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

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ КИА И МОДЕРНИЗАЦИИ СТАРЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ НА ПЛОТИНАХ

П 93 – 2001
ВНИИГ

Санкт-Петербург
2001

gost.e-ecolog.ru

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

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ КИА И МОДЕРНИЗАЦИИ СТАРЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ НА ПЛОТИНАХ

П 93 – 2001
ВНИИГ

Санкт-Петербург
2001

УДК 626/627.03.059+621.317

Рекомендации разработаны в соответствии с основными положениями по диагностике подпорных гидротехнических сооружений на базе натурных наблюдений и исследований, содержат регламентацию методов оценки состояния КИА, ее восстановления и модернизации, а также предложения по оптимизации состава и объема КИА.

Рекомендации предназначены для практического использования службами гидростанций, инженерно-техническими и научными работниками при оценке и реконструкции систем контроля на гидротехнических сооружениях.

© ОАО «ВНИИГ им.Б.Е.Веденеева», 2001

ПРЕДИСЛОВИЕ

В соответствии с основными положениями о системе диагностики подпорных гидротехнических сооружений задачей эксплуатационного контроля гидротехнических сооружений, в частности бетонных и грунтовых плотин, является оценка их состояния на каждом этапе эксплуатации с целью определения и прогнозирования их надежности и выявления необходимости ремонтных работ.

Главная цель эксплуатационного контроля на длительно эксплуатируемых сооружениях заключается в выявлении признаков их "старения", ведущего к снижению надежности. Особенностью контроля таких сооружений является сокращение объема инструментальных наблюдений, особенно по закладной КИА, ввиду ее постепенного естественного выхода из строя вследствие исчерпания ресурсов и, соответственно, уменьшения объема получаемой информации.

Настоящие Рекомендации содержат регламентацию методов оценки состояния КИА и достоверности данных наблюдений, а также способы восстановления КИА и модернизации систем контроля на бетонных и грунтовых плотинах. При этом, в развитие и дополнение к "Рекомендациям по методике оценки надежности основных бетонных гидротехнических сооружений, находящихся в эксплуатации более 25 лет и не оснащенных (или оснащенных минимально) контрольно-измерительной аппаратурой" (П 61-94/ВНИИГ), в работе представлены также обоснования по оптимизации состава и объема КИА на длительно эксплуатируемых плотинах.

Следует отметить, что вопросы методики восстановления КИА и модернизации систем контроля гидротехнических сооружений в нормативной литературе ранее не рассматривались.

Рекомендации составлены в АООТ НИИЭС канд.техн.наук Алиповым В.В. и в ОАО "ВНИИГ им.Б.Е.Веденеева" инж. Александровской Э.К.

РАО «ЕЭС России»	**Рекомендации по восстановлению КИА и модернизации старых систем контроля на плотинах**	П93–2001 ВНИИГ
		Вводятся впервые

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящие Рекомендации следует использовать при восстановлении контрольно-измерительной аппаратуры и модернизации действующих систем контроля за состоянием плотин.

При разработке Рекомендаций использован опыт организации и проведения натурных наблюдений и исследований на ряде отечественных плотин, а также зарубежный опыт. Рекомендации могут рассматриваться как дополнение и развитие "Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей", Положений СНиП и других действующих в настоящее время нормативных документов (СНиП 2.06.06-85, СНиП 2.06.05-84, РД 34.20.501-95).

1.2. Рекомендации предназначены для использования эксплуатационным персоналом ГЭС, а также инженерно-техническими и научными работниками, привлекаемыми для оценки состояния КИА, разработки и реализации проектов восстановления КИА и реконструкции систем контроля состояния сооружений.

1.3. Цели и задачи восстановления КИА на эксплуатируемых плотинах заключаются в приведении состава КИА в соответствие с требованиями нормативных документов, а также обеспечении получения информации, достаточной для оценки состояния и поведения сооружений.

В Рекомендациях рассматриваются методы проверки технического состояния КИА, оценки достоверности получаемой с ее помощью информации, отбора КИА, подлежащей восстановлению, ремонту, замене.

Внесены	Утверждены	Срок
ОАО «ВНИИГ им.Б.Е.Веденеева»	РАО «ЕЭС России» Письмо № 02-1-03-4/625 от 03.07.98.	введения в действие I кв. 2002 г.

1.4. Цели и задачи модернизации старых систем контроля на плотинах состоят в повышении оперативности наблюдений, в снижении трудоемкости и стоимости наблюдений, обработки и анализа данных наблюдений.

В Рекомендациях рассмотрены возможные варианты модернизации систем контроля, а именно, более широкое использование дистанционной аппаратуры, централизации наблюдений, автоматизации снятия показаний, обработки и анализа данных наблюдений, создание автоматизированных систем диагностического контроля сооружений.

Нормативные ссылки

1. **СНиП 2.06.06-85.** Плотины бетонные и железобетонные. М.: ЦНТП Госстроя СССР, 1986.

2. **СНиП 2.06.05-84.** Плотины из грунтовых материалов. М.: ЦНТП Госстроя СССР, 1985.

3. **Правила** технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации: РД 34.20.501-95. 15 издание. М., 1996.

4. **Рекомендации** по методике оценки надежности основных бетонных гидротехнических сооружений, находящихся в эксплуатации более 25 лет и не оснащенных (или оснащенных минимально) контрольно-измерительной аппаратурой: П61-94/ВНИИГ. СПб, 1995.

5. **Рекомендации** по наблюдениям за напряженно-деформированным состоянием бетонных плотин: П100-81/ВНИИГ. Л., 1982.

6. **Руководство** по натурным наблюдениям за деформациями гидротехнических сооружений и их оснований геодезическими методами: П-648/Гидропроект. М.: Энергия, 1980.

2. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ КИА И МОДЕРНИЗАЦИЯ СРЕДСТВ И СИСТЕМ КОНТРОЛЯ ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ ПЛОТИН И ИХ ОСНОВАНИЙ

2.1. При выявлении геодезической КИА, подлежащей восстановлению, замене или ремонту, рассматриваются: данные наблюдений по всей геодезической КИА за период эксплуатации, включая аппаратуру, вышедшую из строя; сведения о выходе аппаратуры из строя, замене, передаче

показаний с аппаратуры, вышедшей из строя, о вновь установленной аппаратуре; заключения комиссий по обследованию сооружений в части оценки состояния КИА. Производят визуальный осмотр всех средств измерений для геодезических наблюдений: опорные и рабочие репера высотной сети; оголовки поверхностных грунтовых и бетонных марок, глубинных марок, плит-марок; марки поверхностных щелемеров; знаки (опорные, контрольные и др.) для наблюдений за горизонтальными смещениями сооружений или основания; оголовки обратных отвесов и их поплавки, натяжение инварной проволоки, плиты установки координатомеров; баки успокоителей прямых отвесов, натяжение инварной проволоки, промежуточные зацепы и т.д.

Особое внимание уделяют тому, чтобы рабочие элементы марок и знаков были жестко закреплены на опорных конструкциях или непосредственно на сооружениях, а также, чтобы имелось антикоррозионное покрытие на всех элементах КИА.

Рассматриваются также результаты систематизации и обобщения данных наблюдений, применяемые для этого статистические методы анализа. При этом должно обращаться внимание на связь результатов наблюдений с изменением нагрузок, согласованность результатов наблюдений по маркам или знакам, входящим в одну систему (секции, блоки, массивы и т.д.), информативность данных наблюдений по каждому знаку для оценки состояния сооружения.

На основании полученных сведений делаются выводы о техническом состоянии КИА с выявлением аппаратуры, находящейся в неисправном состоянии, и причинах неисправности; достоверности результатов наблюдений по каждому знаку; достаточности КИА, возможности ее сокращения или необходимости увеличения ее числа.

2.2. Восстановление геодезической КИА (марки, знаки и т.д.) в зависимости от их технического состояния возможно путем ремонта вышедших из строя элементов КИА или полной замены знаков. Для возможности продолжения наблюдений необходимо конструкцию вновь устанавливаемых знаков согласовать с ранее установленными. Аналогично следует поступать и при установке дополнительных знаков.

2.3. После ремонта или замены КИА и начала наблюдения на ней необходимо восстановить связь и преемственность с данными ранее проводимых наблюдений, т.е. определить или, по крайней мере, оценить деформации за период времени от последнего цикла наблюдений по старой КИА до первого цикла наблюдений по вновь установленной КИА. Возможны следующие два способа восстановления показаний осадок и смещений сооружений.

1. При наблюдении за деформациями достаточно больших в плане сооружений и установке в пределах секции (блока) не менее 4 знаков полученное в каждом цикле наблюдений поле деформаций аппроксимируется уравнением вида (уравнение плоскости):

$$S = ax + by + c,$$

где x и y – плановые координаты знаков; a, b и c – параметры, при этом c – среднее значение деформации в точке $x = 0$, $y = 0$; a и b – градиенты деформаций в направлении осей ox и oy.

Деформация в точке установки нового знака с координатами x_n и y_n в первом цикле наблюдений после установки определяется по формуле:

$$S_n = ax_n + by_n + c \pm 2\Delta,$$

где Δ – средняя квадратическая погрешность аппроксимации.

Деформация за период времени от последнего цикла наблюдений по старому знаку и первому циклу наблюдений по новому знаку находится из зависимости:

$$\Delta S = S_n - S_c.$$

После этого можно внести изменения в координаты установки знака.

2. При восстановлении осадки одиночной марки за период от выхода марки из строя до ее восстановления применим следующий способ. Из ряда наблюдений выбирают по 5-10 точек до и после перерыва в наблюдениях. При этом принимается:

$$S_{ip} = S_i \qquad \text{при } t < t_a,$$

$$S_{ip} = S_i + d \qquad \text{при } t > t_a,$$

где S_i – табличные значения осадки в цикле i; S_{ip} – то же, принимаемые в расчете аппроксимации; d – изменение измеренной осадки при замене или повреждении знака; t_a – время выхода марки из строя.

Для аппроксимации используют рекомендуемые в нормативной литературе зависимости. Значение d определяют вариациями из условия минимума средней квадратической погрешности и вносят поправки в табличные значения осадок.

2.4. Модернизация систем геодезических наблюдений за деформациями плотин и их оснований возможна двумя основными способами.

1. При сохранении традиционных методов геодезических наблюдений использование взамен устаревшей современной измерительной аппаратуры с повышенной точностью измерений, снабженной автоматическими системами съема показаний, также ЭВМ для обработки, анализа и хранения данных измерений, в том числе, работающих в режиме робота.

2. Применение для наблюдений за деформациями сооружений дистанционной аппаратуры, в частности:

систем гидростатического нивелирования с дистанционным съемом показаний (например, с помощью преобразователей уровня жидкости ПУЖС конструкции НИС Гидропроекта – АО ДИГЭС);

проволочных створов для наблюдений за горизонтальными перемещениями плотин с дистанционным съемом показаний (например, с помощью преобразователей линейных перемещений типа ПЛПСК конструкции НИС Гидропроекта – АО ДИГЭС) [1];

измерительных преобразователей линейных перемещений для наблюдений за раскрытием швов, трещин;

координатомеров различной конструкции для съема показаний по прямым и обратным отвесам.

3. ВОССТАНОВЛЕНИЕ КИА ДЛЯ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ И МОДЕРНИЗАЦИЯ СРЕДСТВ И МЕТОДОВ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ФИЛЬТРАЦИОННЫМ РЕЖИМОМ В ПЛОТИНЕ И ОСНОВАНИИ

3.1. При оценке состояния аппаратуры для фильтрационных наблюдений, выявлении КИА, подлежащей восстановлению, ремонту или замене, выполняются следующие работы:

рассмотрение данных наблюдений по всей фильтрационной аппаратуре за весь период эксплуатации, заключений комиссий по обследованию сооружений, актов проверки работоспособности (чувствительности) пьезометров, сведений о выходе КИА из строя, ее ремонте, замене;

визуальный осмотр технического состояния фильтрационной КИА, в том числе оголовков опускных пьезометров, манометрических щитов напорных и закладных пьезометров, водомерных устройств, дренажей и водовыпусков;

анализ результатов систематизации и обобщения данных наблюдений за фильтрационным режимом: положение депрессной поверхности в плотинах из грунтовых материалов; положение депрессной поверхности в береговых примыканиях; фильтрационные расходы через сооружения, в обход сооружений в дренажах, кюветах и т.д.; фильтрационное давление на подошву сооружения и в теле бетонных плотин.

Основное внимание должно обращаться на согласованность результатов наблюдений между измерительными створами вдоль фронта сооружения с особенностями инженерно-геологического строения основания.

На основании проведенных работ должны быть сделаны выводы:

о техническом состоянии КИА с выявлением аппаратуры, находящейся в неисправном или аварийном состоянии;

о достоверности результатов наблюдений по каждой единице КИА;

о достаточности КИА для обобщения результатов наблюдений или, наоборот, об излишнем количестве КИА и возможности ее сокращения.

3.2. Восстановление фильтрационной КИА (пьезометры различных типов, водомерные устройства) в зависимости от ее технического состояния возможно путем ремонта, в частности, промывки заиленных пьезометров или установки новых. Не поддающиеся восстановлению пьезометры должны быть зацементированы.

3.3. После ремонта пьезометров или установки новых необходимо восстановить связь и преемственность с данными ранее проводимых наблюдений, т.е. оценить изменение фильтрационного режима за период времени, в течение которого наблюдения не проводились.

3.4. Модернизация КИА для фильтрационных наблюдений в теле плотины или в основании может производиться:

путем замены измерений уровней воды в опускных пьезометрах и водомерных устройствах вручную мерной лентой или шпитценмасштабом, измерениями с помощью дистанционной аппаратуры, например, преобразователей давления типа ПДС, опускаемых в скважины, или преобразователей уровня жидкости типа ПУЖС, устанавливаемых на водомерных устройствах;

установкой на напорных пьезометрах преобразователей давления типа ПДС взамен манометров или в дополнение к ним.

4. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОЙ КИА И МОДЕРНИЗАЦИЯ СРЕДСТВ И МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЙ

4.1. Для оценки состояния дистанционной аппаратуры различных типов, выявления КИА, подлежащей восстановлению, ремонту, замене, необходимо:

рассмотреть данные наблюдений по всей установленной дистанционной КИА за весь период эксплуатации, акты проверки работоспособности аппаратуры, сведения о выходе КИА из строя;

произвести визуальный осмотр технического состояния аппаратуры (кроме закладной), кабельных коммуникаций, коммутационных шкафов, временных и постоянных коммутаторов, пультов и т.д.;

проанализировать результаты систематизации и обобщения данных по всем видам наблюдений с использованием дистанционной аппаратуры: поровое давление, напряжения грунта, местные деформации, в том числе раскрытие швов и трещин, напряжения в арматуре и др.

Основное внимание должно обращаться на связь результатов наблюдений с изменением внешних нагрузок (уровни верхнего и нижнего бьефов, сейсмические нагрузки), согласованность результатов наблюдений по дистанционной аппаратуре с аналогичными результатами, полученными с помощью аппаратуры других типов (фильтрационной, геодезической).

На основании проведенных работ должны быть сделаны выводы:

о техническом состоянии КИА с выявлением аппаратуры, находящейся в неисправном состоянии с указанием предположительных причин выхода из строя и заключения о возможности ее восстановления или ремонта;

о достоверности результатов наблюдений по каждой единице КИА;

о достаточности сохранившей работоспособность аппаратуры для обобщения результатов наблюдений и выводов о состоянии сооружений, а также о необходимости сохранения той части аппаратуры, наблюдения по которой потеряли информативность вследствие стабилизации напряженно-деформированного состояния сооружений.

4.2. Восстановление дистанционной аппаратуры (ремонт, замена) возможно только для той ее части, которая применена в накладном или опускном (в скважины) вариантах. Закладная аппаратура, установленная во время строительства, может быть восстановлена только в том случае, если причиной выхода ее из строя явились повреждение или обрыв кабельных коммуникаций, причем место повреждения доступно. Следует отметить, что

этот вид повреждений, особенно в период строительства, является одним из самых распространенных. В случае восстановления кабелей возникает проблема восстановления нумерации КИА. Для упрощения решения этой задачи при подготовке, во время установки и далее в ходе эксплуатации аппаратуры необходимо регулярно фиксировать три параметра для каждого преобразователя: отсчет по регистратору; омическое сопротивление цепи (сопротивление катушки и кабеля); омическое сопротивление изоляции преобразователя и кабеля.

При сопротивлении изоляции кабельных линий меньше 0,4 МОм достоверность результатов измерений ставится под сомнение, а сами результаты могут быть использованы только для качественного анализа.

Номер преобразователя после восстановления кабельной линии определяется путем сопоставления значений перечисленных параметров до и после обрыва кабеля. При этом следует иметь в виду, что сопротивление цепи и изоляции кабеля в период эксплуатации достаточно стабильно, в то время как отсчет по регистратору может изменяться с изменением внешней нагрузки (давление воды, деформации).

В отдельных случаях восстановление вышедшей из строя закладной дистанционной аппаратуры возможно путем изменения способа установки преобразователя. Так, неисправные преобразователи порового давления в плотинах из грунтовых материалов или в основаниях могут быть заменены на аналогичные преобразователи, но устанавливаемые в скважины с последующим их тампонированием. Преобразователи линейных перемещений (деформаций), заложенные в бетон или грунт, могут быть заменены аналогичными преобразователями, устанавливаемыми на поверхности вблизи вышедшего из строя закладного преобразователя с внесением определенных коррективов в результаты измерений.

4.3. Для модернизации средств и методов дистанционных наблюдений возможно произвести замену ранее установленной КИА на более современную с повышенной точностью и меньшими погрешностями измерений, применить многокомпонентные преобразователи.

О применении дистанционной КИА взамен аппаратуры с прямым съемом показаний – см. в разделах 2 и 3.

5. МОДЕРНИЗАЦИЯ СТАРЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ НА ПЛОТИНАХ

5.1. Модернизация старых систем контроля на плотинах необходима для повышения оперативности наблюдений, объективности оценки состояния сооружения, а также снижения трудоемкости и стоимости наблюдений,

обработки и анализа результатов. Основные направления модернизации старых систем: замена аппаратуры с прямым съемом показаний на дистанционную аппаратуру; централизация наблюдений на одном пульте; автоматизация наблюдений.

Уровень автоматизации определяется на основе технико-экономического сопоставления вариантов с учетом класса сооружений и объема измерений, а также конструктивных, компоновочных и топогеодезических особенностей гидроузла:

при количестве преобразователей до 200 единиц - первый уровень автоматизации – запись данных наблюдений ведется на временных пультах на магнитную ленту (карты), с которой информация переносится на машинные носители в камеральных условиях;

при количестве преобразователей до 500 единиц - второй уровень автоматизации – сбор и регистрация данных измерений осуществляются на машинных носителях с центрального пульта системы; обработка и анализ данных измерений могут быть произведены непосредственно на сооружении с помощью ЭВМ, в проектной или научно-исследовательской организации;

на крупных гидроузлах I и II классов с числом преобразователей более 500 единиц – третий уровень автоматизации - автоматизированы все операции по контролю состояния сооружений; в программы работ подобных систем могут входить следующие операции: сбор по заданной программе и первичная обработка данных измерений; накопление и хранение данных измерений в памяти ЭВМ; анализ данных измерений по заданным программам и критериям состояния сооружения; фиксация возникновения аномальных явлений с выдачей оперативной сигнализации; представление результатов наблюдений в заданной форме (таблицы, графики, эпюры и др.).

5.2. При большом удалении плотины или других сооружений от центрального пульта возможен вариант автоматизации наблюдений с установкой на таких сооружениях выносных автоматизированных коммутаторов с последующей передачей данных наблюдений на центральный пульт.

6. ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА И ОБЪЕМА КИА НА ДЛИТЕЛЬНО ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ПЛОТИНАХ

6.1. Основными параметрами, подлежащими обязательному контролю независимо от высоты сооружения и практически для любого типа бетонных плотин, являются: осадка и плановые смещения сооружения и ос-

нования; состояние температурно-осадочных швов и шва на контакте "скала-бетон"; трещинообразование и раскрытие трещин; фильтрационные расходы и напоры в основании и теле сооружения и состояние бетона как строительного материала [2], (РД 34.20.501-95, П 61-94/ВНИИГ).

Перечисленные параметры, связанные с основными расчетными характеристиками – устойчивостью, прочностью и водонепроницаемостью, являются тем минимумом, который необходим для оценки надежности бетонного сооружения, находящегося в долговременной эксплуатации.

В некоторых случаях на длительно эксплуатируемых сооружениях может возникнуть необходимость в определении, дополнительно к перечисленным параметрам, деформаций или напряжений в бетоне и арматуре.

6.2. Параметры, относящиеся к показателям, входящим в расчетную схему статической работы сооружения, в процессе контроля измеряются инструментально. С этой целью сооружение должно быть оснащено соответствующей КИА. В случае отсутствия или выхода КИА из строя, она должна быть установлена.

6.3. Количество КИА для измерения контролируемых параметров на каждом сооружении определяется в зависимости от его типа, размеров и индивидуальных особенностей. Вместе с тем это количество должно быть достаточным для расчета основных характеристик сооружения: устойчивости, прочности, водонепроницаемости (РД 34.20.501-95, П 100-81/ВНИИГ).

6.4. Для измерения суммарной осадки плотины и ее основания устанавливаются контрольные высотные марки, входящие в состав высотной опорной сети. Марки закладываются на гребне плотины и у температурно-осадочных швов по 1 шт. с каждой стороны шва (с верхнего и нижнего бьефов, см. Приложение 1).

Для измерения осадки основания плотины в потерне, ближайшей к подошве сооружения, устанавливаются гидростатические нивелиры, трубы которых крепятся горизонтально на швах между секциями плотины и соединяются между собой шлангами. Система заполняется жидкостью. В местах измерения осадки над трубами закладываются специальные боковые осадочные марки с отверстиями для установки в них переносного микроизмерителя. Система гидростатического нивелирования привязывается к исходным реперам наружной опорной сети.

6.5. Для измерения абсолютных плановых смещений плотины используются в зависимости от типа сооружения и топографии створа различные геодезические методы: триангуляция , полигонометрическая съемка, створметод. Триангуляция и полигонометрия относятся к наиболее сложным геодезическим методам, створный метод является самым простым и распрост-

раненным. Триангуляция, как правило, применяется в сочетании с другими методами, в частности, створным (пример применения триангуляции и створного метода дан в Приложении 2).

Створный метод применяется обычно в случае прямолинейной оси сооружения. Для измерений на сооружении устанавливается визирный створ, закрепленный на концах опорными пунктами, которые должны быть неподвижны. Если это невозможно, то опорные пункты должны быть включены в триангуляционные сети. Между опорными пунктами по створу устанавливаются контрольные знаки. Помещая измерительный инструмент (теодолит, алиниометр) на одном из опорных пунктов и неподвижную марку на другом, измеряют смещения линии створа.

6.6. Для измерения относительных плановых смещений плотины и основания применяются прямые и обратные отвесы.

Установка прямых отвесов на эксплуатируемом сооружении представляет определенные технические трудности и практически возможна лишь на арочных плотинах. В таких случаях нить (проволока) отвеса закрепляется на гребне плотины со стороны нижнего бьефа и проходит в трубе до основания сооружения или до той отметки, на которой возможно размещение груза отвеса (П-648/Гидропроект)..

Обратные отвесы для измерения плановых смещений основания сооружения или береговых скальных массивов в зависимости от конкретных задач и технических возможностей могут быть установлены из цемгалерей и штолен, с открытой поверхности в береговых примыканиях плотины и т..п.

6.7. Состояние температурно-осадочных швов оценивается с помощью поверхностных одноосных, двухосных и трехосных щелемеров. Приборы на эксплуатируемом сооружении могут быть установлены на швах на гребне плотины и в смотровых потернах на различных отметках, в расширенных швах и контрфорсных плоскостях.

Состояние температурно-осадочных швов помимо инструментального контроля оценивается также визуально, в частности, на основании анализа данных о фильтрации через эти швы.

Для определения состояния контактного шва используются преобразователи линейных перемещений (ПЛПС), которые располагаются в тех точках, где ожидаемое раскрытие шва меньше диапазона измерений щелемера. Установка преобразователей на эксплуатируемой плотине производится в скважины, пробуренные в основании сооружения из цементационной потерны или поперечной галереи, ближайшей к подошве сооружения.

Количество преобразователей определяется исходя из конкретных условий и предполагаемой глубины раскрытия шва.

6.8. Трещинообразование в бетоне, связанное со второй расчетной характеристикой – прочностью, оценивается на эксплуатируемом сооружении визуально. В задачи визуального контроля входят: осмотр открытых поверхностей сооружения, зарисовка обнаруженных трещин, оценка кинетики их развития во времени, появлении фильтрации и продуктов выщелачивания. Одновременно производятся и измерения раскрытия трещин, для чего используются: переносная лупа с мерным делением, штангенщелемер с мессурой, микроскоп МПБ-2 с ценой деления 0,05 мм. На наиболее крупных трещинах устанавливаются простейшие щелемеры.

6.9. Фильтрационные расходы и напоры в основании плотин измеряются с помощью пьезометров различных типов и преобразователей давления (ПДС). Число измерительных точек должно быть достаточным для определения одного из расчетных параметров (эпюры противодавления) и для эффективности средств инженерной защиты (цементационной завесы, дренажа, понура). Исходя из этого, минимальное количество контактных пьезометров в створе не должно быть менее 5 штук, которые размещаются в точках до и после цементационной завесы и дренажа и со стороны нижнего бьефа под подошвой низового клина плотины. Для оценки работы цементационной завесы помимо контактных следует установить также глубинные пьезометры. Общее число пьезометров определяется на каждом сооружении необходимостью решения конкретных задач. Пример размещения пьезометров в основании высокой бетонной плотины представлен в Приложении 3.

6.10. Фильтрационное давление в теле плотин (бетонном массиве и горизонтальных строительных швах) измеряется с помощью преобразователей порового давления (ПК). На эксплуатируемом сооружении преобразователи устанавливаются в пробуренные в бетоне скважины на одной или нескольких отметках по высоте плотины. В каждом горизонтальном створе может быть от трех до шести преобразователей, расположенных на различных расстояниях от верховой грани.

6.11. Фильтрационные расходы через бетонную кладку плотины (швы, трещины, собственно бетон) и ее основание определяется с помощью водосборников объемным способом и мерных водосливов. При этом измерение расхода производят дифференцированно: по секциям (швам, трещинам) и

основанию, а затем суммируется. Мерные водосливы устанавливаются в кюветах потерн, пример их размещения представлен в Приложении 4.

6.12. Состояние бетона как строительного материала оценивается как инструментально, так и визуально.

6.12.1. Оценка качества бетона длительно эксплуатируемых плотин выполняется различными методами: испытания выбуренных кернов, механические методы (молоток Физделя, Кашкарова, диск Губера, прибор Душечкина и др.), методы неразрушающего контроля (акустические, тепловые и др.). При этом определяется: прочность бетона, его водонепроницаемость и морозостойкость [3, 4].

6.12.2. Оценка коррозии бетона осуществляется на основе результатов химических анализов проб воды, профильтровавшейся через бетонную кладку: швы, трещины, бетон. Для сравнения содержания компонентов в профильтровавшейся и исходной воде берутся пробы из верхнего бьефа сооружения.

6.12.3 Визуальные наблюдения за коррозией бетона длительно эксплуатируемых плотин заключаются в выявлении и фиксации зон выщелачивания, кинетики их развития, а также выявления признаков старения бетона (шелушение, отслаивание).

Результаты визуального контроля выполняются ежеквартально и фиксируются в специальных журналах наблюдений, куда заносятся: дата наблюдения, уровни воды в бьефах, температура воздуха и воды. Обнаруженные повреждения или дефекты наносятся на схемы отдельных участков сооружения.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

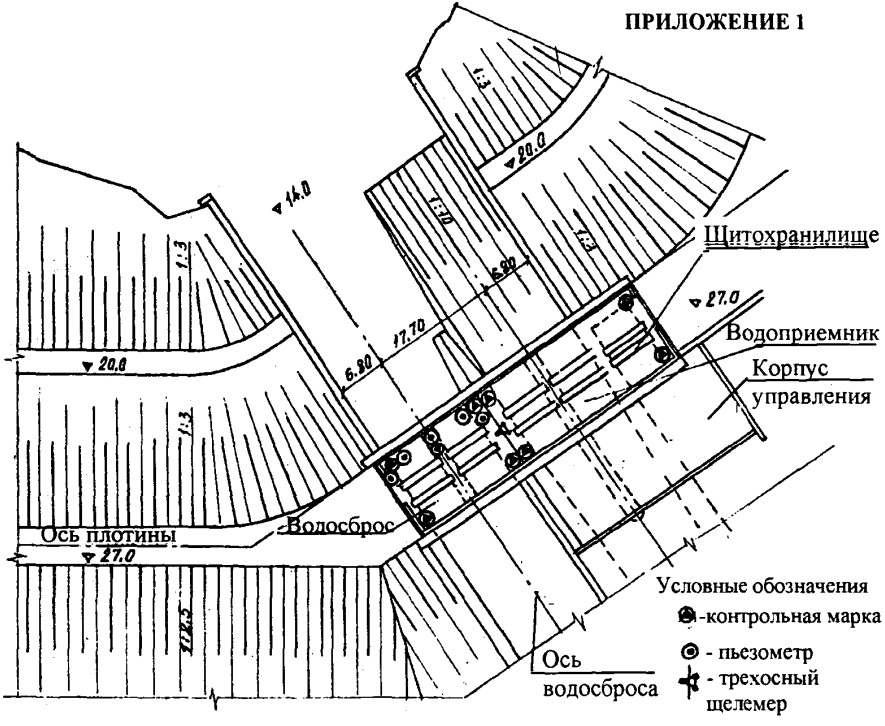

Схема размещения КИА на бетонных сооружениях Нижне-Териберского гидроузла

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

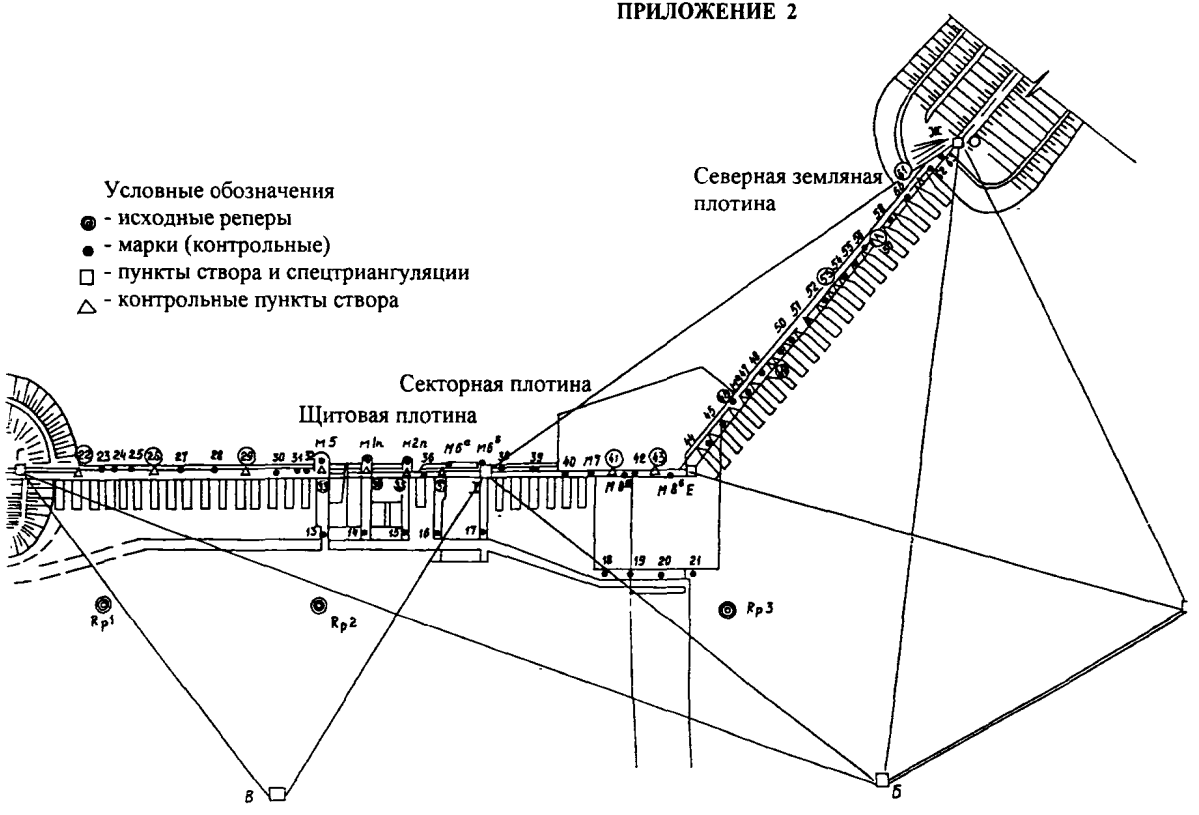

Схема размещения исходных реперов, контрольных марок, пунктов створов и спецтриангуляции. Бетонная плотина Янискоски

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

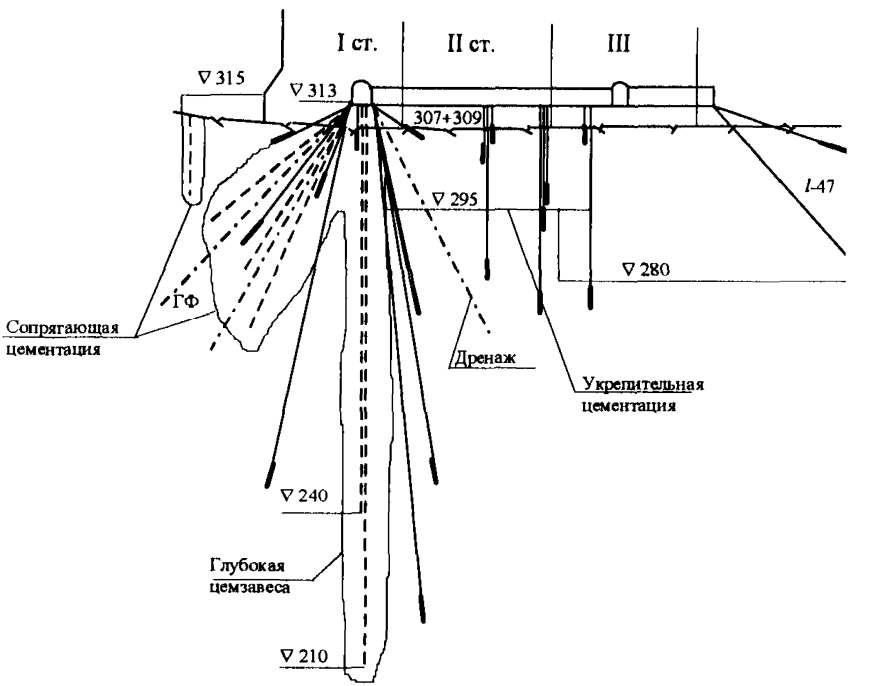

Схема размещения пьезометров в основании Саяно-Шушенской ГЭС (секция 25)

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

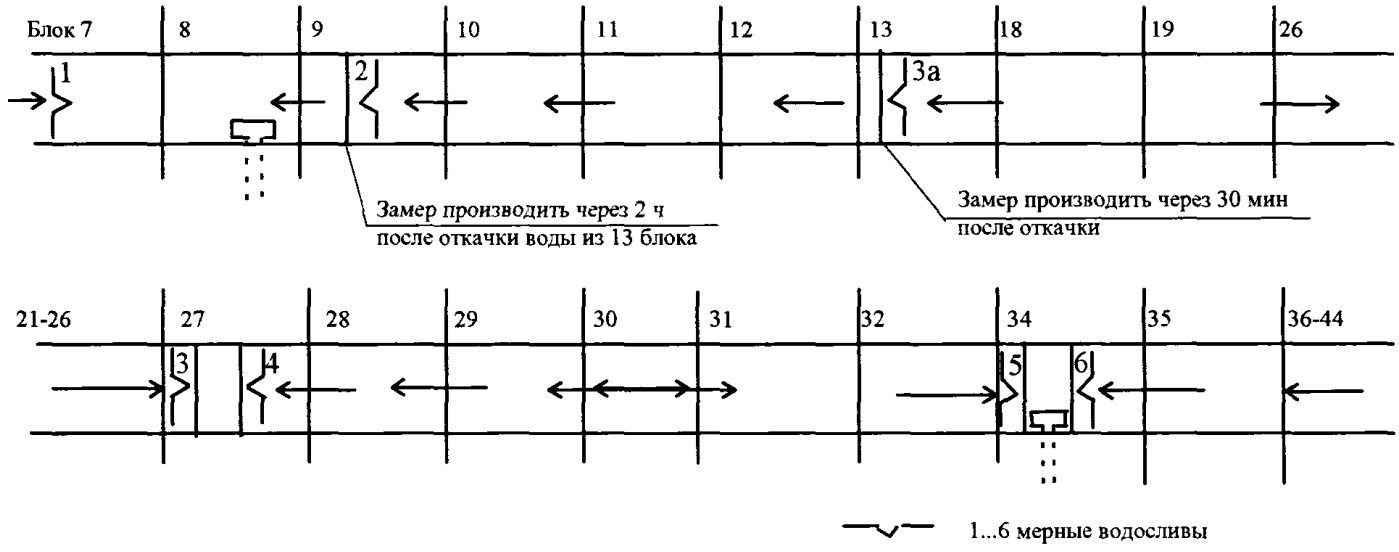

Схема размещения КИА на ГЭС Раякоски. ГЭС-6. Водосливы

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Контрольно-измерительные** приборы и средства автоматизации Номенклатурный каталог на серийно выпускаемые оборудование и изделия. М., 1988

2. **Александровская Э.К.** О контроле за высокими бетонными плотинами во время их возведения и эксплуатации // Гидротехническое строительство. 1986. № 12.

3. **Коревицкая М.Г.** Неразрушающие методы контроля качества железобетонных конструкций. М.: Высшая школа, 1989.

4. **Эблакадзе М.Г.** О лабораторных и полевых испытаниях бетона на водонепроницаемость // Труды координац. совещаний по гидротехнике /ВНИИГ им Б.Е.Веденеева 1971. Вып.68.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 3

1. Общие положения. 4
2. Восстановление геодезической КИА и модернизация средств и систем контроля за деформациями плотин и их оснований. 5
3. Восстановление КИА для фильтрационных наблюдений и модернизация средств и методов наблюдений за фильтрационным режимом в плотине и основании 8
4. Восстановление дистанционной КИА и модернизация средств и методов измерений 10
5. Модернизация старых систем контроля на плотинах. 11
6. Оптимизация состава и объема КИА на длительно эксплуатируемых плотинах 12

Приложение 1 17

Приложение 2 18

Приложение 3 19

Приложение 4 20

Список литературы 21

Редактор *Т.С. Артюхина*
Корректор *Т.М. Бовичева*
Компьютерная верстка *Н.Н. Седова*

Лицензия ЛР № 020629 от 14.01.98.
Подписано к печати 09.10.2001. Формат 60x90 1/16.
Бумага типографская № 1. Печать офсетная.
Печ.л. 1,5. Тираж 300. Заказ 181.

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

gost.e-ecolog.ru