Открытое акционерное общество
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГИДРОТЕХНИКИ им. Б.Е. ВЕДЕНЕЕВА»

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО АНАЛИЗУ ДАННЫХ И ПРОВЕДЕНИЮ НАТУРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ПРОТИВОДАВЛЕНИЕМ И СОСТОЯНИЕМ ДРЕНАЖНЫХ СИСТЕМ В ОСНОВАНИИ И ТЕЛЕ БЕТОННЫХ ПЛОТИН

П84–2001
ВНИИГ

Санкт-Петербург
2001

gost.e-ecolog.ru

Открытое акционерное общество
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГИДРОТЕХНИКИ им. Б.Е. ВЕДЕНЕЕВА»

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО АНАЛИЗУ ДАННЫХ И ПРОВЕДЕНИЮ НАТУРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ПРОТИВОДАВЛЕНИЕМ И СОСТОЯНИЕМ ДРЕНАЖНЫХ СИСТЕМ В ОСНОВАНИИ И ТЕЛЕ БЕТОННЫХ ПЛОТИН

П84–2001
ВНИИГ

Санкт-Петербург
2001

УДК 626/627.03.001.42 + 627.82.034.96

Рекомендации посвящены методике проведения натурных наблюдений за противодавлением в основании и теле бетонных плотин, оценке работы дренажных систем, а также методам обработки и анализа данных наблюдений.

© ОАО «ВНИИГ им.Б.Е.Веденеева», 2001

ПРЕДИСЛОВИЕ

Противодавление в основании и теле бетонных плотин является одной из основных расчетных нагрузок, действующих на сооружение, и напрямую связано с устойчивостью, прочностью и долговечностью. Контроль за противодавлением и состоянием дренажных систем должен осуществляться на всех бетонных плотинах.

Рекомендации содержат методику проведения натурных наблюдений за противодавлением в основании и теле плотин, оценки работы и состояния дренажных устройств, а также методы обработки и анализа результатов наблюдений. В приложениях представлены: а) образец полевого журнала регистрации результатов натурных наблюдений за противодавлением и расходами дренажных устройств; б) пример оценки противодавления в основании плотины Саяно-Шушенской ГЭС.

Рекомендации составлены в ОАО "ВНИИГ им. Б.Е.Веденеева" доктором техн. наук Носовой О.Н., канд. техн. наук Дурчевой В.Н. и инж. Александровской Э.К., предназначены для практического использования службами эксплуатации гидроэлектростанций и могут рассматриваться как дополнение и развитие "Правил технической эксплуатации энергетических станций и сетей" (ПТЭ), а также Пособий к СНиП [2].

РАО «ЕЭС России»	Рекомендации по анализу данных и проведению натурных наблюдений за противодавлением и состоянием дренажных систем в основании и теле бетонных плотин	П84-2001 ВНИИГ Вводятся впервые

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Целью настоящих Рекомендаций является усовершенствование и унификация методики эксплуатационного контроля за состоянием бетонных плотин по данным натурных наблюдений за противодавлением. Рекомендации рассчитаны на широкий круг специалистов в области гидротехнического строительства, а именно на персонал гидроцехов, гидрослужб энергосистем и т.д.

1.2. Рекомендации распространяются на все типы бетонных плотин I, II и III классов. Рассматриваются случаи определения противодавления при различных конструктивных решениях для подземного контура, в том числе случаи определения противодавления при отсутствии специальных дренажных устройств в подземном контуре.

1.3. При составлении Рекомендаций использован опыт многолетних наблюдений за противодавлением и состоянием дренажных устройств, накопленный на отечественных и зарубежных гидросооружениях. Особое внимание уделяется наблюдениям за работой и состоянием дренажных устройств на сооружениях среднего и высокого напора и в том числе натурным наблюдениям за фильтрационным давлением в теле бетонных плотин.

1.4. Вопросы организации и проведения натурных наблюдений за противодавлением в основании и теле бетонных плотин рассматриваются с учетом специфики перехода от наблюдений вручную к автоматизированным системам контроля.

Внесены ОАО «ВНИИГ им.Б.Е.Веденеева»	Утверждены РАО «ЕЭС России» письмо № 02-1-03-4/617 от 03.07.98	Срок введения в действие IV кв. 2001 г.

1.5. Кроме наблюдений за пьезометрическими напорами и расходами в дренажных устройствах, являющихся обязательными при проведении контроля за противодавлением и состоянием дренажных устройств, рассматриваются также некоторые виды наблюдений, внедрение которых представляется перспективным.

1.6. Особое внимание в Рекомендациях уделяется повышению информационной ценности данных натурных наблюдений путем оценки представительности, достоверности и достаточности получаемой информации.

1.7. Рекомендации содержат принципы оценки состояния контролируемых объектов и их надежности, в том числе и при непроектном фильтрационном режиме.

1.8. Применение Рекомендаций на практике иллюстрируется конкретными примерами, представленными в Приложениях.

2. НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ПРОТИВОДАВЛЕНИЕМ В ОСНОВАНИИ И ТЕЛЕ БЕТОННЫХ ПЛОТИН

2.1. Для определения противодавления в основании и теле бетонных сооружений в принципе могут быть использованы любые датчики давления, обеспечивающие достаточную точность и оперативность измерений давлений фильтрационного потока в рассматриваемой наблюдательной точке и отвечающие ожидаемому диапазону изменений измеряемого параметра (давлений в потоке).

2.2. Размещение наблюдательных точек в пределах подземного контура следует проводить на основе фильтрационного расчета, с помощью которого определяется так называемая сетка фильтраций, представленная пересечением эквипотенциалий и линий тока. Соответствующая пьезометрическая сеть, устанавливающая порядок размещения пьезометров (датчиков давления), должна быть представлена пересечением поперечных и продольных контрольных створов, первые из которых теоретически должны быть ориентированы на линии тока, а вторые - на эквипотенциали.

2.3. Необходимое количество поперечных створов устанавливается на основе разделения сооружения вдоль напорного фронта на отдельные типовые участки, определяемые общностью конструкции противофильтрационных и дренажных устройств и гидрогеологических условий в основании плотины. Размещение наблюдательных точек в пределах поперечного створа определяется положением характерных точек эпюры противодавления так, чтобы результаты измерений могли быть использованы для характеристики эффективности отдельных противофильтрационных и дренажных устройств в подземном контуре.

2.4. Общее количество продольных створов определяется положением наблюдательных точек в поперечных створах при условии, что размещение наблюдательных точек в них отвечает требованиям стандарта. Однако при необходимости могут предусматриваться специально организованные продольные створы, в которых количество наблюдательных точек превышает их число в поперечных створах.

2.5. Для определения противодавления в основании плотины установка водоприемников пьезометров (датчиков давления) должна осуществляться в зоне контакта сооружения с основанием. Рекомендуемая глубина погружения водоприемника ниже бетона тела плотины 1,5-2,0 м.

2.6. Наблюдения за давлением воды в теле бетонных плотин, связанным с их напряженным состоянием, выполняются с помощью закладных датчиков струнного типа - пьезодинамометров (ПДС).

2.7. Приборы устанавливаются в наиболее высоких секциях на нескольких отметках по высоте плотины, в том числе вблизи основания и в пределах отметок сработки водохранилища. При этом створы приборов размещаются в монолитном бетоне и в горизонтальных строительных швах. Желательно, чтобы в монолите створ пьезодинамометров совпадал со створом других закладных датчиков - тензометров (ПЛДС) и термометров (ПТС). В створе, расположенном в горизонтальном строительном шве, наряду с пьезодинамометрами, устанавливаются щелемеры (ПЛПС) или тензометры в роли щелемеров.

2.8. Количество датчиков в каждом створе должно быть достаточным для построения эпюры давления. Для этого до дренажа, в зависимости от расстояния его от напорной грани, устанавливается не менее 6-7 датчиков, после дренажа - 1-2 датчика. Рекомендуется следующее размещение приборов в створе: от напорной грани пьезодинамометры устанавливаются на расстоянии 20, 50, 100, 200, 300, 450, 600 см и далее через 300 см; после дренажа так же через 300 см.

2.9. Измерения по пьезодинамометрам начинаются после подъема УВБ выше отметки установки приборов. В период первого подъема УВБ до отметки НПУ и последующей сработки бьефа измерения проводятся 2-3 раза в месяц. Во время дальнейшей эксплуатации измерения могут быть сокращены до одного раза в два месяца.

2.10. Измерения по пьезодинамометрам производятся одновременно с измерениями по приборам, установленным в горизонтальных строительных швах (щелемерам и тензометрам), а также приборам, установленным у напорной грани для определения напряжений в бетоне (ПЛДС).

2.11. Техника измерения фильтрационного давления с помощью пьезометров зависит от типа пьезометра и от технического уровня системы контроля (ручные измерения или автоматизированные). В случае безнапорных пьезометров (уровень воды в пьезометре ниже оголовка) положение уровня воды в пьезометрической трубе определяется с помощью уровнемеров. Для измерений, осуществляемых с помощью напорных пьезометров, используют манометры переносные или стационарно установленные, При автоматизированных системах контроля во всех наблюдательных точках должны использоваться унифицированные датчики давления.

2.12. Частоту измерений контролируемого параметра следует определять в зависимости от частоты колебаний уровней воды на границах питания и разгрузки потока, но не рекомендуется измерения проводить реже, чем 1 раз в месяц. При заметно выраженных суточных колебаниях уровня воды на какой-либо границе (более 1-2 м) измерения уровней воды в близко расположенных пьезометрах целесообразно проводить отдельными циклами непрерывных измерений. Длительность цикла определяется из расчета на полный цикл суточных колебаний УНБ.

2.13. Проверка состояния пьезометров при отсутствии специальных показаний (какие-либо очевидные повреждения пьезометров) должна производиться не реже 1 раза в два года. При проверке состояния пьезометра проводятся измерения глубины и опытная откачка. В случае необходимости, при заилении фильтра пьезометра или при очень низких темпах восстановления уровня (т.е. при темпах существенно ниже тех, которые следует ожидать при заданном по проекту значении коэффициента фильтрации грунта) проводится чистка пьезометра. Проверка работоспособности переносных измерительных приборов осуществляется в соответствии с общепринятыми правилами проверки измерительной аппаратуры.

2.14. Регистрация результатов ручных измерений проводится в полевых журналах установленной формы. При автоматизированных системах контроля регистрация значения измеряемых параметров проводится путем опроса измерительных приборов, установленных в наблюдательных точках. Проверка состояния КИА и проведение контрольных замеров вручную в автоматизированных системах контроля должны проводиться не реже 1 раза в год.

2.15. Общее состояние КИА должно отмечаться при проведении визуальных осмотров сооружения, частота которых определяется рабочими инструкциями, разработанными с учетом индивидуальных особенностей контролируемых объектов.

3. НАБЛЮДЕНИЯ ЗА РАБОТОЙ И СОСТОЯНИЕМ ДРЕНАЖНЫХ УСТРОЙСТВ

3.1. Управляющая роль дренажа на величину противодавления обуславливает необходимость осуществления специального контроля за его работой в общем комплексе наблюдений за противодавлением в основании и теле бетонных плотин.

3.2. В состав наблюдений за состоянием дренажных устройств в основании плотин в общем случае следует включать наблюдения за пьезометрическими напорами фильтрационного потока перед дренажом, в его пределах и за ним, а также измерения расходов в дренажных устройствах, контроль химического и механического состава воды в фильтрационном потоке и в дренажных устройствах, измерения температуры фильтрующейся воды, наблюдения за отложениями в дренажных устройствах.

3.3. В зависимости от конструктивных особенностей дренажного устройства пьезометрические створы могут быть представлены как контактными, так и глубинными пьезометрами. Включение глубинных пьезометров в контрольный створ рекомендуется для всех видов дренажа, но является обязательным для систем вертикального дренажа.

3.4. При наблюдениях за пьезометрическими напорами потока в случае горизонтального дренажа пьезометры или заменяющие их устройства должны располагаться непосредственно под фильтром дренажа. Общее количество поперечных створов, представленных пьезометрами до дренажа, в дренаже и за дренажом, должно соответствовать числу секций плотины.

3.5. При оборудовании пьезометрических створов в случае вертикального дренажа соблюдаются требования п.3.4, но пьезометры внутреннего ряда (пьезометры в дренаже) следует располагать в междренажном пространстве, а дополняющие створы глубинные пьезометры следует устанавливать в соответствии с глубиной дренажных скважин (водоприемники глубинных пьезометров примерно на отметках забоя дренажных скважин).

3.6. Возможность измерения расходов в дренажных устройствах должна предусматриваться на стадии их проектирования. В зависимости от условий отвода воды из дренажного устройства измерения расходов могут осуществляться объемным способом, с помощью мерных водосливов, гидрометрических вертушек, диафрагменных расходомеров и т.д. В наиболее сложных случаях используются индикаторные методы, термометрия.

3.7. Частота измерений пьезометрических напоров и расходов в дренажных устройствах принимается в соответствии с режимом, принятым для наблюдений за противодавлением. При этом методика измерения расходов

в дренажных устройствах должна быть специально разработана с учетом как способа измерения, так и характера фильтрационного потока, вскрывающегося в данном дренажном устройстве. При пульсирующем неустановившемся потоке измерения расхода должны производиться неоднократно (не менее трех раз) с тем, чтобы путем осреднения можно было установить представительную характеристику потока для рассматриваемого момента времени.

3.8. Измерения расходов в системе вертикального дренажа при наличии общего коллектора следует проводить как непосредственно в коллекторе или в месте сброса воды из коллектора, так и по отдельным дренажным скважинам. При измерениях расходов воды в отдельных дренажных скважинах необходимо поддерживать в каждой дренажной скважине уже установившиеся условия ее работы с коллектором. Для этого следует при отключении рассматриваемой скважины от коллектора и организации из нее контролируемого излива поддерживать в устье скважины то же давление, что имеет место при изливе ее в коллектор.

3.9. Отборы проб воды из дренажных систем на химический анализ следует совмещать с измерениями дренажных расходов. Одновременно полагается производить отбор проб воды из пьезометров, контролирующих условия фильтрации вблизи дренажного устройства и из верхнего и нижнего бьефов. Наблюдения за химическим составом воды фильтрационного потока, осуществляемые путем отбора проб воды из разных наблюдательных точек, проводятся отдельными циклами. Рекомендуемое количество циклов - 1-2 в год. Наиболее подходящее время отбора определяется с учетом индивидуальных особенностей объекта экспериментально.

3.10. Температурный режим фильтрационного потока определяется путем термокаротажа пьезометров, измерений температуры воды в дренажных устройствах, в верхнем и нижнем бьефах. Рациональный график проведения циклов температурных измерений устанавливается экспериментально и предполагает их проведение от ежемесячных до ежеквартальных.

3.11. При работе системы вертикального дренажа в особо сложных гидрогеологических условиях рекомендуется проведение расходометрии и телевизионного осмотра дренажных скважин.

3.12. Наблюдения за расходами фильтрационного потока через тело бетонной плотины осуществляется путем измерения расходов дренажных устройств, а также путем измерения расходов в местах сбора воды, профильтровавшейся через бетонную кладку. Для организованного сбора воды, поступающей из швов, трещин и отдельных скважин проводится оборудование специальных лотков с заранее предусмотренной системой конт-

ролируемого отвода воды из них. Для высоких плотин сбор профильтровавшейся воды и отвод ее должен быть поэтапно секционирован.

3.13. Продукты отложений в местах выхода фильтрационного потока в дренажных устройствах или на дневную поверхность должны подвергаться механическому, петрографическому и химическому анализу.

3.14. Дренажные устройства, конструкция которых не препятствует проведению наружных осмотров, должны периодически осматриваться (несколько раз в год). Осмотр дренажных устройств, находящихся в полостях тела плотины, затопленных под уровень нижнего бьефа, в условиях нормальной эксплуатации, при отсутствии специальных показаний следует проводить в соответствии с графиком откачек затопленного помещения (периодичность от 2-х до 10-и лет).

3.15. При появлении сигналов о засорении и снижении работоспособности дренажа следует организовать принудительную прочистку этого дренажа. Простейшим способом прочистки является подача воды под давлением и использование эрлифта в скважинах. Для очистки дренажных скважин может быть также использована механическая чистка (для удаления продуктов заиления) с помощью "сршей", мотков проволоки и т.д. В более сложных случаях применяются различные химические способы удаления отложений. При невозможности восстановить работоспособность дренажа простыми средствами следует проводить частичную или полную его реконструкцию.

3.16. Результаты всех натурных наблюдений должны быть записаны в полевые журналы, типовая форма которых для регистрации уровней воды в пьезометрах и расходов в дренажных устройствах приведена в Приложении 1. Перевод результатов измерений в значения контролируемых параметров проводится путем первичной обработки натурных данных в соответствии с правилами, установленными для измерительных устройств и приборов, используемых при измерениях.

4. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ НАТУРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ПРОТИВОДАВЛЕНИЕМ И РАБОТОЙ ДРЕНАЖНЫХ УСТРОЙСТВ

4.1. Результаты натурных наблюдений после первичной обработки должны быть представлены в удобной для анализа форме. Как наиболее эффективные можно рекомендовать следующие виды обработки натурных данных:

определение значений приведенных напоров по формуле

$$h_{\text{пр}} = \frac{h - H_{\text{НБ}}}{H_{\text{НБ}} - H_{\text{ВБ}}},$$

где $h_{\text{пр}}$ - приведенный напор; h - высотная отметка уровня воды в пьезометре; $H_{\text{НБ}}$, $H_{\text{ВБ}}$ - уровни верхнего и нижнего бьефов соответственно (в общем случае высотные отметки уровней, условно принимаемых за верхний или нижний бьеф, например, уровень воды в дренажном устройстве);

построение графиков колебания уровней воды в пьезометрах или приведенных напоров, представляющих собой зависимости от времени (Приложение 2);

построение эпюр противодавления для характерных моментов времени, в том числе эпюры фильтрационного давления по горизонтальным сечениям тела плотины;

построение графиков зависимости расходов в дренажных устройствах от времени;

построение графиков зависимости между давлением воды в бетоне и напором на сооружение на отметках расположения соответствующих приборов ($p = f(H)$) и между давлением в каком-либо горизонтальном шве и его раскрытием ($p = f(\Delta l)$).

4.2. При анализе результатов натурных наблюдений особое внимание следует обращать на оценку достоверности и представительности натурных данных.

4.3. При оценке достоверности натурных данных должны учитываться следующие факторы:

квалификация наблюдателя;

рациональность и надежность методики измерений контролируемых параметров;

соответствие результатов измерений закономерностям, ожидавшимся по расчетам или уже установившимся в предшествующие годы (наличие или отсутствие аномалий в натурных данных).

Во всех случаях сомнений в достоверности результатов натурных наблюдений по возможности должны быть организованы повторные измерения. Недостаточная достоверность результатов наблюдений обязательно должна оговариваться в заключительных выводах по работе.

4.4. Оценку представительности натурных данных следует проводить на основе результатов изучения всех имеющихся сведений о рассматриваемом объекте. При этом необходимо выделить все участки сооружения и его основания, состояние которых нуждается в усиленном контроле. Исходя из

возможностей всей совокупности параметров, контролируемых на данном объекте, надо определить в какой степени эти параметры могут охарактеризовать состояние выделенных участков в объекте. При очевидной нехватке информации для рассматриваемого объекта должен быть поставлен вопрос об усилении контроля. При отсутствии специальных показаний достаточно представительной можно считать систему наблюдений, организованных по общепринятым правилам, учитывающим особенности конструкций и класс капитальности сооружения.

4.5. Для определения величины противодавления на подошву сооружения следует использовать эпюры противодавления, построенные по показаниям пьезометров контрольных створов, при которых имеют место минимальные значения коэффициентов устойчивости данного сооружения.

4.6. Выбор времени измерений, когда сооружение работает в наиболее неблагоприятных, с точки зрения устойчивости, условиях, производится путем изучения графиков колебания уровней воды в пьезометрах, при этом принимаются во внимание подъемы напора кратковременного характера в отдельных наблюдательных точках. По результатам анализа графиков колебания уровней воды в пьезометрах могут быть выявлены признаки процессов, развивающихся в подземном контуре сооружения.

4.7. Построение эпюр противодавления производится на основе линейной интерполяции результатов измерений в отдельных наблюдательных точках. В плотинах без понура при отсутствии натурных данных о фильтрационном давлении со стороны напорной грани плотины ордината эпюры, отвечающая 100% напора, совмещается с плоскостью напорной грани. Нулевая точка эпюры в аналогичных условиях, т.е. при отсутствии результатов прямых наблюдений со стороны низовой грани плотины, должна быть ориентирована на низовой конец водобойной плиты.

4.8. Особый случай определения противодавления имеет место для плотин, в подземном контуре которых нет пьезометров или каких-либо других датчиков давления. Для таких сооружений эпюру противодавления следует условно определить по очертаниям трапеции, одна сторона которой, совмещенная с напорной гранью, принимается за 100% напора, а другая, отвечающая низовой грани, устанавливается в предположении, что напор вдоль подошвы сооружения изменяется линейно и нулевой напор в потоке соответствует концу водобоя.

4.9. При построении эпюр противодавления для береговых секций надо учитывать фактическое положение напорной поверхности потока по отношению к контактной зоне. В качестве нижнего бьефа для этих секций следует принимать уровни воды в низовых пьезометрах.

4.10. Оценку состояния сооружения по данным наблюдений за противодавлением надо проводить на основе сопоставления реальной эпюры противодавления с проектной. При этом нужно учитывать имеющуюся информацию об условиях разгрузки фильтрационного потока, включая результаты измерений расходов в дренажных устройствах, сведения о случаях самопроизвольного выхода потока на дневную поверхность и т.п.

4.11. В случае, когда определяемое натурными данными противодавление оказывается ниже противодавления, предусмотренного проектом, а расходы, измеряемые в дренажных устройствах, не превышают расчетных значений и отсутствуют какие-либо признаки неблагоприятного развития фильтрационных процессов, устойчивость сооружения можно считать обеспеченной и общее состояние сооружения по рассмотренным показателям удовлетворительным.

4.12. В случаях, когда суммарное противодавление практически равно противодавлению, предусмотренному проектом, и (или) наблюдаются некоторые признаки неблагоприятного развития фильтрационных процессов, состояние сооружения может быть признано удовлетворительным с указанием необходимости проведения специальных исследований в целях уточнения условий работы сооружения. Специальные исследования должны также предусматриваться в условиях, когда фактическое распределение давления по подошве сооружения существенно отличается от проектного (например, имеют место повышенные по отношению к проекту значения давления в отдельных характерных точках эпюры противодавления).

4.13. В случаях, когда противодавление в целом превысило величину, предусмотренную по проекту, а также в случаях, когда фильтрационные расходы прогрессивно возрастают, состояние сооружения следует признать неудовлетворительным. В подобной ситуации необходимо безотлагательно провести комиссионное обследование состояния сооружения и отметить первоочередные мероприятия по нормализации создавшихся условий. Следует также провести поверочные расчеты устойчивости сооружения с учетом реальной эпюры противодавления.

4.14. Оценка состояния дренажных устройств осуществляется по данным об эффективности снижения пьезометрических напоров фильтрационного потока в основании плотины. Реальное снижение напоров потока в непосредственной близости от дренажа сопоставляется со снижением, ожидавшимся по проекту. В случае недостаточно эффективного снижения напора или при выявленной тенденции к прогрессирующему снижению этой эффективности необходимо провести специальные исследования причин ухудшения состояния дренажа и разработать мероприятия по приведению

дренажной системы в порядок (см. пп.3.14; 3.15).

4.15. Анализ фильтрационного режима в теле плотины проводится путем выявления закономерностей изменения фильтрационных расходов и противодавления. С этой целью следует разделить расходы по источникам их происхождения:

через дрены;

через шпонки в межсекционных швах;

через строительные швы;

через отдельные трещины.

Расходы измеряются на каждой галерее, чтобы выявить наиболее фильтрующие зоны плотины.

4.16. Устанавливается характер изменения фильтрационных расходов: сезонный, постоянный, увеличивающийся или уменьшающийся со временем, скачкообразный. По этому характеру определяется причина водопроявлений: сезонное изменение действующих нагрузок, развитие трещин в бетоне напорной грани, гидравлическое давление воды и т.д.

4.17. По результатам измерений фильтрационных расходов и противодавления, представленным в виде таблиц (графиков), следует выделять наиболее фильтрующие участки бетона (по отметкам и секциям); провести дифференцированный анализ фильтрации по источникам происхождения (дрены, трещины, конструктивные швы и т.д.); определить характер изменения (сезонный, постоянный, необратимый).

4.18. Следующим этапом анализа является установление взаимосвязей между УВБ, температурой в бетоне, напряжениями и фильтрационными расходами (противодавлением). По этим связям уточняется схема статической работы плотины, устанавливается необходимость ремонтных мероприятий.

4.19. По характеру эпюр распределения фильтрационного напора могут быть определены качественные изменения сжимающих напряжений у напорной грани плотин.

Приложение 1
Титульный лист

ПОЛЕВОЙ ЖУРНАЛ

РЕГИСТРАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ НАТУРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

ЗА ПРОТИВОДАВЛЕНИЕМ И РАСХОДАМИ В ДРЕНАЖНЫХ УСТРОЙСТВАХ

(Название объекта)

Начат_____

Закончен_____

Рядовой лист

I. Пьезометрические напоры

№ пьезометра	Дата* измерения	Для безнапорных пьезометров		Для напорных пьезометров		Примечание
		отсчет по ленте уровнемера	отметка оголовка пьезометра	отсчет по манометру	высотная отметка положения манометра	

* При наличии заметных суточных колебаний бьефов время замера

II. Расходы в дренажных устройствах

№ дренажного устройства	Дата измерения	Отсчет по измерительному устройству	Примечание

Приложение 2

ОЦЕНКА ПРОТИВОДАВЛЕНИЯ В ОСНОВАНИИ ПЛОТИНЫ САЯНО-ШУШЕНСКОЙ ГЭС

1. Краткая характеристика объекта

Гравитационно-арочная бетонная плотина Саяно-Шушенской ГЭС возведена на скальном основании. В подземном контуре плотины предусмотрены глубокая цементационная завеса и вертикальный дренаж. Основание плотины усилено сопрягающей завесой и укрепительной цементацией. Кроме того, перед плотиной оборудован небольшой понур, на верховом конце которого имеется неглубокая завеса (15 м). Контроль за противодавлением и работой дренажа осуществляется по данным регулярных наблюдений за уровнями воды в пьезометрах, за расходами и составом воды в дренажных скважинах. Работа дренажа осуществляется в непредусмотренных проектом условиях: излив воды из дренажных скважин проводится на отметку значительно ниже УНБ (на пол потерны). Кроме того, в процессе эксплуатации имели место многочисленные случаи вскрытия цементационных скважин, что фактически привело к образованию дополнительного ряда дренажа, расположенного примерно в центре глубокой завесы. Как показали результаты специальных исследований, заполнение водохранилища вызвало активные процессы трещинообразования в породах основания, которые еще не стабилизировались в течение первых 7 лет эксплуатации сооружения в предусмотренных проектом условиях. Судя по результатам измерений все эти годы сохраняется тенденция к возрастанию расхода в дренажных устройствах. Суммарный расход при НПУ в 1995-1996 гг. превышал 500 л/с, что более чем в 4 раза превзошло проектные ожидания. Создавшаяся на сооружении ситуация существенно осложнялась характерным для высоких плотин сезонным разуплотнением контактной и приконтактной зон (раскрытием контактного шва).

2. Особенности формирования противодавления в основаниях плотины при сезонных колебаниях УВБ

Изменения напряженно-деформированного состояния пород основания плотины Саяно-Шушенской ГЭС, обусловленные влиянием сезонных колебаний УВБ и спецификой климатических условий, вызывают очень существенные изменения фильтрационного сопротивления фильтрующей среды. В конечном счете это приводит к тому, что в общем случае пьезометри-

ческие напоры фильтрационного потока в основании не являются однозначной функцией УВБ, изменяются по особым законам, когда экстремальные значения напора не совпадают с УМО и НПУ водохранилища. В качестве типового примера на рис.1 приведены графики колебания пьезометрических напоров для одного из контрольных пьезометрических створов в русловой части плотины. Таким образом, максимальное противодавление на подошву сооружения может иметь место при некоторых отметках УВБ значительно ниже НПУ, что следует учитывать при построении эпюры.

3. Результаты наблюдений за противодавлением

Анализ результатов наблюдений за пьезометрическими напорами потока в основании плотины показывает, что в последние десятилетия наблюдается некоторая тенденция к повышению напоров, особенно заметно проявляющаяся в приконтактной зоне под I столбом. При этом, хотя общая величина противодавления не превышает допустимых значений, в отдельных контрольных створах ординаты эпюры противодавления в центре плотины выходят за пределы эпюры, предусмотренной СНиП (рис.2).

Оценивая по совокупности имеющиеся данные, а именно продолжающееся повышение водопроницаемости основания плотины, высокие расходы в дренажных устройствах при НПУ, повышение противодавления под I столбом, свидетельствующее о снижении эффекта цементации, и некоторые другие показатели, было принято решение о проведении ремонтных работ.

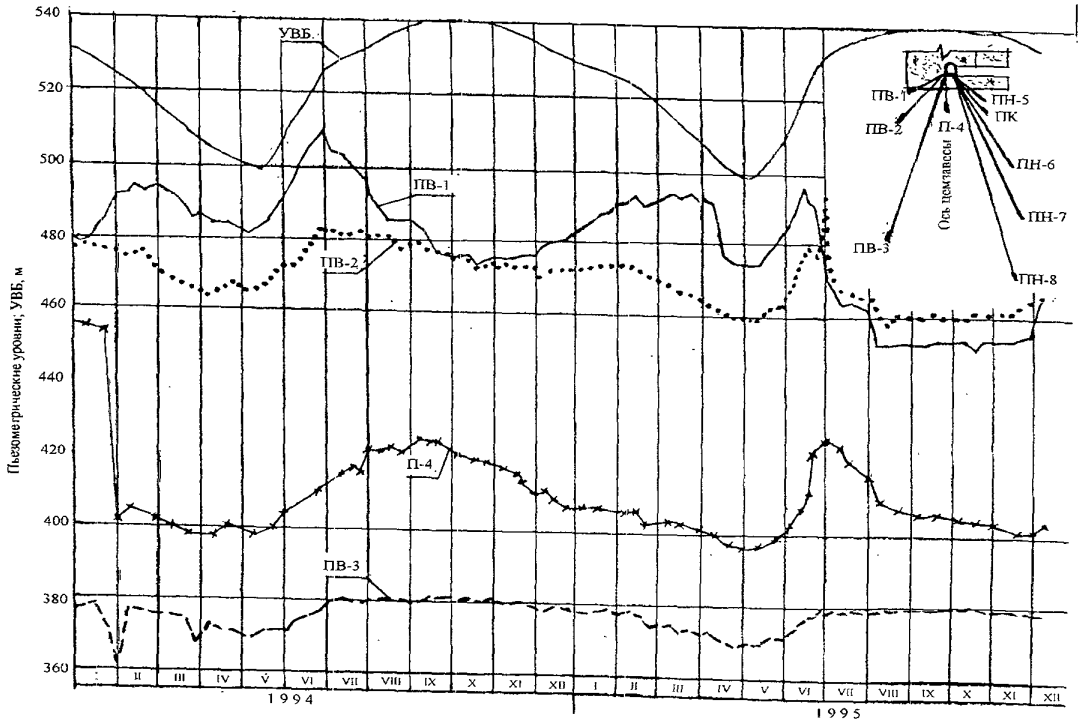

Рис.1. Пьезометрические уровни в основании станционной секции 18.

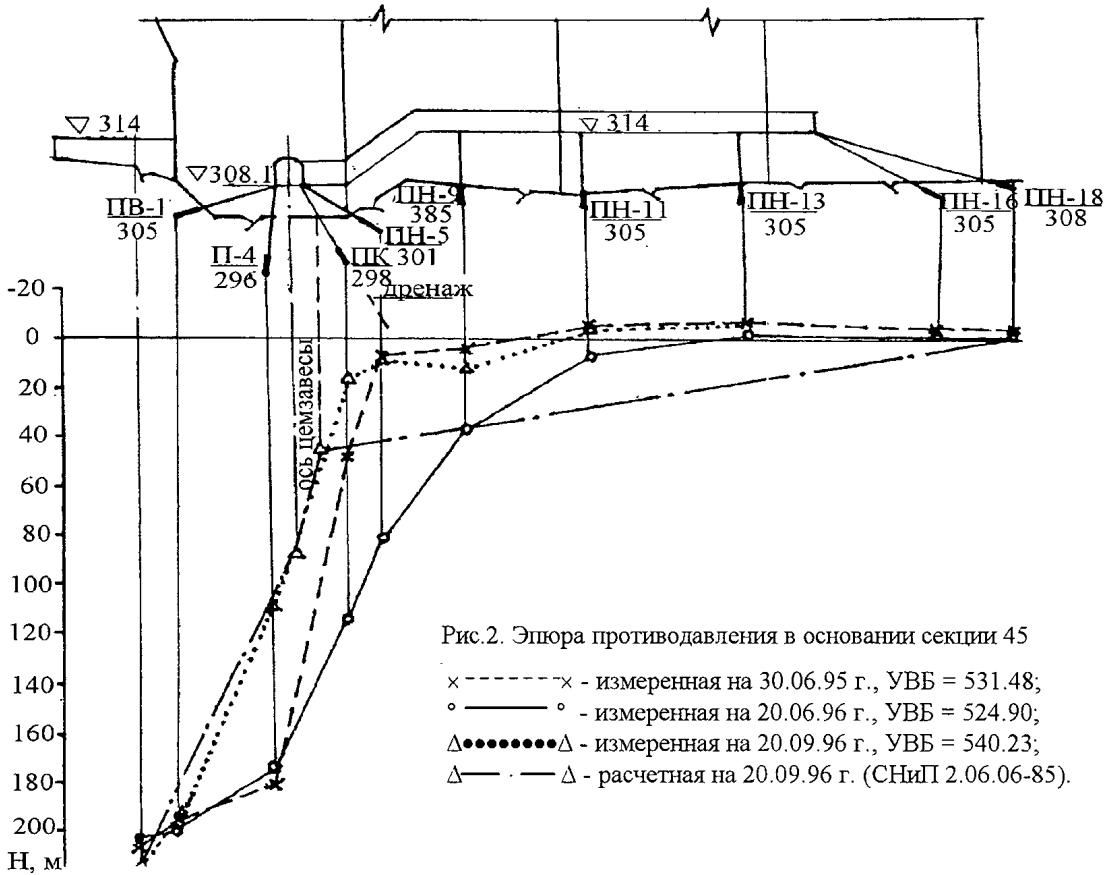

Рис.2. Эпюра противодавления в основании секции 45

×- - - - - - - × - измеренная на 30.06.95 г., УВБ = 531.48;

° ——— ° - измеренная на 20.06.96 г., УВБ = 524.90;

Δ●●●●●●●●Δ - измеренная на 20.09.96 г., УВБ = 540.23;

Δ—·—Δ - расчетная на 20.09.96 г. (СНиП 2.06.06-85).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Методические** рекомендации к составлению проекта размещения контрольно-измерительной аппаратуры в бетонных гидротехнических сооружениях: П 41-70 / ВНИИГ им.Б.Е.Веденеева.- Л., 1972.

2. **Натурные** наблюдения и исследования на бетонных и железобетонных плотинах: Пособие к СНиП II-54-77 "Плотины бетонные и железобетонные", пп. 1.59-1.63: П 16-84 / ВНИИГ им.Б.Е.Веденеева.- 1985.

3. **Носова О.Н.** Развитие методики фильтрационного контроля гидросооружений // Материалы конференций и совещаний по гидротехнике: Натурные исследования как средство оперативного контроля безопасной работы гидротехнических сооружений / ВНИИГ им.Б.Е.Веденеева.- 1980. - С.73-79.

4. **Пособие** по методике обработки данных натурных исследований бетонных сооружений. - Л.: Энергия, 1975.

5. **Рекомендации** по натурным наблюдениям за эксплуатационной надежностью бетонных плотин (техническая информация по дог. № 147) / ВНИИГ им.Б.Е.Веденеева.- СПб, 1996.

6. **Ронжин И.С.** Некоторые особенности методики оценки работы пьезометров и результатов наблюдений за фильтрацией в гидросооружениях // Сборник научных трудов Гидропроекта. - 1982.- Вып.79.- С.44-53.

7. **СНиП 2.06.06-85.** Плотины бетонные и железобетонные. - М.: Госстрой СССР, 1986.

8. **СНиП 2.02.02-85.** Основания гидротехнических сооружений. - М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986.

9. **Соколов И.Б., Логунова В.А.** Фильтрация и противодавление воды в бетоне гидротехнических сооружений. - М.: Энергия, 1977.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 3
1. Общие положения 4
2. Наблюдения за противодавлением в основании и теле бетонных плотин 5
3. Наблюдения за работой и состоянием дренажных устройств . . . 8
4. Анализ результатов натурных наблюдений за противодавлением и работой дренажных устройств 10
Приложение 1. Полевой журнал регистрации результатов натурных наблюдений за противодавлением и расходами в дренажных устройствах 15
Приложение 2. Оценка противодавления в основании плотины Саяно-Шушенской ГЭС 16
Список использованной литературы 20

Редактор *Т.С. Артюхина*
Корректор *Т.М. Бовичева*
Компьютерная верстка *Т.В. Филиповская*

Лицензия ЛР № 020629 от 14.01.98.
Подписано к печати 11.09.2001. Формат 60x84 1/16.
Печать офсетная. Печ.л. 1,75. Тираж 300. Заказ 166.

Издательство и типография ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева».
195220, Санкт-Петербург, Гжатская ул., 21.

gost.e-ecolog.ru