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

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО АНАЛИЗУ ДАННЫХ И ПРОВЕДЕНИЮ НАТУРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННЫМ СОСТОЯНИЕМ, РАСКРЫТИЕМ ШВОВ И ТРЕЩИН В БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СООРУЖЕНИЯХ

П85 – 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 НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННЫМ СОСТОЯНИЕМ, РАСКРЫТИЕМ ШВОВ И ТРЕЩИН В БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СООРУЖЕНИЯХ

П85–2001
ВНИИГ

Санкт-Петербург
2001

УДК 626/627.03.001.42+627.82:620.191.33

Рекомендации содержат основные положения методики по проведению натурных наблюдений и анализу данных за напряженно-деформированным состоянием, раскрытием швов и трещин в бетонных и железобетонных сооружениях и могут рассматриваться как дополнение и развитие "Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации" и других действующих нормативных документов.

© ОАО «ВНИИГ им.Б.Е.Веденеева», 2001

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящие Рекомендации созданы на базе "Рекомендаций по натурным наблюдениям за эксплуатационной надежностью бетонных плотин" и обобщения многолетнего опыта оценки НДС гидротехнических сооружений, построенных в РФ и СНГ [1-5, 7-10,23-26].

Рекомендации разработаны в соответствии с действующими СНиП на проектирование бетонных и железобетонных плотин и нормативными документами по натурных наблюдениям и исследованиям [6, 13, 14, 16-21] с учетом требований "Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей РФ" (РД 34.20.501-95, 15-е издание, переработанное и дополненное).

Рекомендации регламентируют единый подход к проведению наблюдений и анализу результатов наблюдений за напряженно-деформированным состоянием (НДС) бетонных и железобетонных гидротехнических сооружений и их оснований и предназначены для эксплуатационного персонала электростанций и организаций, занимающихся анализом данных натурных наблюдений на гидротехнических сооружениях РФ и СНГ.

Вопросы методики измерения параметров НДС сооружений при сейсмических воздействиях в настоящих рекомендациях не рассматривались.

Рекомендации разработаны в ОАО "ВНИИГ им.Б.Е.Веденеева" канд. техн. наук Дурчевой В.Н. и инж. Александровской Э.К. и в АООТ НИИЭС инж. Блиновым И.Ф. и канд. техн. наук Лобач А.А.

РАО «ЕЭС России»	**Рекомендации по анализу данных и проведению натурных наблюдений за напряженно-деформированным состоянием, раскрытием швов и трещин в бетонных и железобетонных сооружениях**	П85–2001 ВНИИГ Вводятся впервые

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Измерения деформаций (напряжений) в бетонных плотинах предусматриваются для следующих целей:

контроль за напряженным состоянием плотины и ее элементов;

контроль за свободными деформациями секций и столбов;

контроль за состоянием контактной зоны "скала-бетон".

На основании анализа натурных данных выбираются параметры, диагностирующие текущее НДС плотины, определяется фактическая схема работы системы "плотина-основание".

1.2. Для решения этих задач необходимо иметь данные, характеризующие:

степень сезонной и постоянной немонолитности тела плотины;

состояние контакта "скала-бетон";

распределение напряжений по сечениям и закономерности их изменений от различного сочетания действующих нагрузок.

1.3. Нарушение монолитности сооружения, т.е. раскрытие швов и трещинообразование в бетоне происходит как в строительный период, так и во время эксплуатации сооружения. В строительный период возникают, в основном, температурные трещины, связанные с технологией возведения сооружения. Такие трещины вызываются растягивающими напряжениями, обусловленными, главным образом, неравномерным распределением температуры по вертикальным и горизонтальным сечениям и заделкой блоков в скальное основание или старый бетон [23].

Внесены ОАО «ВНИИГ им.Б.Е.Веденеева»	Утверждены РАО «ЕЭС России» Письмо № 02-1-03-4/629 от 03.07.98	Срок введения в действие IV кв. 2001 г.

1.4. Трещинообразование в эксплуатационный период возникает от неравномерности осадки сооружения в результате различных механических характеристик по основанию или в результате суффозионных процессов в период эксплуатации. Трещинообразование в период заполнения водохранилища и дальнейшей эксплуатации наблюдается в зонах перелома по контуру примыкания сооружения к скале.

Возведение высоких плотин с нарушением технологии и постановка их под нагрузку неполным (штрабленым) профилем приводят к появлению на напорной грани растягивающих напряжений, раскрытию контакта "бетон-скала", горизонтальных строительных швов, выходящих на верховую грань, а также появлению горизонтальных трещин в бетоне первых столбов [1, 2].

1.5. Трещинообразование в плотине зависит также от свойств бетона как строительного материала. Наиболее интенсивное трещинообразование наблюдается в бетоне водосливных граней с большими расходами цемента, применяемыми для обеспечения морозо- и кавитационной стойкости и кавитационной стойкости бетона. В ряде случаев трещинообразование в бетоне плотин, находящихся в эксплуатации, наблюдается вследствие вспучивания или расширения бетона, обусловленного при определенных условиях химической реакцией между цементом и потенциально реактивным заполнителем. Такая реакция может привести к значительному трещинообразованию и разрушению бетона, а иногда к деформациям отдельных частей сооружения, например, подвижке устоев, поднятию контрфорсов и др. [7].

2. СОСТАВ НАБЛЮДЕНИЙ И ПРИМЕНЯЕМАЯ КИА

2.1. Натурные наблюдения за НДС бетонных и железобетонных гидротехнических сооружений проводятся с целью контроля за их безопасной работой и проверки соответствия проектных предположений фактическому состоянию сооружений.

Состав и объем наблюдений за НДС гидротехнических сооружений регламентируются нормативными документами в зависимости от класса капитальности гидроузла, геологических особенностей основания, экологических требований и др. и назначаются проектной или научно-исследовательской организациями.

2.2. Должен быть предусмотрен такой состав наблюдений за НДС сооружения, который бы позволил получить достаточную и представительную информацию о состоянии системы "сооружение-основание", т.е. наблюдения должны производиться с частотой, увязанной с изменением вне-

шних воздействий на сооружение, а состав наблюдаемых параметров должен быть оптимальным, позволяющим судить о работе всего сооружения и его отдельных элементов.

2.3. Наблюдения за НДС бетонных и железобетонных гидротехнических сооружений подразделяются на визуальные, осуществляемые на каждом сооружении, и инструментальные, проводимые на сооружениях I, II и III классов капитальности, а при обосновании и на сооружениях IV класса [20, 21].

2.4. В строительный период наблюдают за технологическими воздействиями на показатели НДС, трещинообразованием, раскрытием конструктивных и строительных швов. По результатам инструментальных и визуальных наблюдений дается оценка монолитности и НДС сооружения в строительный период.

2.5. При загружении сооружения эксплуатационной нагрузкой наблюдения проводятся за температурным режимом сооружения, состоянием технологических и конструктивных швов, трещинами строительного периода, состоянием контактов сооружения с примыкающим грунтом, а также за характером изменения напряжений в теле сооружения. Результатом наблюдений является информация о реакции сооружения на внешние воздействия, по которой определяется первоначальная схема статической работы системы "сооружение-основание".

2.6. В период постоянной эксплуатации сооружения параметры НДС являются одними из основных показателей надежности сооружения, показателями его устойчивости и прочности.

Для оценки НДС эксплуатируемых плотин проводятся наблюдения за степенью их монолитности (раскрытия швов, трещин), напряженным состоянием монолитного бетона.

2.7. Программа натурных наблюдений в период эксплуатации сооружения должна корректироваться в связи с частичным выходом из строя КИА и выявлением новых процессов, связанных с технологией возведения, отличием фактических физико-механических характеристик грунта от принятых в проекте, неучтенным ранее воздействием геологической среды и др.

2.8. Выявленные в процессе эксплуатации отдельные элементы сооружения (напорная грань, строительные швы, контактная зона и др.), работающие в непроектном режиме, должны стать объектом наблюдений и исследований по специальной программе, составленной проектной и научными организациями, занимающимися анализом поведения сооружения.

2.9. Для наблюдений за параметрами НДС бетонных и железобетонных сооружений в отечественной практике в качестве контрольно-измерительной аппаратуры используют дистанционные струнные измерительные датчики [13] и геодезическую КИА [19].

2.10. Деформации бетона измеряют тензометрами (ПЛДС) [15]; температуру бетона, скалы, воды в водохранилище - термометрами (ПТС); раскрытие швов, трещин и деформаций - щелемерами, деформометрами и контактными тензометрами (ПЛДС); напряжения на контакте с мягким грунтом - пьезодинамометрами; усилия (напряжения) в арматуре - арматурными динамометрами (ПСАС) [16]; относительные вертикальные смещения (осадки) элементов сооружения - гидронивелирами (ПУЖС) [12]; относительные горизонтальные смещения- отвесами [11].

2.10.1. Наблюдения за деформациями (напряжениями) в бетоне выполняются одиночными тензометрами и группой тензометров в виде плоских и объемных "розеток". Рядом с розетками располагают тензометры в усадочных "конусах", служащих для измерения свободных деформаций бетона.

2.10.2. Наблюдения за усилиями (напряжениями) в рабочей арматуре выполняются с помощью арматурных динамометров (ПСАС), вваривае-мых либо в рабочую арматуру, либо в так называемые плавающие стержни, располагающиеся между стержнями рабочей арматуры. ПСАС, как правило, дублируются в измерительной точке и размещаются на пересечении рабочей арматуры с плоскостью предполагаемой трещины (строительные швы, входящие углы конструкции и проч.).

2.10.3. Наблюдения за контактными нормальными напряжениями выполняются с помощью опорных плит, которые собирают усилия давления грунта по площади плиты (0,2-0,3 $м^2$) и передают их, как правило, на три грунтовых динамометра (ГД), смонтированных перпендикулярно плоскости плиты. Если требуется определить тангенциальную составляющую давления грунта на сооружение, к указанным преобразователям добавляются еще два, которые монтируются вдоль плоскости плиты в направлении действия этой составляющей. Таким образом образуется тангенциальная установка, служащая для измерения нормальной и тангенциальной составляющих давления грунта [17].

2.10.4. Инструментальные наблюдения за раскрытием межсекционных швов выполняются с помощью поверхностных одноосных, двухосных, трехосных щелемеров, устанавливаемых на швах на гребне плотины и в смотровых потернах на различных отметках, в расширенных швах и межконтрфорсных полостях. Для измерения раскрытия межсекционных швов

по их глубине, раскрытия межстолбчатых и горизонтальных строительных швов, а также шва на контакте "скала-бетон" используются дистанционные струнные щелемеры (ПЛПС) и телетензометры (ПЛДС).

2.10.5. Инструментальные наблюдения за трещинами заключаются в изучении закономерности жизни трещины во времени, определении ее длины и ширины раскрытия. Длина трещин и их местоположение определяются с помощью рулетки с точностью до 0,1 м. Простейшим методом качественного определения состояния трещины являются специальные гипсовые или стеклянные маяки, устанавливаемые на трещину. Для определения количественной величины ее раскрытия или закрытия применяются либо переносная лупа с мерными делениями, либо микроскоп МПБ-2 с ценой деления 0,05 мм. Ширина раскрытия трещин в зависимости от их вида и происхождения колеблется в широких пределах: от сотых долей миллиметра до нескольких миллиметров. Наиболее крупные трещины оборудуются простейшими щелемерами.

2.10.6. Размещение измерительных створов и сечений с КИА определяется программой наблюдений.

2.11. Инструментальные измерения параметров НДС сооружения необходимо сопровождать визуальными наблюдениями, которые заключаются в осмотре открытых поверхностей сооружения с целью обнаружения трещин, сколов, их зарисовки и организации наблюдений за их раскрытием.

3. МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ НАТУРНЫХ ДАННЫХ

3.1. Обработка данных визуальных наблюдений за трещинами сводится к следующему: инвентаризации трещин, их распределению по наличию очагов фильтрации, местоположению на поверхности.

3.1.1. В строительный период осмотру подвергаются грани блоков бетонирования, в результате чего производится дифференциация трещин (поверхностные, сквозные, вертикальные, наклонные) и определяются причины их возникновения.

В эксплуатационный период осмотру должны подвергаться открытые и доступные вертикальные и наклонные поверхности сооружения: верховая и низовая грани плотины, водосливные поверхности, стенки и своды смотровых галерей, входящие углы сооружения. Признаком появления микротрещины является мокрое пятно на стенке галереи, подтеки, следы выщелачивания и т.п.

3.1.2. Осмотр напорной грани осуществляется с плавучих средств. Раскрытие трещин оценивается визуальным осмотром через бинокль. В результате осмотра необходимо зарисовать увиденные трещины, привязать их к отметкам и секциям. Такой осмотр следует проводить ежегодно для выяснения характера раскрытия швов и трещин. При стабильном характере изменения несплошности напорной грани осмотры можно сократить до одного раза в 3-5 лет.

Осмотр низовой грани следует проводить зимой и летом для определения температурного раскрытия швов и трещин.

Осмотр смотровых галерей проводится ежемесячно, ежеквартально, ежегодно в зависимости от развития трещинообразования.

3.1.3. Обнаруженная при осмотре бетонной поверхности трещина должна быть заинвентаризирована: на трещину заводится специальная отдельная карточка (или журнал), ей присваивается порядковый номер, индекс, записывается дата появления (обнаружения). Трещина зарисовывается и делается ее привязка в плане и по высоте; указываются границы ее распространения, измеряется и записывается величина раскрытия, определяемая визуально через бинокль.

Дальнейшие наблюдения заключаются в периодическом контроле за распространением зафиксированных трещин, изменением их раскрытия (закрытия) во времени, появлением фильтрации и продуктов выщелачивания бетона. Все результаты визуальных наблюдений заносятся в заведенную ранее карточку или журнал.

В тех случаях, когда помимо наблюдений за поведением трещины на открытой поверхности требуется установить глубину ее распространения в бетонный массив, применяются следующие методы: перфораторная подсечка, подсечка колонковым бурением и каликсовое бурение, а также метод ультразвуковой дефектоскопии.

3.2. Визуальные наблюдения за состоянием межсекционных и строительных швов сводятся к периодическим осмотрам швов в доступных для этого местах и фиксации их состояния: сухой, мокрый, имеется или отсутствует фильтрация и ее вид (капельная, струйная), имеются или отсутствуют натеки, следы выщелачивания и т.п.

3.3. Обработка тензометрических данных начинается с перевода показаний датчиков в физические величины (измеренные деформации, раскрытия швов) с учетом систематических погрешностей измерений [15]. При наличии флуктуаций необходимо провести их анализ для исключения ошибок и выявления объективных аномальных показаний, связанных с раскрытием трещин, динамическими нагрузками.

3.3.1. Достоверность тензометрических показаний проверяется несколькими способами:

проверкой флуктуации повторным измерением;

статистическими методами обработки;

сопоставлением изменения деформаций с температурой;

анализом скачкообразных изменений (раскрытие швов, трещин);

проверкой на инвариантность (для розеток).

3.3.2. При подсчете напряженных деформаций следует анализировать вначале показания тензометра в конусе, которые не должны реагировать на силовые воздействия. При выходе из строя тензометра, заложенного в конус, можно пользоваться зависимостями между деформацией и температурой за период, предшествующий выходу прибора из строя.

3.4. Подсчет напряжений проводится по тензометрическим данным с учетом изменений во времени модуля упруго мгновенных деформаций и меры ползучести, полученных экспериментально или выбранных по аналогии [14]. Учитывая быстрое твердение гидротехнического бетона, значение модуля упругомгновенных деформаций принимается постоянным после одного года. Мера ползучести становится постоянной после 5-6 лет твердения бетона (по данным натурных наблюдений).

3.5. Значения напряжений определяются по показаниям тензометров в розетках в зависимости от напряженного состояния в исследуемой точке сооружения - линейное напряжение, плоская деформация, плоское напряженное состояние, объемное напряженное состояние [14, 17].

3.6. При раскрытии шва и трещин относительные деформации, измеряемые тензометрами, пересчитываются в абсолютные значения раскрытий.

4. МЕТОДЫ АНАЛИЗА НАТУРНЫХ ДАННЫХ

4.1. Для определения напряженного и деформируемого состояния сооружения необходимо располагать следующими данными:

о фактической немонолитности сооружения;

о напряжениях, деформациях, перемещениях элементов сооружения;

о состоянии контактных зон бетона с грунтом засыпок и основанием.

4.2. Немонолитность конструкции определяется состоянием технологических и конструктивных швов, наличием трещин. Различают постоянную немонолитность, обусловленную первоначальными трещинами строительного периода, и сезонную немонолитность, связанную с изменением температуры и УВБ. Анализ немонолитности сооружения включает:

выявление трещин;

наблюдение за их развитием в период эксплуатации;

оценку состояния конструктивных и строительных швов.

4.2.1. Анализ состояния трещин заключается в выявлении причин их возникновения и определении закономерностей развития во времени. По изменению раскрытия трещин они подразделяются на трещины с постоянным раскрытием, сезонным и с необратимой составляющей.

4.2.2. По степени опасности для надежности и долговечности сооружения трещины можно разделить на следующие виды [8, 23]:

трещины сквозные, вызванные либо неравномерными осадками сооружения, возведенного на неоднородном основании, либо перемещениями отчлененных скальных блоков основания;

трещины сквозные, вертикальные или почти вертикальные, ориентированные поперек потока, температурного характера и силовые;

трещины вертикальные, ориентированные поперек потока, но не сквозные, температурного происхождения;

трещины горизонтальные и наклонные глубокие, возникающие на наружных поверхностях, температурного происхождения;

трещины вертикальные, простирающиеся вдоль потока, температурного происхождения;

трещины поверхностные, связанные с усадкой бетона.

4.2.3. Для плотин наиболее опасными являются вертикальные сквозные трещины, ориентированные поперек потока, которые приводят к неблагоприятному перераспределению напряжений в конструкциях и могут повлиять на их устойчивость.

Горизонтальные и наклонные трещины на верховой и низовой гранях сооружения уменьшают его профиль и приводят к снижению прочности и устойчивости. Кроме того, трещины на верховой грани приводят к значительной фильтрации с выщелачиванием бетона и, в конечном счете, к снижению его прочности.

Вертикальные глубокие трещины вдоль потока, выходящие на напорную грань, представляют опасность с точки зрения повышенной фильтрации, затрудняя нормальную эксплуатацию сооружения.

Поверхностные трещины не нарушают монолитности сооружения, однако могут быть очагами глубоких трещин и могут быть причиной коррозии бетона.

4.3. Состояние горизонтальных межблочных швов со стороны наружных граней оценивается по результатам измерений деформаций и рас-

крытий швов, а также водопроявлениям. Анализ состояния швов проводится совместно с анализом изменения температурного режима в сооружении.

4.4. Состояние конструктивных и строительных швов оценивается по данных измерений их раскрытия.

4.5. Контакт бетона с нескальным грунтом анализируется с точки зрения реактивного давления, которое воспринимается сооружением как внешняя нагрузка.

4.6. Результатом анализа монолитности сооружения и состояния контактных зон является:

оценка влияния технологических факторов на эксплуатационное состояние сооружения (эффективности омоноличивания, температурного трещинообразование и т.д.);

определение фактических условий передачи нагрузки на берега, от элемента к элементу сооружения и на основание;

выявление качественных и количественных изменений геометрии рабочего профиля сооружения (глубины раскрытия межблочных швов на низовой грани, под напорной гранью, характера изменения швов).

По этим данным может быть определена расчетная схема "вторичной конструкции" и схема ее взаимодействия с основанием и берегами.

4.7. Раскрытие трещин и швов следует рассматривать совместно с изменениями температуры и УВБ.

Изменения раскрытия швов и трещин во времени подразделяются на *закономерные*, обусловленные ежегодными сезонными изменениями температуры или периодическими изменениями нагрузок, предусмотренными проектом, и *аномальные*, связанные с постепенно нарастающей немонолитностью профиля.

4.8. По графику раскрытия шва или трещины в многолетнем разрезе оценивается характер изменения раскрытия путем сопоставления измеряемой величины за ряд последовательных лет, в которых условия эксплуатации были примерно одинаковыми. Используя, например, метод скользящей средней, выявляется наличие или отсутствие необратимых изменений раскрытия в многолетнем разрезе. Выявление необратимой составляющей в периодических раскрытиях - закрытиях швов и трещин является важнейшей задачей, поскольку именно эта составляющая характеризует изменение монолитности сооружения.

Определение формы и параметров необратимой составляющей раскрытия швов и трещин производится с помощью расчетного анализа измеренных величин. Для этого могут быть использованы различные математические модели.

4.9. При использовании методов корреляционно-регрессивного анализа состояния швов и трещин устанавливаются связи и зависимости раскрытия шва или трещины как от нагрузок (температура, гидростатический напор), так и от других диагностических параметров.

4.10. Напряженное состояние сооружения определяется эпюрами распределения напряжений в сечениях и напряжениями в отдельных точках.

4.11. При построении эпюр напряжений следует иметь в виду следующие обстоятельства:

нормальные напряжения во всех розетках, составляющих горизонтальный створ, должны рассчитываться по одной схеме (плоское, объемное напряженное состояние и т.д.);

по вертикальным створам эпюры напряжений могут строиться только по приборам в розетках, одинаково удаленных от граней, и при условии монолитности напорной грани.

4.12. Напряжения анализируют также по изменению их характера во времени (квазистационарное, с необратимой составляющей, скачкообразное изменение).

Квазистационарный характер изменения во времени свидетельствует о стабильном состоянии сооружения (и его элементов), т.е. упругой работе.

Необратимая составляющая в напряжениях показывает неустойчивое состояние сооружения, постоянное изменение схемы статической работы. Такой характер изменения напряжений фиксируется при распространении трещины в глубину рабочего сечения, при перераспределении напряжений за счет меняющейся схемы работы (перераспределение между арками и консолями в арочной плотине, изменение напряжений возле необратимо раскрывающегося межстолбчатого или радиального шва и т.д.).

Скачкообразное изменение напряжений связано с трещинообразованием или с сезонным раскрытием шва при резком изменении температуры наружного воздуха или гидростатической нагрузки.

4.13. Неизменность напряжений в течение всего периода наблюдений может быть следствием исключения области бетона с преобразователем из работы или связана с местоположением розетки в нейтральной зоне сооружения, не испытывающей влияния нагрузок.

4.14. Результаты анализа напряженного состояния должны дать оценку фактического состояния сооружения, определить причины его отличия от проектного, позволить откорректировать расчетную схему.

4.15. Напряженное состояние различных типов сооружений имеет свои особенности. Так, для гравитационной плотины на скальном основа-

нии характерны:

плоское напряженное или деформированное состояние за исключением узких створов, где может возникать арочный эффект;

невысокий уровень напряжений за исключением температурных напряжений в зоне действия высоких температурных градиентов;

возможное нарушение контакта "бетон-скала" под напорной гранью и раскрытие шва по контакту;

пунктирная немонолитность рабочего профиля плотины вследствие некачественной цементации в отдельных зонах межстолбчатых швов.

В результате анализа НДС гравитационной плотины должны быть установлены:

глубина раскрытия горизонтальных швов на низовой грани и контакта под напорной гранью;

постоянная и сезонная немонолитность рабочего профиля плотины и ее влияние на НДС;

причины различия между фактическим и проектным НДС.

4.16. Для арочной плотины характерны пространственная работа бетона; высокий уровень объемного сжатия; передача усилий на берега; высокая чувствительность НДС к неоднородности геологической среды; возможное нарушение монолитности контакта "бетон-скала" и раскрытие шва по контакту.

В арочной плотине анализируют условия передачи усилий на берега и характер распределения этой нагрузки; эпюры арочных напряжений по высоте с выделением отметки с максимальными напряжениями; распределение арочных и консольных напряжений в горизонтальных сечениях на разных отметках; глубину раскрытия радиальных швов и их связь с температурой и УВБ; степень асимметричности работы плотины и береговых примыканий.

4.17. Для контрфорсных плотин характерны высокий уровень напряжений; существенное воздействие температурного фактора, определяемого температурным режимом в полостях; высокая чувствительность НДС к неоднородности геологической среды.

Анализ НДС должен выявить распределение напряжений в оголовке и теле контрфорса, сезонность изменения напряжений и роль температуры.

4.18. Для армированных гидротехнических сооружений характерны высокий уровень напряжений в арматуре на пересечении с трещинами и раскрытыми строительными швами; существенное влияние температурных воздействий; большое влияние реактивного давления грунта засыпок для подпорных стенок, стенок шлюзов.

Анализ НДС должен выявить частоту и величину раскрытия трещин, уровень напряжений в арматуре, характер изменения смещений конструкций (осадок, наклонов, прогибов и проч.) в связи с внешними воздействиями.

4.19. Для выявления специфики поведения плотины следует определить статистическую модель поведения плотины, используя современные компьютерные программы анализа временных рядов.

4.20. Целью статистических методов обработки натурных данных является установление функциональных связей между действующими нагрузками и контролируемыми параметрами с учетом фактической схемы статической работы [10, 11], дающих возможность прогноза. Современные компьютерные программы позволяют диагностировать состояние сооружения на основе определения причинно-следственных зависимостей между действующими нагрузками и реакцией на них в виде перемещений, напряжений и т.д.

4.21. Результатами создания статистической модели работы системы "плотина-основание" должны быть:

оценка характера работы плотины и ее элементов (упругий, с необратимой составляющей, затухающий, развивающийся во времени);

определение функциональных зависимостей между гидростатической нагрузкой, температурой наружного воздуха и параметрами, контролирующими НДС плотины;

количественная оценка влияния сезонной, постоянной, развивающейся во времени несплошности тела плотины (раскрытие швов, трещин) на НДС плотины;

прогнозная модель поведения плотины при различных, еще не встречаемых сочетаниях нагрузок, при которых будут изменяться прежние экстремальные значения контролируемых параметров.

4.22. Для установления ПДЗ, отвечающих фактической схеме статической работы плотины и основания, по результатам установленных причинно-следственных связей между реально действующими нагрузками и контролируемыми параметрами (п.4.21) проводится ретроспективное математическое моделирование поведения плотины. Эти новые ПДЗ принимаются критериальными для установленной анализом натурных данных схемы работы плотины. При отличии последующих закономерностей изменения контролируемых параметров от их критериальных значений вновь проводится статистический анализ натурных данных для выяснения нарушения прежней схемы работы сооружения.

4.23. Под предельно допустимыми значениями показателей состояния сооружения принимаются такие, при достижении которых устойчивость и прочность сооружения и его основания соответствуют нормативным требованиям.

4.24. Для сооружений и их конструктивных элементов, фактическое НДС которых соответствует проектным требованиям, за ПДЗ показателей их состояния следует принимать значения показателей НДС, полученные в результате исследований и расчетов сооружения по непригодности к эксплуатации (предельные состояния первой группы) или по непригодности к нормальной эксплуатации (предельные состояния второй группы).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Волков В.П., Александровская Э.К., Погребная Г.С.** К вопросу контроля трещинообразования в плотине Саяно-Шушенской ГЭС // Известия ВНИИГ им. Б.Е.Веденеева.- 1990.- Т.222.- С.15-19.

2. **Александровская Э.К.** Состояние Саяно-Шушенской плотины во время четырехкратного подъема УВБ до отм.НПУ // Гидротехническое строительство.- 1994.- №10. - С.42-45.

3. **Блинов И.Ф., Гальперина Л.П.** Напряженное состояние и деформации сооружений Загорской ГАЭС в период временной эксплуатации // Гидротехническое строительство.- 1992.- №8. - С.47-51.

4. **Блинов И.Ф., Гальперин И.Р., Лавров Б.А., Мирзак Е.М.** Контрольные наблюдения на бетонной плотине Богучанской ГЭС в строительный период // Гидротехническое строительство.-1993.- №9.- С.3-8.

5. **Блинов И.Ф.** Результаты контрольных наблюдений за напряженно-деформированным состоянием компенсаторных секций трубопроводов Загорской ГАЭС // Сборник научных трудов Гидропроекта .-1993.- №152.

6. **Временная** инструкция по обеспечению монолитности бетонных гидротехнических сооружений, возводимых в районах с резко континентальным климатом.- М., Л.: Энергия, 1964.

7. **Дурчева В.Н.** Натурные исследования монолитности высоких бетонных плотин // Библиотека гидротехника и гидроэнергетика, вып.90.- М.: Энергоатомиздат, 1988.

8. **Золотов Л.А., Царев А.И., Блинов И.Ф.** Контроль надежности бетонных плотин при их строительстве и эксплуатации // Гидротехническое строительство.- 1990.- №7.- С.43-46.

9. **Карлсон А.А.** Деформации плотин и их оснований. Результаты измерений // Библиотека гидротехника и гидроэнергетика, вып.103.- М.: Энергоатомиздат, 1991.

10. **Лобач А.А.** О методах диагностики состояния высокой массивно-контрфорсной плотины // Сборник научных трудов Гидропроекта.- 1993.- № 152.- С.62-69.

11. **Методы** измерений и анализа перемещений высоких бетонных плотин.- М.: Информэнерго, 1978.

12. **МИ 2114-90 ГСИ.** Осадка сооружений и оснований. Методика выполнения измерений измерительными преобразователями типа ПУЖС. (Взамен ОСТ 54-72-652-85).

13. **ОСТ 34 72.965-96.** Преобразователи измерительные струнные для объектов энергетики. Общие технические требования (Взамен ОСТ 34-72-591-83).

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

15. **РД 34.11.328-91** ГСИ. Линейные деформации бетона. Методика выполнения измерений измерительными преобразователями типа ПЛДС (Взамен ОСТ 54-72-650-83).

16. **РД 34.11.330-91** ГСИ. Сила растяжения и сжатия арматуры железобетонных конструкций. Методика выполнения измерений измерительными преобразователями типа ПСАС и ПСАС-М (Взамен ОСТ 54-72-652-85).

17. **Рекомендации** по наблюдениям за напряженно-деформированным состоянием бетонных плотин: 11100-81/ВНИИГ.- Л., 1982.

18. **Рекомендации** по определению предельно допустимых значений показателей состояния и работы гидротехнических сооружений: П-836-85/Гидропроект.- М., 1985.

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

20. **СНиП 2.06.01-86**. Гидротехнические сооружения. Основные положения проектирования.- М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1987.

21. **СНиП 2.06..06-85.** Плотины бетонные и железобетонные.- М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986.

22. **СТП 00242714-01-94.** Осадка сооружений и оснований. Методика выполнения измерений системами гидростатического нивелирования с измерительными преобразователями типа ПУЖС-М. -М., 1994.

23. **Трапезников Л.Н.** Температурная трещиностойкость массивных бетонных сооружений.- М.: Энергоатомиздат, 1986.

24. **Критерии** безопасности гидротехнических сооружений как основы контроля их состояния / А.И.Царев, И.Н.Иващенко, В.В.Малаханов, И.Ф.Блинов // Гидротехническое строительство.- 1994.-№1.- С.9-14.

25. **Эйдельман С.Я., Дурчева В.Н.** Бетонная плотина Усть-Илимской ГЭС.- М.: Энергия, 1981.

26. **Эйдельман С.Я.** Натурные исследования бетонной плотины Братской ГЭС.- Л.: Энергия. 1975.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 3
1. Общие положения 4
2. Состав наблюдений и применяемая КИА 5
3. Методы обработки натурных данных. 8
4. Методы анализа натурных данных 10
Список литературы 17

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 167.

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

gost.e-ecolog.ru