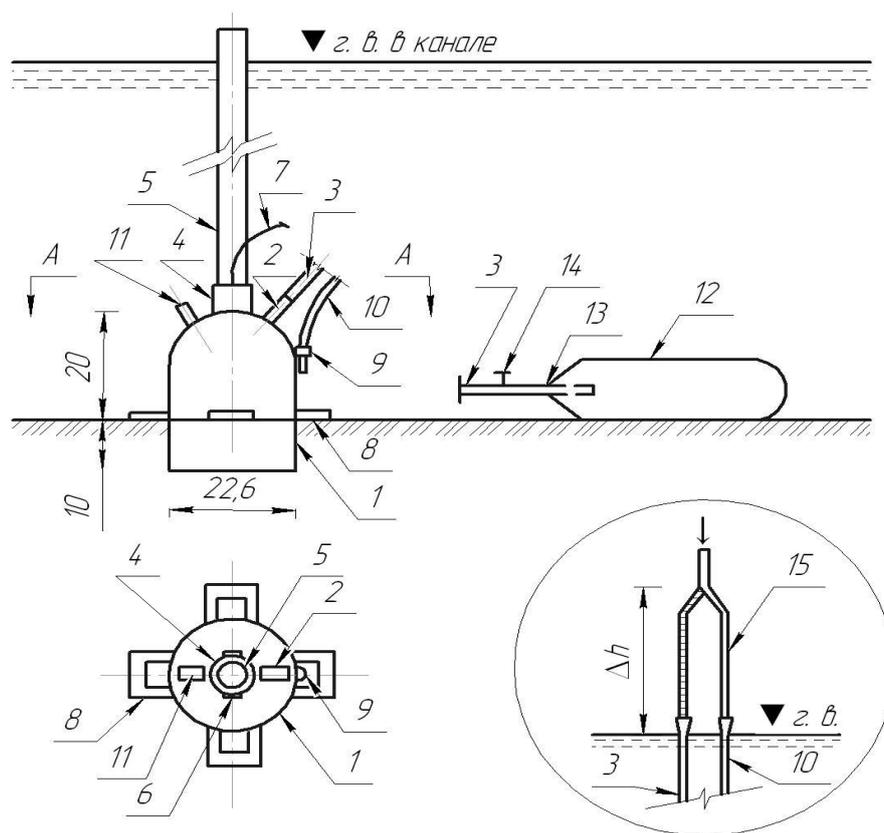
- градуированная емкость, работающая по принципу сосуда Мариотта (рисунок 3), установленная на плаву (рисунок 3а) или жестко закрепленная у поверхности воды (рисунок 3б);

- эластичный резервуар, заполненный водой, опускаемый под уровень воды в канале (рисунок 2).

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

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

Фильтромерами, в которых рабочий орган и расходомерное устройство объединены в одну конструкцию, являются трубы, разработанные ЮжНИИ-ГиМ (рисунок 4). Регулирование уровней в трубах производится вручную.



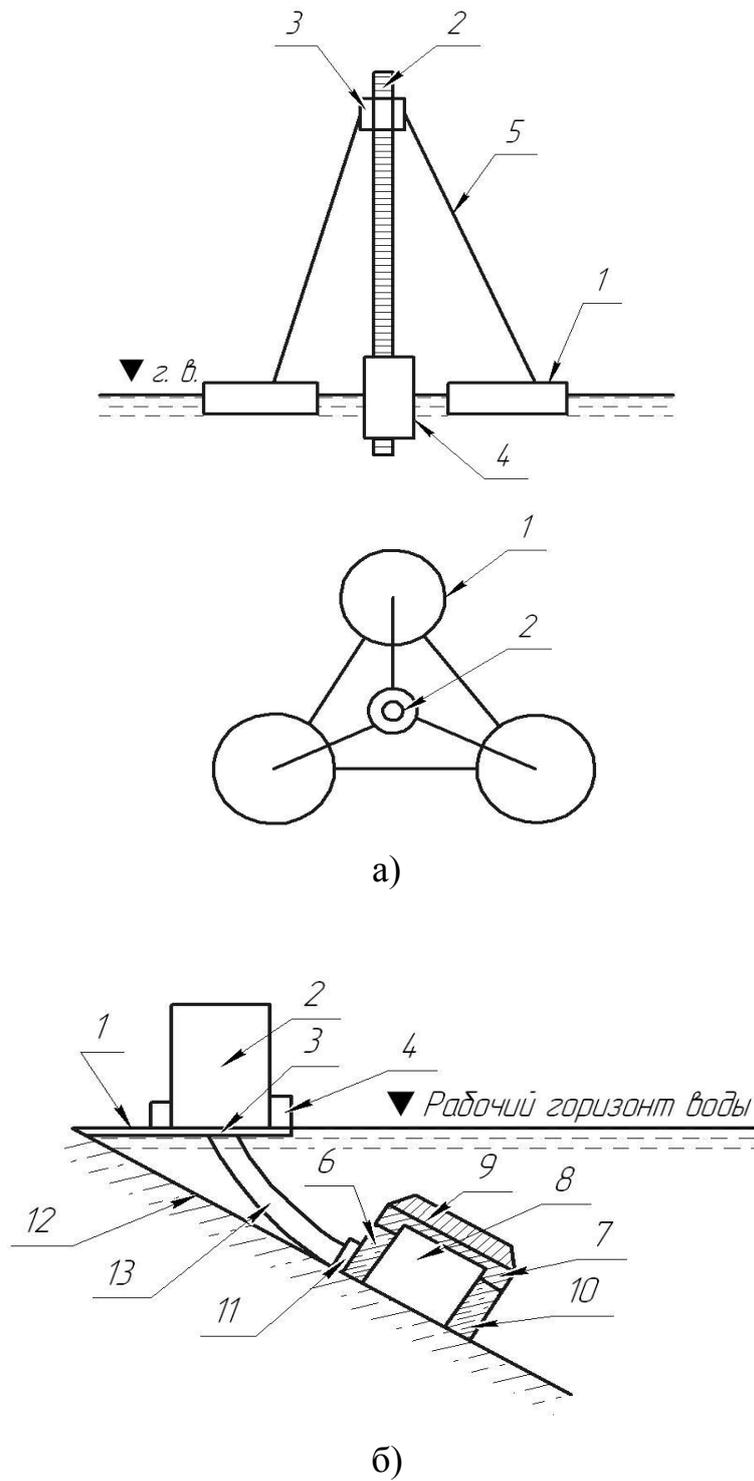
1 – стакан из тонкой листовой стали; 2 – штуцер рабочий; 3 – питающий шланг; 4 – патрубок для крепления штанги; 5 – составная штанга; 6 – кольцо для крепления троса; 7 – подъемный трос; 8 – ограничительные ручки; 9 – скоба для крепления трубки; 10 – контрольная трубка для подключения к манометру на время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

Рисунок 2 – Фильтромер САНИИРИ – УкрВОДГЕО

9.3.1 Применение того или иного типа прибора обуславливается конструктивными особенностями канала и условиями режима его работы.

К ним относятся:

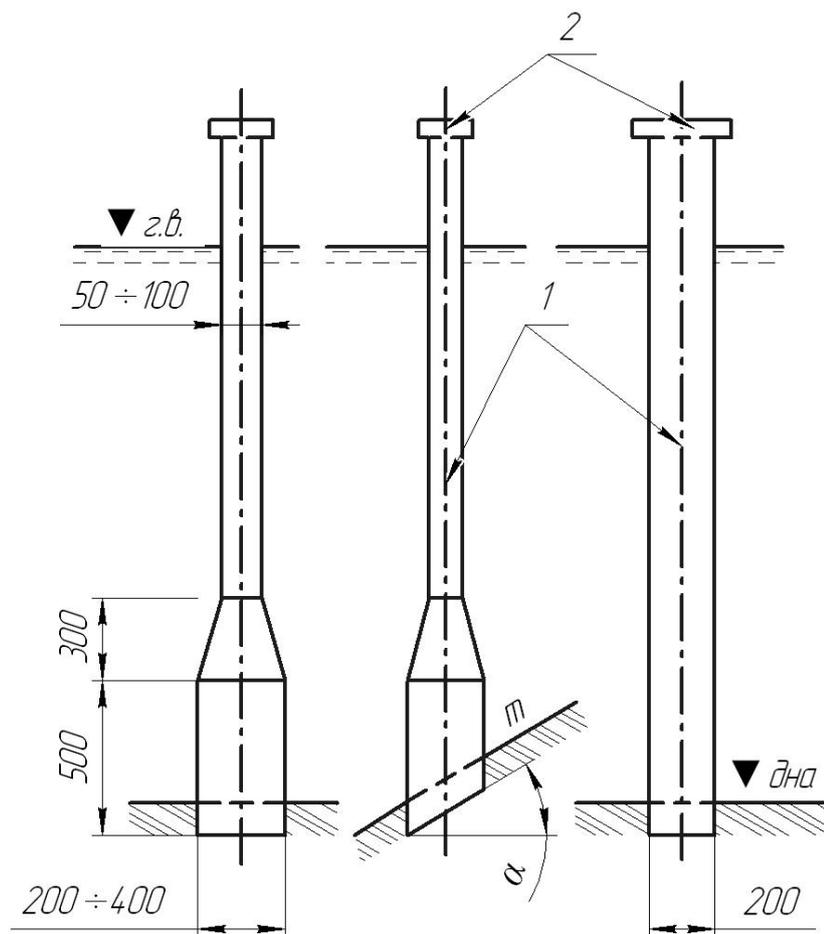
- наличие противофильтрационного устройства и тип последнего;
- ширина канала и его наполнение;
- колебание уровней воды в канале и возможность его опорожнения на период установки приборов;
- волнение водной поверхности;
- мутность воды в канале;
- примерная величина скорости фильтрации.



а – расходомерное устройство на трех поплавках: 1 – поплавки; 2 – измерительное устройство; 3 – упор для стержневых связей; 4 – чашка под трубкой; 5 – связи;

б – фильтрационная установка на откосе бетонированного канала: 1 – уголок жесткости; 2 – бачок; 3 – плита; 4 – ограждение; 5 – приемник; 6 – коробка; 7 – крышка коробки; 8 – стакан; 9 – пригрузка; 10 – цементный раствор; 11 – штуцер; 12 – бетонная плита; 13 – резиновый шланг

Рисунок 3 – Фильтромер УкрНИИГиМ



а – трубы переменного сечения для установки в дне и откосах канала;
 б – трубы постоянного сечения; 1 – трубы из тонкой листовой стали (1–1,5 мм);
 2 – кольцо жесткости против деформации при передаче динамической нагрузки

Рисунок 4 – Фильтромеры ЮжНИИГиМ

Выбор прибора осуществляется по таблице 14 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 (см. рисунок 2).

В аналогичных условиях, но если глубина в канале не более 1,5–2,0 м, а вода осветлена, могут быть применены трубы ЮжНИИГиМ (см. рисунок 4).

Ограничения в применении труб в первом случае вызваны тем, что при высоте более 2 м они малотранспортабельны, а при мутной воде все наносы в трубе осядут с образованием наилка, тогда как в канале они транзитом проносятся вниз по течению.

Таблица 14 – Условия применения фильтромеров

| Конструкция каналов и условия их работы | Трубы ЮжНИИГиМ | Рабочий орган фильтромера | | Расходомерное устройство | | |
|---|---------------------|---------------------------|--------------|--------------------------|-----------|----------------------|
| | | Стакан | | Градуированная емкость | | Резервуар |
| | | САНИИРИ УкрВОДГЕО | УкрНИИГИМ | УкрНИИГИМ | УкрНИИГИМ | САНИИРИ УкрВОДГЕО |
| 1 Необлицованные | + | + | – | + | + | + |
| 2 Облицованные | – | – | + | + | + | + |
| 3 Большие по ширине | + | + | + | – | + | + |
| 4 Глубиной 2–4 м постоянного действия | – | + | – | + | + | + |
| 5 Глубиной менее 2 м постоянного действия | – | + | + (до 0,5 м) | + | + | + |
| 6 Допускают опорожнение на период установки приборов | + | + | + | + | + | + |
| 7 Измерение уровней воды во время замеров | + (под наблюдением) | + | + | – | + | + |
| 8 Значительное волнение водной поверхности | + | + | + | – | – | + |
| 9 Несущие значительное количество взвешенных наносов | – | + | + | + | + | + |
| Примечание – Целесообразность использования приборов (знак «+» в таблице) оценивается только применительно к условиям, приведенным в графе 1; все остальные условия и конструкция канала с точки зрения применения данного прибора требуют уточнения. | | | | | | |

9.3.2 Общие для всех фильтромеров правила выполнения 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 определяется 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.

9.4 Установка и определение фильтрационных потерь фильтромерами. Фильтромер САНИИРИ – УкрВОДГЕО состоит из стакана, расходомера и коммуникаций (шлангов).

Вода, профильтровавшаяся через площадку смоченной поверхности канала, ограниченной стаканом, пополняется по питающему шлангу из резервуара 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.

9.4.1 Фильтромеры ЮжНИИГиМ 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 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. Рекомендуется следующая глубина погружения: в связных грунтах – 6–7 см, в несвязных – 9–10 см. Контроль глубины погружения осуществляется по делениям на трубе.

Изменение уровня 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 0,05–0,10 м глубины в канале (меньшие значения относятся к несвязным грунтам).

9.4.2 Фильтромер УкрНИИГИМ состоит из стакана 8 в цементной обойме 10, служащей для обеспечения его герметичности, расходомерного устройства в виде бюретки на трех поплавках и резинового питающего шланга.

Стакан выполняется из листовой стали толщиной 1 мм. Примерные размеры стакана в плане: для определения потерь через плиты покрытия – диамет-

ром 226 мм, для определения потерь на стыках между плитами – размером 80×125 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 в виде бачков Мариотта 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.

9.5 Результаты измерений с помощью фильтромеров сводят в ведомость, приведенную в приложении В.

9.6 Фильтрационные потери $S_{\phi l}$, л/с на длине 1 м канала (графа 11, приложение В), по данным измерений в створе, равны [1]:

$$S_{\phi l} = 0,0116 \cdot v_{\phi.ст\sigma} \cdot \chi, \quad (37)$$

где $v_{\phi.ст\sigma}$ – средняя скорость фильтрации в створе установки приборов, определяется по формуле:

$$v_{\phi.ст\sigma} = \frac{S_{\text{эпюры}} \cdot v_{\phi}}{B_{ст\sigma}}, \quad (38)$$

где $S_{\text{эпюры}}$ – площадь эпюры, м²;

v_{ϕ} – скорость фильтрации в месте установки прибора, м/сут, определяется по формуле:

$$v_{\phi} = 14,4 \frac{W_{\phi} \cdot \mu \cdot r}{\omega \cdot t}, \quad (39)$$

где W_{ϕ} – объем профильтровавшейся воды в фильтромере, см³;

μ – коэффициент, зависящий от грунта и диаметра стакана (трубы);

r – температурная поправка к 10 °С, равна $r = (0,7 + 0,03) \cdot T$, °С;

ω – площадь фильтрационного стакана (трубы), см²;

t – продолжительность наблюдения, мин;

$B_{ств}$ – ширина канала в створе установки приборов, м;

χ – смоченный периметр, м.

10 Требования к техническим средствам измерения

10.1 Технические требования к нивелирам и нивелирным рейкам приведены в п.2 ГОСТ 10528-90 «Нивелиры. Общие технические условия». Рулетки должны соответствовать требованиям ГОСТ 7502-98 «Рулетки измерительные металлические. Технические условия» и конструкторской документации на рулетки конкретных марок, утвержденной в установленном порядке. Общие технические требования к теодолитам приведены в п. 5 ГОСТ 10529-96 «Теодолиты. Общие технические условия». Приборы для измерения уровня жидкостей и сыпучих материалов должны соответствовать техническим требованиям ГОСТ 28725-90 (п. 1).

10.2 Метрологическая сертификация средств измерений должна проводиться в обязательном порядке Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии. Сертификат об утверждении типа средств измерений подтверждает, что данное средство измерений успешно прошло технические и метрологические тестовые испытания и разрешено к применению в Российской Федерации. В процессе метрологической сертификации проводятся испытания средств измерений с целью утверждения типа, госрегистрация средства измерений, а также выдача сертификата, подтверждающего данное решение. Кроме того, проводятся установленные испытания средств измерений, которые проверяют их соответствие утвержденному типу во время осуществления контроля.

10.3 Поверка средств измерений должна проводиться в соответствии с

СТО 4.2-6-2015

инструкцией по проведению технологической поверки геодезических приборов [3] и правилами ПР 50.2.006-94 «Правила по метрологии. Государственная система обеспечения единства измерений. Порядок проведения поверки средств измерений» [4].

Периодичность выполнения операций поверочных работ должна определяться технической инструкцией системы ГКИНП на проведение конкретных видов работ и отражаться в технических проектах на производство работ.

Периодичность проведения операций поверки теодолитов – в соответствии с требованиями Инструкции по построению государственной геодезической сети и Инструкции по полигонометрии.

Периодичность проведения операций поверки нивелиров и нивелирных реек – в соответствии с требованиями «Инструкции по нивелированию I, II, III и IV классов».

Периодичность операций поверки свето- и радиодальномеров устанавливается Инструкциями по проведению основных геодезических работ (ГКИНП по построению государственной геодезической сети, полигонометрии, трилатерации).

Проверку внешнего состояния лент и рулеток выполняют визуальным осмотром и опробованием. Визуальный осмотр и опробование проводят каждый раз перед началом работ. При этом проверяют качество штрихов и надписей, убеждаются в отсутствии на полотне ленты (рулетки) изломов, коррозии, царапин и других дефектов, влияющих на качество измерений; проверяют ленту и рулетку на скручивание и раскручивание на сматывающем барабане, при этом не должно быть заеданий в работе механизма перемотки металлической ленты.

Проверка длины шкалы лент выполняется один раз в три месяца.

При подготовке к работе, испытаниям, поверке, ремонту и эксплуатации приборов должны быть выполнены требования ГОСТ 12.1.005, ГОСТ 12.3.002.

**Приложение А
(рекомендуемое)**

Форма ведомости измерения потерь воды объемным методом

Оросительная система _____

Канал _____ участок _____

ИЗМЕРЕНИЕ ПОТЕРЬ ВОДЫ ОБЪЕМНЫМ СПОСОБОМ

Дата измерения _____

Отсек № _____ Местоположение ПК _____

Отметка нуля отсека _____ Отметка нуля уровнемера _____

Расход воды канала _____ м³/с

№ пробы воды _____

Мутность _____ Состав наносов по фракциям _____

Состояние грунта на дне канала (устойчивое, размываемое, заиляемое) _____

Тип водоподающей установки _____

Прибор или установка для измерения расхода воды, подаваемой в отсек _____

Площадь смоченной поверхности дна и откосов отсека за период измерений _____ м²

Площадь поверхности зеркала воды в отсеке за период измерения _____ м²

Испарение воды ($e_{исп}$) _____ м

Осадки ($e_{ос}$) _____ м

Средне приведенные уровни воды _____ м

Средняя глубина в отсеке ($h_{ср}$) _____ м

Температура воздуха _____ °С

Температура воды _____ °С

| Время наблюдения, ч, мин | | | Приведенный уровень | | Объем призмы сработки, м ³ | Объем поданной в отсек воды, м ³ | Объем осадков, м ³ | Объем испарения, м ³ | Объем профильтровавшейся воды, м ³ | Потери из отсека, м ³ /с | Удельные потери, л/с | |
|--------------------------|-------|---------------------------------|---------------------|---------|---------------------------------------|---|-------------------------------|---------------------------------|---|-------------------------------------|----------------------|----------------------------------|
| Начало | Конец | Продолжительность наблюдения, ч | В начале | В конце | | | | | | | На 1 км отсека | На 1000 м ² смоченной |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| | | | | | | | | | | | | |

Приложение Б
(рекомендуемое)

Форма ведомости измерения потерь воды расчетным методом

| | |
|---|----------------------------------|
| Оросительная система _____ | |
| Канал _____ | участок _____ |
| ИЗМЕРЕНИЕ ПОТЕРЬ ВОДЫ РАСЧЕТНЫМ МЕТОДОМ | |
| Дата измерения _____ | |
| Участок № _____ | Местоположение ПК _____ |
| Расход воды канала _____ | м ³ /с |
| № пробы воды _____ | |
| Мутность _____ | Состав наносов по фракциям _____ |
| Состояние грунта на дне канала (устойчивое, размываемое, заиляемое) _____ | |
| Тип противофильтрационного покрытия _____ | |
| Грунт основания _____ | |
| Характер фильтрации _____ | |
| Площадь смоченной поверхности дна и откосов участка за период измерений _____ | |
| | м ² |
| Площадь поверхности зеркала воды на участке за период измерения _____ | |
| | м ² |
| Испарение воды ($e_{исп}$) _____ | |
| | м |
| Осадки ($e_{ос}$) _____ | |
| | м |
| Средне приведенные уровни воды _____ | |
| | м |
| Средняя глубина (h_{cp}) _____ | |
| | м |
| Температура воздуха _____ | |
| | °С |
| Температура воды _____ | |
| | °С |
| Используемые расчетные зависимости _____ | |
| Потери воды на испарение _____ | |
| | м ³ |
| Потери воды на фильтрацию _____ | |
| | м ³ |

**Приложение В
(рекомендуемое)**

Форма ведомости измерения потерь воды фильтромером

Оросительная система _____

Канал _____ участок _____

ИЗМЕРЕНИЕ ПОТЕРЬ ВОДЫ ФИЛЬТРОМЕРАМИ

Дата измерения _____

Створ № _____ Местоположение ПК _____

Отметка нуля отсека _____ Отметка нуля уровнемера _____

Средне приведенные уровни воды в створе за период наблюдения _____ м

Средняя глубина створа _____ м

Расход воды канала _____ м³/с

Площадь живого сечения _____ м²

Скорость течения _____ м/с / Ширина по урезу _____ м

№ пробы воды _____

Мутность _____ Состав наносов (фракции) _____

Состояние грунта на дне канала (устойчивое, размываемое, заиляемое) _____

№ пробы грунта _____

Состав грунта (фракции) _____

Уровень воды приведенный к нулю поста по вертикали

| № | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| В начале | | | | | | | | | | |
| В конце | | | | | | | | | | |

Температура воздуха _____ °С

Температура воды _____ °С

| № вертикали | Ср. глубина на вертикали, м | Время наблюдения, ч, мин | | | Вес водомерного резервуара | | | Скорость фильтрации, м/сут | | Потери на фильтрацию, л/с | | Примечание |
|-------------|-----------------------------|--------------------------|-------|---------------------------------|----------------------------|---------|--|----------------------------|------------------|---------------------------|--|------------|
| | | Начало | Конец | Продолжительность наблюдений, ч | В начале | В конце | Объем профильтрованной воды, см ³ | В фильтромере | Средняя в створе | На 1 м канала | На 1000 м ² смоченной поверхности | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |

Библиография

- [1] Рекомендации по определению потерь на фильтрацию из оросительных каналов / САНИИРИ. – Ташкент, 1979. – 78 с.
- [2] МВИ 05-90 Гидромелиоративные каналы с фиксированным руслом. Методика выполнения измерений расхода воды методом «скорость–площадь»
- [3] ПР 50.2.006-94 Государственная система обеспечения единства измерений. Порядок проведения поверки средств измерений
- [4] ГКИНП (ГНТА) 17-195-99 Инструкция по проведению технологической поверки геодезических приборов

УДК 626.826.006.03

Ключевые слова: гидротехническое сооружение, оросительная система, канал, фильтрационные потери.