РОССИЙСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО ЭНЕРГЕТИКИ
И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ «ЕЭС РОССИИ»
Департамент научно-технической политики и развития

ПРАВИЛА
ПРОВЕДЕНИЯ НАТУРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА РАБОТОЙ БЕТОННЫХ ПЛОТИН

РД 153-34.2-21.545-2003

ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева»
Санкт-Петербург
2003

gost.e-ecolog.ru

РОССИЙСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО ЭНЕРГЕТИКИ
И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ «ЕЭС РОССИИ»
Департамент научно-технической политики и развития

ПРАВИЛА
ПРОВЕДЕНИЯ НАТУРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА РАБОТОЙ БЕТОННЫХ ПЛОТИН

РД 153-34.2-21.545-2003

ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева»
Санкт-Петербург
2003

Разработано Открытым акционерным обществом «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники им. Б.Е. Веденеева»

Исполнители *Э.К. АЛЕКСАНДРОВСКАЯ, В.Н. ДУРЧЕВА, С.М. ПУЧКОВА*

Согласовано с Департаментом электрических станций РАО «ЕЭС России» 19.12.2002

Первый заместитель начальника *В.А. КУЗНЕЦОВ*

Утверждено Департаментом научно-технической политики и развития РАО «ЕЭС России» 24.01.2003

Заместитель начальника *А.В. БОБЫЛЕВ*

Срок первой проверки настоящего РД – 2007 г.
Периодичность проверки – один раз в 5 лет

Ключевые слова: натурные наблюдения, бетонные плотины, инструментальный контроль, общие перемещения, фильтрационный режим, температурный режим, напряженно-деформированное состояние, визуальные наблюдения, старение плотин, принципы анализа.

© ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева», 2003

УДК 627.824.012.4+626/627.03.001.42

Правила проведения натурных наблюдений за работой бетонных плотин	РД 153-34.2-21.545-2003 Введено впервые

Дата введения 2004-01-01

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Назначение Правил и область применения

1.1. Настоящие Правила регламентируют проведение натурных наблюдений на эксплуатируемых гидротехнических сооружениях.

1.2. Правила предназначены для гидротехнических служб ГЭС, контролирующих текущее состояние сооружений гидроузла, проектных и научных организаций, разрабатывающих программы наблюдений и оценивающих безопасность сооружений.

1.3. Правила распространяются на все виды бетонных плотин, преимущественно I и II классов, входящих в состав гидроузлов Российской Федерации.

1.4. Правила содержат: основные указания по проведению натурных наблюдений на эксплуатируемых плотинах; цели, виды и методы натурных наблюдений; способы обработки данных и их анализа.

1.5. Целью настоящих Правил является установление единого подхода к эксплуатационному надзору за состоянием гидротехнических сооружений, включающего контроль перемещений, напряжений, деформаций, фильтрационного и температурного режимов системы плотина – основание.

Нормативные ссылки

1.6. В тексте Правил используются ссылки на следующие нормативные документы:

Федеральный закон «О безопасности гидротехнических сооружений» № 117-ФЗ от 21.07.97.

ГОСТ 19185-73. Гидротехника. Основные понятия. Термины и определения.

Издание официальное

Настоящий РД не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен без разрешения организации разработчика

СНиП 2.06.06-85. Плотины бетонные и железобетонные. М.: Государственный комитет СССР по делам строительства. 1986.

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

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

Рекомендации по выбору диагностических параметров, контролирующих состояние бетонных плотин: П82-2001/ВНИИГ. СПб. 2001.

Рекомендации по анализу данных и проведению натурных наблюдений за напряженно-деформированным состоянием, раскрытием швов и трещин в бетонных и железобетонных сооружениях: П85-2001/ВНИИГ. СПб. 2001.

Рекомендации по анализу данных и проведению натурных наблюдений за противодавлением и состоянием дренажных систем в основании и теле бетонных плотин: П84-2001/ВНИИГ. СПб. 2001.

Рекомендации по анализу данных и проведению натурных наблюдений за осадками и горизонтальными смещениями бетонных плотин: П83-2001/ВНИИГ. СПб. 2001.

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

Положение об отраслевой системе надзора за безопасностью гидротехнических сооружений. М.: СПО «Союзтехэнерго». 1981.

Типовая инструкция по эксплуатации гидротехнических сооружений гидроэлектростанций: П79-2000/ВНИИГ. СПб. 2000.

Термины и определения

1.7. В настоящих Правилах используются следующие термины и определения:

Контрольные натурные наблюдения – систематические наблюдения, проводимые на сооружении в целях изучения его основных параметров работы, оценки состояния и эксплуатационной надежности.

Специальные натурные наблюдения (исследования) – наблюдения (исследования), проводимые на сооружении при соответствующем обосновании в целях получения данных, связанных с необходимостью подтверждения проектных решений, уточнения различных процессов, методов и результатов расчета, модельных исследований и др.

Элементы диагностирования – конструктивные элементы плотины, включая основание, состояние которых определяет надежность и безопасность сооружения и подлежащие систематическому натурному контролю.

Диагностические показатели – наиболее значимые для диагностики и оценки состояния гидротехнического сооружения контролируемые показатели, позволяющие дать оценку безопасности и состояния системы сооружение – основание – водохранилище в целом или отдельных ее элементов.

Надежность бетонной плотины – способность плотины воспринимать проектные внешние нагрузки и воздействия, сохраняя во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданную функцию в заданных режимах и условиях эксплуатации, технического обслуживания и ремонта.

Строительный контроль плотины – комплекс наблюдений, исследований и испытаний, проводимых в период возведения сооружения в целях обеспечения его проектных параметров, оценки качества и состояния сооружения в период строительства.

Эксплуатационный контроль плотины – комплекс наблюдений (при необходимости – исследований и испытаний), проводимых в период эксплуатации сооружения с целью получения объективных технических данных о его надежности, безопасности и назначения профилактических инженерных мероприятий.

Контрольно-измерительная аппаратура (КИА) – совокупность средств измерений (измерительных приборов, датчиков и др.) и вспомогательных устройств, предназначенных для контрольных наблюдений и натурных исследований состояния сооружения и основания.

Измерительный прибор (датчик) – средство измерений, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем.

Измерительный створ (сечение) – условная горизонтальная или вертикальная плоскость в сооружении, в которой устанавливается контрольно-измерительная аппаратура.

Измерительная точка – местоположение одного или компактной группы измерительных приборов в измерительном створе.

Цели и задачи натурных наблюдений и исследований

1.8. Основной целью проведения натурных наблюдений на эксплуатируемой плотине является получение информации для оценки состояния плотины и ее элементов, необходимой для контроля надежности и безопасности гидроузла.

1.9. Результаты натурных наблюдений должны использоваться:

для определения специфики работы плотины и ее элементов;

для анализа причин несовпадения контролируемых параметров с их расчетными значениями;

для корректировки математических моделей работы сооружения;

для определения диагностических показателей, определяющих состояние системы плотина – основание по условиям устойчивости, прочности и долговечности;

для оценки влияния гидроузла на экологические условия района;

для многофакторного анализа статической работы плотины и текущего контроля за изменением всех контролируемых параметров, характеризующих состояние плотины и геологической среды и обоснования критериев надежной работы плотины.

1.10. Обобщенные материалы натурных наблюдений и исследований должны использоваться для определения резервов надежности плотины и обоснования необходимости ремонтных работ, совершенствования систем натурных наблюдений, конструктивных решений при проектировании новых плотин, для ретроспективных расчетов, а также должны учитываться при пересмотре нормативных документов по проектированию бетонных плотин и правил их эксплуатации [1 – 5], при составлении деклараций безопасности сооружений.

Организация и состав наблюдений

1.11. На каждой эксплуатируемой бетонной плотине должны проводиться натурные наблюдения, позволяющие оперативно следить за безопасностью гидроузла. Состав и объем наблюдений определяются указаниями проекта, нормативными документами в зависимости от класса сооружения, геолого-структурных особенностей основания, экологической ситуации и т.д. Программа натурных наблюдений, разработанная при проектировании плотины, как правило, корректируется для периода постоянной эксплуатации.

1.12. На бетонных плотинах I, II, III, а при соответствующем обосновании, IV классов проводятся инструментальные наблюдения. Визуальные наблюдения проводятся на каждой плотине, независимо от класса сооружения.

1.13. К обязательным инструментальным наблюдениям относятся: геодезические, контролирующие деформирование геологической среды, основания и тела плотины, фильтрационные, оценивающие фильтрационный режим в плотине и основании.

На высоких плотинах I и II классов обязательно осуществляются термические, тензометрические наблюдения за напряженным состоянием бетона и основания, контролируется раскрытие конструктивных и строительных швов. В Приложении приведен типовой состав натурных наблюдений, проводимых на высоких бетонных плотинах, представлены сведения о способах, средствах и периодичности измерений контро-

лируемых параметров безопасной работы плотины. Типовой состав наблюдений должен быть откорректирован для каждого гидроузла с учетом конкретных проблем, возникающих при его эксплуатации, а также возможностей КИА.

1.14. Для плотин I класса необходимо получить данные об упругих и пластических свойствах бетона для фактических его составов. Модуль упруго-мгновенных деформаций и меры ползучести определяются в лабораторных условиях или в сооружении.

2. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРОВЕДЕНИЯ НАТУРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ НА ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ПЛОТИНАХ

2.1. Проверка достоверности, достаточности и представительности натурных данных

2.1.1. Объективный анализ состояния плотины напрямую зависит от достоверности, достаточности и представительности натурных данных.

Каждый вид наблюдений имеет свою специфику снятия отсчетов и характер погрешностей.

2.1.2. В общем случае достоверность данных измерений оценивается, исходя из состояния КИА того или иного типа, надежности применяемой методики измерений, реальной их точности и квалификации наблюдателей.

2.1.3. Проверка достоверности показаний КИА осуществляется в соответствии с инструкциями по проведению натурных наблюдений и установке КИА, разрабатываемыми для каждого гидроузла проектными организациями, осуществляющими авторский надзор за работой сооружений, или научно-исследовательскими организациями, участвующими в разработке проекта.

2.1.4. Достаточность данных натурных наблюдений определяется их объемом, составом, частотой измерений контролируемых параметров, необходимых для анализа и оценки поведения плотины. Параметры, указанные в проекте, могут быть изменены с учетом конкретных требований эксплуатационного надзора.

2.1.5. Частота отсчетов должна назначаться для каждого вида наблюдений с учетом специфики работы конкретной плотины.

В зависимости от контролируемых показателей (параметров) частота взятия отсчетов может изменяться в широких пределах: от ежедневных до одного раза в несколько лет.

Общие требования к назначению периодичности замеров изложены в «Рекомендациях по наблюдениям за напряженно-деформированным состоянием бетонных плотин» [5].

2.1.6. Количество замеров должно быть достаточным для использования статистических методов обработки данных измерений при определении зависимостей между изменяющимися нагрузками, воздействиями и контролируемыми параметрами, периодичность отсчетов должна быть увязана со скоростью изменения УВБ и температуры. Критерием такой достаточности является шаг интерполяции, обеспечивающий приемлемую для данного контролируемого параметра погрешность измерения.

2.1.7. При назначении графика взятия отсчетов учитывается:

сезонный характер изменения контролируемых параметров (частота измерений должна повышаться при приближении к их экстремальным значениям);

наличие и интенсивность необратимых изменений контролируемого параметра. В случае необратимых изменений контролируемого параметра необходимо увеличить частоту отсчетов для выявления характера и величины необратимой компоненты;

точность измерения параметра (при невысокой точности замеров требуется увеличить частоту для повышения достоверности данных);

степень устойчивости параметра, обусловленная его физической природой. При наличии в измерениях колебаний и скачков замеры должны быть учащены, чтобы использовать статистические методы обработки натурных данных с требуемой точностью;

взаимосвязь различных измеряемых параметров, требующих одновременного взятия отсчетов. Например, фильтрационные напоры и деформации, измеряемые пьезометрами и контактными тензометрами под напорной гранью; измерение температуры и раскрытий швов; расходов через бетонную кладку и раскрытий строительных швов и т.п.

2.1.8. Программа всех видов наблюдений составляется с учетом приведенных выше позиций и изменяется по мере изменения схемы статической работы плотины и появления новых проблем.

2.1.9. Представительность данных натурных наблюдений определяется объемом информации, на основании которой можно дать всестороннее заключение о работе сооружения и его элементов по условиям устойчивости, прочности и долговечности.

2.1.10. При проведении натурных наблюдений на эксплуатируемой плотине необходимо учитывать, что система гидротехнического надзора, включающая программу наблюдений и схемы размещения КИА, не всегда удовлетворяет требованиям представительности данных вследствие:

выхода части датчиков из работы;

отсутствия наблюдений в отдельных секциях и частях плотины, оказавшихся наиболее чувствительными к эксплуатационным нагрузкам;

появления новых проблем, связанных с суффозией, деструкцией бетона, неотектоническими явлениями в геологической среде и т.д.;

противоречивости показаний отдельных групп датчиков.

Все вышеперечисленное требует дооснащения сооружения КИА и уточнения программы наблюдений.

2.1.11. Уточненная программа натурных наблюдений и исследований, а также схемы дооснащения КИА разрабатываются на основе фактического состояния плотины и необходимости наблюдений в ее наиболее ослабленных и недостаточно оснащенных КИА частях (контактная зона, напорная грань и т.д.).

При составлении схемы дооснащения КИА и программы наблюдений с привлечением специальных исследований необходимо оценить достоинства и недостатки предыдущих наблюдений, максимально использовать накопленный материал и на основе его анализа усовершенствовать систему наблюдений.

2.1.12. Контроль за состоянием плотин I и II классов в сейсмически активных районах проводится в соответствии с Типовой инструкцией по эксплуатации гидротехнических сооружений гидроэлектростанций, (П79-2000/ВНИИГ, раздел «Эксплуатационный контроль за состоянием и работой гидротехнических сооружений»).

2.2. Задачи различных видов натурных наблюдений

2.2.1. Геодезические наблюдения позволяют определять деформированное состояние геологической среды, плановые и вертикальные перемещения тела плотины и скальных массивов, влияние техногенных воздействий на гидроузел.

2.2.2. Фильтрационные наблюдения проводятся для контроля:

состояния подземного контура;

противодавления на подошву плотины и его связи с УВБ и состоянием контактной зоны (разуплотнение, суффозия, кольматация основания и т.д.);

фильтрационных расходов в теле плотины и основании.

2.2.3. Термометрические измерения позволяют определять активную зону влияния температуры наружного воздуха (зона промораживания бетона) и характер изменения температуры в теле плотины (изотермы).

2.2.4. Тензометрические измерения выявляют зону максимальных напряжений в плотине, характер их распределения по горизонтальным сечениям и изменение во времени.

2.2.5. Измерения по щелемерам позволяют оценить монолитность плотины (раскрытие конструктивных, строительных швов и трещин).

2.2.6. Визуальные наблюдения осуществляются для оценки состояния бетона как материала (трещины, водопроявления, выщелачивание,

деструкция), геологической среды (оползни, очаги фильтрации), а также состояния дренажных устройств в основании и теле плотины, состояния КИА и механического оборудования ГТС (пазы затворов, сороудерживающие решетки).

2.2.7. Специальные исследования проводятся для решения конкретных задач, возникающих при эксплуатации плотин (определение физико-механических характеристик бетона и основания, особенностей фильтрационного режима в скальном массиве, химического состава воды и т.д.).

2.2.8. Экологические условия района гидроузла оцениваются по изменению уровня грунтовых вод, затоплению территории в зоне действия водохранилища, появлению оползней, изменению климата.

2.3. Специфика работы различных типов бетонных плотин

Гравитационные плотины

2.3.1. Особенностями работы гравитационных плотин в широком створе, как правило, являются:

плоское напряженное состояние;

невысокий уровень сжатия от расчетных нагрузок (за исключением температурных напряжений в зоне действия высоких температурных градиентов);

возможность раскрытия контактного шва под напорной гранью;

сезонная немонолитность рабочего профиля, связанная с температурным раскрытием строительных горизонтальных и межстолбчатых швов, выклинивающихся на низовую грань;

существенное различие в напряженном и деформированном состоянии различного вида секций (водосливных, станционных и глухих);

влияние некачественно омоноличенных столбов и трещин строительного периода на работу плотины во время эксплуатации.

2.3.2. Особенностью статической работы гравитационных плотин, расположенных в узких ущельях, является объемное напряженное состояние бетона.

2.3.3. При анализе натурных данных следует иметь в виду, что влияние основных действующих факторов на перемещения и напряжения в гравитационной плотине взаимно компенсируют друг друга. При повышении УВБ напряжения сжатия на напорной грани начинают уменьшаться, но температурная составляющая напряжений от летнего разогрева их увеличивает. Увеличение напряжений сжатия на низовой грани из-за температурной составляющей в летнее время суммируется со сжатием от

гидростатической нагрузки, но сама величина силового сжатия в гравитационной плотине существенно ниже, чем в арочной. В зимний период при сработке водохранилища напряжения сжатия на напорной грани возрастают, что компенсируется температурными напряжениями растяжения остывающей плотины.

Схема статической работы гравитационной плотины определяется степенью сезонной немонолитности, противодавлением по подошве, уровнем сработки водохранилища, свойствами геологической среды. Влияние температурного фактора зависит от климатических условий гидроузла и доли силовых нагрузок, определяемых уровнем сезонной сработки водохранилища.

2.3.4. Для оценки работы плотины необходимо располагать информацией, позволяющей проанализировать:

состояние межстолбчатых швов (по изменению напряжений по обе стороны шва, по показаниям щелемеров в швах, по характеру распределения напряжений в горизонтальных сечениях);

монолитность напорной грани (по визуальным наблюдениям за фильтрацией, выщелачиванием бетона, состояние строительных горизонтальных швов по показаниям контактных тензометров и по характеру изменения напряжений у напорной грани);

влияние сезонного раскрытия швов на напряженно-деформированное состояние (НДС) плотины (по данным регрессионного анализа натурных данных);

глубину раскрытия контактного шва под напорной гранью и ее связь с сезонной немонолитностью, силовыми нагрузками, температурными воздействиями, а также перемещениями плотины и основания;

характер изменения фильтрационного давления в основании.

Контрфорсные плотины

2.3.5. Особенностями работы контрфорсных плотин по сравнению с гравитационными являются:

объемное напряженное состояние в теле контрфорсов;

двухмерное температурное поле;

фильтрационная разгрузка в полости плотины;

наличие внутренних замкнутых обогреваемых полостей и поддержание в них оптимального температурного режима для плотин, эксплуатируемых в суровом климате.

2.3.6. Для оценки работы контрфорсной плотины (в добавление к информации по п. 2.3.4) необходимо иметь следующую информацию:

распределение температуры в контрфорсе вдоль и поперек потока;

температурный режим в полостях;

деформации (напряжения) в оголовке контрфорса по его оси и у межсекционных швов;

деформации в теле контрфорса и у полостей;

условия разгрузки фильтрационного потока в полости (по данным пьезометрических наблюдений);

состояние контактного шва под напорной гранью.

Арочные плотины

2.3.7. Особенностями работы арочных плотин являются:

пространственная работа бетона;

высокий уровень напряжений сжатия;

передача усилий на берега;

незначительное влияние фильтрационного напора на подошву плотины (за исключением береговых секций).

2.3.8. При анализе данных натурных наблюдений необходимо иметь в виду следующее.

Сезонная сработка водохранилищ, создаваемых арочными плотинами, обычно больше, чем изменение УВБ гравитационных плотин, что определяет и бóльшую роль сезонного влияния гидростатической нагрузки на сооружение по сравнению с температурными воздействиями.

Особенностью схемы работы арочной плотины является совпадение по направлению действия температурных и силовых факторов, определяющих арочные напряжения в плотине. Повышение УВБ приводит к росту арочных напряжений так же, как и нагрев плотины в летнее время. Эти основные факторы противоположным образом влияют на перемещения плотины, частично компенсируя друг друга. Нагрев плотины сопровождается поворотом ее в сторону верхнего бьефа, тогда как наполнение водохранилища приводит к перемещениям в нижний бьеф. В зимний период температурные составляющие напряжений и перемещений противоположны по знаку сезонному действию гидростатического давления.

2.3.9. При оценке работы арочной плотины необходимо анализировать перечисленные ниже показатели:

уровень напряжений на низовой грани (обязательно с учетом многолетней ползучести);

усилия (деформации) в береговых примыканиях (скальных и бетонных);

сезонное изменение радиальных и тангенциальных перемещений;

состояние шва между арочной частью плотины и пробкой, периметрального шва;

фильтрационное давление в берегах;

степень асимметричности работы плотины (по сопоставлению параметров, характеризующих работу береговых секций);

влияние геологической среды на работу плотины (наличие тектонических разломов, глинистых прослоек и т.д.).

При анализе напряженного состояния плотины следует оперировать главными напряжениями, как максимальными.

Особенности состояния плотин, эксплуатирующихся в суровом климате

2.3.10. Климатические условия определяют воздействие температурного фактора, которое проявляется в температурной составляющей контролируемых параметров, а также в изменении свойств бетона, подвергающегося сезонному замораживанию и оттаиванию.

Для гравитационных и контрфорсных плотин, возведенных в районах с суровым климатом и с небольшими уровнями сработки водохранилища, самое неблагоприятное напряженное и деформированное состояние связано с максимальными раскрытиями строительных швов на низовой грани, наступающими в конце февраля – начале марта при УВБ меньших НПУ. Именно в этот период может происходить максимальное раскрытие контактного шва под напорной гранью.

2.3.11. При анализе натурных данных необходимо учитывать:

изменение коэффициента линейного расширения замороженного бетона;

необратимые структурные изменения бетона как материала, приводящие к накапливанию дополнительных деформаций (напряжений) в плотине;

увеличение пластических деформаций бетона после его сезонного оттаивания;

различный температурный зимний режим в станционных, глухих и водосливных секциях (из-за наличия наледей на водосливных поверхостях);

температурный режим в полостях.

3. НАТУРНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА РАБОТОЙ И СОСТОЯНИЕМ ПЛОТИН И ИХ ОСНОВАНИЙ

3.1. Общие перемещения плотины и основания

3.1.1. Геодезические наблюдения, являющиеся необходимой частью натурных наблюдений на всех плотинах, дают информацию о пространственных перемещениях системы плотина – основание под действием нагрузок, о деформировании горных пород, вмещающих гидротехни-

ческие сооружения, вследствие влияния техногенных факторов. Измерения позволяют определить:

горизонтальные и вертикальные перемещения тела плотины в различных точках и характер эпюр перемещений;

осадку основания плотины;

деформирование скальных массивов в зоне влияния гидроузла и водохранилища, состояние тектонических трещин, разломов в районе гидроузла.

3.1.2. Подробные указания по проведению геодезических измерений общих перемещений гидротехнических сооружений даны в Руководстве [6]. В настоящих Правилах приводятся основные положения методики измерения общих перемещений эксплуатируемых бетонных плотин.

Измерение осадки

3.1.3. Определение осадки бетонных плотин и их оснований производится нивелированием разного вида (в зависимости от конструктивных особенностей плотин) и разного класса в зависимости от допустимой погрешности измерений.

3.1.4. Могут применяться следующие методы нивелирования: геометрический – для измерений на гравитационных и контрфорсных плотинах; тригонометрический – для определения осадки марок арочных плотин, а также при контроле состояния берегов (оползни, обвалы); гидростатический – для измерения осадки отдельных точек, доступ к которым затруднен.

3.1.5. На бетонных плотинах, расположенных на скальном основании, осуществляется нивелирование I класса, на бетонных плотинах на нескальном основании – нивелирование II класса.

3.1.6. Размещение марок на плотине должно давать информацию о распределении осадки в продольном и поперечном направлениях. Количество марок определяется классом сооружения, его геометрическими размерами и конструктивными особенностями.

Если проектная схема размещения марок окажется недостаточной для контроля деформирования геологической среды и основания плотины, следует разработать и осуществить новую схему. Для определения наклонов плотины целесообразно использовать поперечные гидронивелиры.

3.1.7. Наблюдения за осадкой проводятся для контроля состояния геологической среды, изменения реакции основания плотины под действием сезонно меняющегося уровня воды водохранилища. В условиях стационарного эксплуатационного режима при стабилизировавшемся характере осадки на высоких (свыше 60,0 м) бетонных плотинах нивелирование следует проводить дважды в год в одинаковое календарное вре-

мя, приурочивая его к экстремальным значениям УВБ или сезонному изменению температуры наружного воздуха в зависимости от преобладающей роли того или иного фактора.

На невысоких (до 60,0 м) плотинах нивелирование II и III класса проводится 1 раз в 3 – 4 года, но обязательно в одинаковое календарное время, по возможности, с одинаковыми значениями УВБ и температуры наружного воздуха.

При расположении марок на наружной поверхности плотины (например, в основании наклонной низовой грани) следует учитывать влияние температурных деформаций бетонного массива, на котором заложены марки. Осадка, измеренная по этим маркам, не может сопоставляться с осадкой, измеренной в галереях.

При необходимости создания новых створов для определения осадки следует использовать продольные гидронивелиры.

Измерение горизонтальных перемещений

3.1.8. Горизонтальные перемещения тела плотины и основания, измеряемые различными геодезическими методами (створный, триангуляция, полигонометрия) и с помощью системы прямых и обратных отвесов, используются в качестве показателей безопасной работы плотины.

В высоких плотинах целесообразно устанавливать систему из прямых и обратных отвесов, решая несколько задач контроля за перемещениями плотины и основания:

определение характера эпюры горизонтальных перемещений плотины по ее высоте;

определение плановых смещений основания на различных отметках по глубине;

определение глубины активной зоны основания.

3.1.9. В гравитационных и контрфорсных плотинах плановые перемещения измеряются в поперечном (по потоку) и продольном (по оси плотины) направлениях, а в арочных – в радиальном и тангенциальном. Замеры перемещений рекомендуется учащать в период их экстремальных значений.

3.2. Фильтрационный режим

3.2.1. Процессы фильтрации контролируются в теле плотины, в контактной зоне и основании, а также геологической среде, испытывающей изменение гидрогеологического режима под влиянием водохранилища.

В контактной зоне контролируются:

противодавление по подошве сооружения и в зонах его сопряжения с берегами;

эффективность средств инженерной защиты подземного контура.

В теле плотины наблюдаются:

фильтрация через бетонную кладку, швы и трещины;

противодавление в бетоне;

выщелачивание бетона.

В геологической среде ведутся наблюдения:

за границами зоны водонасыщения;

за водопроявлениями и обходной фильтрацией;

за выделением газа.

3.2.2. Основными измеряемыми параметрами, характеризующими фильтрационный режим, являются:

пьезометрические напоры;

расходы воды, фильтрующейся через бетонную кладку и породы основания;

механический и химический составы фильтрующейся воды;

температура воды фильтрационного потока.

3.2.3. Выбор методов контроля, видов и способов наблюдений за фильтрационным режимом определяется конкретными задачами контроля, зависящими от класса сооружения, гидрогеологических условий основания и скальных массивов, вмещающих плотину, особенностей подземного контура и т.д.

3.2.4. Инструментальный контроль за фильтрационным режимом осуществляется следующими методами:

пьезодинамометрических измерений (в бетонной кладке);

пьезометрических измерений (по подошве плотины, в скальных массивах основания и в береговых примыканиях);

измерения фильтрационных расходов.

3.2.5. Для определения фильтрационного давления в теле плотины со стороны напорной грани используются пьезодинамометры, закладываемые при строительстве в массивном бетоне и строительных горизонтальных швах. Наблюдения за фильтрационными напорами необходимо совмещать с наблюдениями за раскрытием строительных швов.

3.2.6. Водопроявления в бетонной кладке фиксируются по показаниям тензометра в «конусе» (при насыщении бетона водой он набухает) и визуально (на стенах галерей, в дренажных системах напорной грани).

Фильтрация через бетонную кладку трудно прогнозируема, и по мере возникновения водопроявлений в ней следует установить контроль за фильтрационными расходами, процессами выщелачивания бетона и т.д.

3.2.7. Принцип сбора фильтрующейся через бетон воды заключается в организации дифференцированного измерения расходов, поступающих из конструктивных, строительных швов, трещин, дренажа напорной грани

и т.д. в пределах каждой смотровой галереи, а, возможно, и отдельных участков.

3.2.8. Методы измерения расхода фильтрующейся через бетонную кладку воды зависят от ее объемов. Используются: объемный метод измерения (через швы, трещины), с помощью поплавков, мерных водосливов.

3.2.9. Область питания и разгрузки фильтрационного потока в основании и направление его движения могут быть определены термометрическими измерениями по распределению и изменению во времени температуры воды в пьезометрах.

3.2.10. Анализы проб фильтрующейся воды, изменение уровня ее минерализации и газовыделения позволяют судить о суффозионных процессах, вызываемых фильтрационным потоком.

3.2.11. Расходы фильтрационного потока через основание оцениваются по результатам измерения расходов воды в дренажных скважинах (полостях), в местах неорганизованного выхода грунтовых вод, излива из дренажных, геофизических скважин и т.д.

3.2.12. Местоположение и вид измерительных устройств для определения суммарных фильтрационных расходов увязываются со схемой сброса фильтрующейся воды в нижний бьеф. Выбор конкретных средств измерения расходов (мерные водосливы, поплавки, гидрометрические вертушки и т.д.) в основании определяется объемом, скоростями фильтрующейся воды при эксплуатации.

3.3. Температурный режим

3.3.1. Изменение температуры в эксплуатируемых высоких плотинах существенно сказывается на их напряженном и деформированном состоянии. Температурное воздействие включено в расчетные нагрузки. Для плотин высотой ниже 60 м расчет температурных напряжений проводится, если амплитуда сезонных колебаний температуры наружного воздуха превышает 17°С. По температурным условиям практически для всех районов России необходим учет температурных воздействий [1].

3.3.2. Измерение температуры наружного воздуха необходимо проводить непосредственно в створе гидроузла, рассчитывая среднесуточную температуру по стандартной методике метеорологических служб. Данные гидрометеорологических станций, расположенных, как правило, в 2 – 3 км от створа, не могут быть использованы, так как они не соответствуют фактическому температурному режиму в створе, определяемому условиями эксплуатации гидроузла (влияние незамерзающего зимой нижнего бьефа, высокая влажность воздуха, сброс воды и т.д.).

3.3.3. Температурный контроль эксплуатируемой плотины должен быть информативным для решения следующих задач:

установление температурного градиента по горизонтальным сечениям секций для определения температурной составляющей перемещений и напряжений;

определение глубины сезонных изменений температуры у наружных поверхностей (низовая и напорная грани выше УВБ), глубины промораживания бетона;

определение температурной составляющей в раскрытии межсекционных, межстолбчатых, радиальных, горизонтальных строительных швов и трещин.

3.3.4. Температурный режим контролируется по измерительным створам телетермометров, установленных в тело и основание контролируемых секций, в расширенных швах гравитационных плотин, полостях контрфорсных плотин, по глубине водохранилища (когда нет термометров на напорной грани).

3.3.5. Количество термометров и их размещение в профиле плотины должно быть достаточным для определения температурного поля, необходимого при математическом моделировании работы плотины, расчетов ее состояния по условиям прочности.

3.4. Напряженно-деформированное состояние плотины и ее элементов

3.4.1. Наблюдения за деформациями (напряжениями) проводятся:

в теле бетонной плотины, отдельных ее элементах (трубопроводы, водосбросы и т.д.);

в контактной зоне плотины и массивах пород, вмещающих ее.

3.4.2. Для определения деформированного и напряженного состояния плотины, ее элементов и основания используются тензометры, длиннобазные деформометры, щелемеры, арматурные динамометры, позволяющие контролировать:

напряжения и деформации в различных точках отдельных бетонных массивов и плотины в целом;

напряженное (деформированное) состояние контактной зоны бетона с основанием по опорному контуру плотины;

раскрытие межсекционных, радиальных, межстолбчатых и строительных швов и трещин в бетоне;

напряжения (усилия) в железобетонных и металлических оболочках водоводов, арматуре у низовой грани и верховой – в зоне переменного горизонта, анкерах, арматурных тяжах, скрепляющих бетонные элементы с основанием, берегами и т.д.

3.4.3. Основные требования к закладной тензометрической КИА, используемой при длительных измерениях деформаций, выбор типа

тензометрических розеток, принципы их размещения в измерительных сечениях контролируемых секций бетонных плотин подробно рассмотрены в работах [5, 7].

3.4.4. В отечественной практике контроля напряженно-деформированного состояния плотины используется тензометрический метод определения деформаций, пересчитываемых в напряжения по зависимостям упруго-ползучего тела.

Для перевода деформаций в напряжения необходимо располагать данными об изменении модуля упруго-мгновенных деформаций и мер ползучести. Эти данные обычно получают по результатам испытаний образцов или непосредственно в сооружении еще в строительный период. При использовании этих данных следует иметь в виду: деформации ползучести накапливаются продолжительное время (в существенно более длительные сроки, чем проводятся испытания); знакопеременный температурный режим провоцирует увеличение ползучести после сезонного оттаивания.

3.4.5. В любой эксплуатируемой бетонной плотине существует определенная немонолитность профиля: расчетная и фактическая.

Расчетная немонолитность связана с сезонным раскрытием горизонтальных, строительных, радиальных швов, допустимым раскрытием контактного шва под напорной гранью гравитационной плотины.

Фактическая немонолитность сооружения возникает из-за неэффективности проведения цементации радиальных и межстолбчатых швов, отличия действующих нагрузок от расчетных, а также схемы работы плотины от проектной, нарушения технологии возведения и т.д. [8].

3.4.6. Контроль за сезонным раскрытием швов, выходящих на низовую грань, осуществляется щелемерами и контактными тензометрами в зоне действия высоких температурных градиентов; состояние контакта бетон – скала контролируется контактными тензометрами, пьезометрами (пьезодинамометрами), длиннобазными деформометрами.

3.4.7. Контроль немонолитности плотины, возникшей вследствие неэффективности цементации радиальных и межстолбчатых швов, осуществляется по показаниям щелемеров, установленных для оценки качества омоноличивания плотины, и по тензометрам, размещаемым по обе стороны конструктивных и технологических швов, что дает возможность следить за условиями передачи усилий в продольном и поперечном направлениях.

О монолитности профиля плотины также судят по характеру распределения напряжений в его горизонтальных сечениях.

3.5. Визуальные наблюдения

3.5.1. Визуальные наблюдения являются основным методом контроля сооружений, на которых КИА либо отсутствует, либо имеется в ограниченном количестве. На сооружениях, оснащенных КИА, роль визуальных наблюдений не снижается, поскольку ряд признаков неблагополучного состояния сооружения, его основания, береговых примыканий или бетона как материала могут быть обнаружены только визуальными наблюдениями (проявление выходов фильтрации, выщелачивание, трещинообразование) [9].

3.5.2. Визуальные наблюдения заключаются в систематических осмотрах сооружения и его элементов для оценки их состояния, выявления дефектов и неблагоприятных процессов, снижающих эксплуатационную надежность сооружения, а также определения видов и объемов ремонтных работ.

3.5.3. Состав визуальных наблюдений на сооружении назначается с учетом его конструктивных особенностей, природно-климатических, геологических и технологических условий, требований эксплуатации, наличия дефектов и неблагоприятных явлений в сооружении и его основании, береговых примыканиях.

3.5.4. В общем случае визуальные наблюдения на бетонных плотинах должны включать:

контроль за трещинообразованием и состоянием швов;

выявление и оценку выходов фильтрации через бетонную кладку, основание и берега;

фиксирование зон ослабленного бетона;

регистрацию и оценку фильтрационно-суффозионных выносов из бетона сооружений, основания и берегов;

контроль состояния бетонных поверхностей, в особенности находящихся в зонах замораживания-оттаивания и в зоне переменного уровня, а также поверхностей водосливов;

контроль состояния боковых поверхностей контрфорсов, для чего необходимо предусмотреть соответствующие мостики и другие приспособления;

контроль за мутностью воды, профильтровавшейся через бетонную кладку (швы, трещины, собственно бетон), основание и берега;

наблюдения за ледовым режимом бьефов;

наблюдения за эрозией берегов водохранилища;

наблюдения за размывами в нижнем бьефе.

3.5.5. Объектами визуальных наблюдений на бетонных плотинах в общем случае являются:

верховая грань плотины выше НПУ, а также в зоне переменного уровня воды;

низовая грань плотины;

водосливы и глубинные водосбросы;

водобойный колодец и водобойная стенка;

турбинные водоводы;

бычки и раздельные устои;

зоны примыкания бетонных сооружений к грунтовым и берегам;

стенки, своды и днища галерей, устроенных в теле плотины, а также на контакте с основанием;

воронка размыва в нижнем бьефе (при отсутствии водобойных сооружений);

берега со стороны верхнего и нижнего бьефов;

зона водохранилища и вся территория в районе гидроузла;

ледовые образования и майны в верхнем и нижнем бьефах.

3.5.6. Помимо перечисленного выше, визуальным осмотрам должны подвергаться:

дренажные устройства в основании и теле плотины (дрены, шахты, колодцы);

контрольно-измерительная аппаратура, установленная на плотине (марки, репера и т.п.);

механическое оборудование ГТС (затворы, краны, сороудерживающие решетки, лебедки и т.п.), повреждения которых могут отразиться на состоянии плотины.

3.5.7. Систематические визуальные наблюдения сопровождаются описаниями наблюдаемых явлений, зарисовками, фотоснимками и простейшими замерами. Кроме этого, при проведении визуальных наблюдений следует фиксировать в журнале наблюдений уровни воды в бьефах, температуру воздуха и воды. После неординарных событий, таких как землетрясение, ураган, ливень, паводок с высоким расходом, гидравлический удар и т.п., следует проводить внеочередные визуальные обследования.

3.5.8. Визуальные наблюдения бетонных сооружений проводятся специалистами-гидротехниками, при этом должны выполняться следующие требования: систематичность наблюдений во времени, тщательность осмотров сооружений и сравнимость результатов, полученных на различных временных стадиях для различных этапов состояния и работы сооружения.

3.5.9. Периодичность осмотров рекомендуется принимать в пределах одного цикла в месяц. В случае развития неблагоприятных или не вполне объяснимых процессов, частота осмотров и сравнительных оценок увеличивается вплоть до ежедневных.

3.5.10. Выявленные и зарегистрированные визуальным способом повреждения или неблагоприятные явления на сооружении следует по возможности детально обследовать для установления причин их возникновения. Обследования проводятся как непосредственно на сооружении (путем постановки простейших опытов, регулярных измерений отдельных параметров, отбором и испытанием проб и т.п.), так и в камеральных условиях (путем изучения проектной документации, результатов инструментальных натурных наблюдений и исследовательских работ, годовых отчетов о состоянии сооружения, дневника наблюдений и других документов).

3.5.11. В местах наиболее крупных повреждений и неблагоприятных явлений и процессов (трещины, выщелачивание бетона, значительная фильтрация через бетон или основание и т.п.) при необходимости устанавливаются простейшие средства измерений (маяки, марки) или контрольно-измерительная аппаратура (щелемеры) для наблюдений за развитием этих процессов и их влиянием на надежность сооружения.

3.5.12. Анализ результатов визуальных наблюдений и обследований, а также данных инструментальных наблюдений выполняется, как правило, одновременно. На основании этого анализа производится оценка состояния сооружения.

3.5.13. Визуальные наблюдения за поверхностью бетона выявляют трещины, очаги фильтрации, подтеки, налеты и напластования продуктов выщелачивания, раковины, пустоты, отслаивание и выкрашивание бетона, обнажение арматуры и др. Подводные части сооружения осматриваются водолазами, и результаты оформляются актами. При водолазных осмотрах следует использовать подводные телевизионные установки.

3.5.14. 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 трещины. Если трещина обнаружена в потерне, делается развертка по периметру потерны с зарисовкой на ней хода трещины.

3.5.15. Наблюдения за трещинами с применением простейших инструментов 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 0,1 м. Простейшим методом качественного определения состояния трещины являются специальные гипсовые или стеклянные маяки, устанавливаемые на трещину.

3.5.16. 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 (капельная, струйчатая), имеются или отсутствуют натеки, следы выщелачивания и т.п. Для количественной оценки состояния шва он может быть оборудован одноосным, двухосным или трехосным щелемером.

3.5.17. В эксплуатационный период визуальные наблюдения (осмотры) за трещинами и швами должны производиться не реже одного раза в месяц. При этом следует фиксировать также фильтрационные проявления и наличие или отсутствие коррозии бетона в зоне шва или трещины. Инструментальные наблюдения начинаются сразу же после установки соответствующей КИА и продолжаются весь период эксплуатации.

Если шов или трещина являются заметно фильтрующими, измерения их раскрытия должны одновременно сопровождаться измерениями фильтрационного расхода.

3.5.18. Визуальные наблюдения за фильтрацией воды через бетонную кладку проводятся для выявления участков дефектного бетона (трещиноватость и пористость), качества строительных швов, суффозионных процессов, интенсивности выщелачивания бетона фильтрующейся водой и других коррозионных воздействий окружающей среды (вода – воздух).

3.5.19. Систематические визуальные наблюдения, проводимые в зоне водохранилища, должны оценивать следующее:

переработку берегов;

засорение акватории вблизи гидроузла лесом, торфом и другим мусором;

заиление и зарастание водохранилища;

температурный и ледовый режимы;

качество воды;

соблюдение природоохранных требований в пределах водоохранных зон.

В прибрежной полосе контролируются места фильтрационных утечек воды из водохранилища и заболачивание прилегающей территории.

На водохранилищах, расположенных в зоне вечной мерзлоты, должны контролироваться также криогенные процессы, деформации ложа и берегов в зоне сработки водохранилища.

3.5.20. После сбора данных визуальных наблюдений и обследований в необходимом для оценки состояния сооружения количестве проводится ретроспективный (за весь период наблюдений) сравнительный анализ изменений во времени контролируемых показателей и параметров. На основании этого анализа делается вывод о динамике развития наблюдае-

мых процессов, периодичности повторения того или иного явления, изменении какой-либо дефектной зоны и т.п.

3.6. Старение плотин

3.6.1. Бетонные гидротехнические сооружения и их основания, находящиеся в длительной эксплуатации, подвергаются процессам старения. Эти процессы охватывают как системы плотина – основание в целом, так и материалы сооружений и их оснований, что может привести к снижению надежности и безопасности сооружений.

3.6.2. Старение сооружений как конструкций и их оснований в целом проявляется в изменении характера их статической работы, старении материалов сооружения и основания – в изменении их физических свойств, ведущих к потере прочности и несущей способности, уменьшении водонепроницаемости.

3.6.3. Основными признаками старения системы плотина – основание являются:

возобновление осадки, горизонтальных перемещений плотины и каньона;

увеличение фильтрационных расходов и пьезометрических напоров;

увеличение немонолитности рабочего профиля плотины вследствие дополнительного раскрытия швов, трещинообразования, перераспределения напряжений;

коррозионные процессы в бетоне, связанные с уменьшением его прочности, коррозионной стойкости;

нарушение нормальной работы элементов инженерной защиты плотин (цементационная завеса и дренажные устройства), приводящее к снижению надежности плотины за счет изменения действующих нагрузок и схемы работы сооружения (повышение градиентов напора, противодавления);

разрушения в зонах попеременного замораживания-оттаивания бетона (зоны переменного уровня, поверхности водосбросов).

4. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА ДАННЫХ НАТУРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Перемещения

4.1. Перемещения тела плотины являются одной из основных характеристик, позволяющей контролировать свободные деформации эксплуатируемой плотины.

Горизонтальные перемещения имеют сезонный характер, обусловленный влиянием колебания УВБ и температуры наружного воздуха, а так-

же зависят от жесткости контролируемой секции, связанной с ее конструктивными особенностями, геологией основания и состоянием контактного шва под напорной гранью и т.д.

4.1.1. Анализ перемещений начинается с установления календарных сроков их экстремальных значений, величины размаха (амплитуды), характера изменения во времени (степень обратимости перемещений), сопоставления этих параметров для разного вида контролируемых секций.

4.1.2. По результатам регрессионного анализа следует определить влияние на перемещения:

сезонных колебаний уровня воды водохранилища и температуры наружного воздуха;

сезонной немонолитности (раскрытие строительных горизонтальных швов);

вида секций (станционные, глухие, водосливные);

состояния контактного шва под напорной гранью.

4.1.3. При наличии необратимой составляющей, используя методы статистического анализа, необходимо определить ее характер и причины появления необратимых явлений (геологическая среда, изменение действующих нагрузок, увеличение немонолитности контролируемой секции и т.д.).

4.1.4. В гравитационных и контрфорсных плотинах анализируются горизонтальные перемещения в направлениях по потоку и поперек потока, в арочных – радиальные и тангенциальные. По виду эпюр перемещений, построенных по результатам измерений радиальных и тангенциальных перемещений во всех контролируемых точках, можно судить о степени симметричности работы арочных плотин.

4.1.5. Перемещение гребня плотины обычно выбирается в качестве параметра, диагностирующего работу плотины. Для этой цели по многолетним данным натурных наблюдений разрабатывается статистическая прогнозная модель, связывающая перемещения с действующими силами и состоянием системы плотина – основание.

4.1.6. При обработке данных измерений вертикальных перемещений (осадки) плотины, полученных разными способами (геометрическое, гидростатическое нивелирование), необходимо учитывать их соответствующие допустимые погрешности.

Фильтрационный режим

4.2. При анализе инструментальных и визуальных наблюдений за фильтрационным режимом (работа подземного контура плотины и водонепроницаемость ее тела) необходимо располагать информацией о наличии заиления водохранилища, влиянии скорости наполнения водохранилища на формирование фильтрационного потока в основании, вза-

имосвязи между состоянием контактного шва под напорной гранью и противодавлением в основании и фильтрационными расходами, зависимости фильтрации через тело плотины от ее напряженно-деформированного состояния.

4.3. На основании этих данных необходимо установить:

основные диагностические параметры сезонных изменений фильтрационного режима в основании и теле плотины;

характер изменения пьезометрического напора в основании, его связь с УВБ и НДС плотины и основания;

причины фильтрации через напорную грань;

распределение фильтрации через бетонную кладку по отметкам;

характер фильтрации (сезонный, постоянный).

Напряженное состояние

4.4. Пересчет измеренных деформаций в напряжения следует выполнять после анализа показаний тензометра, установленного в свободном объеме бетона («конус»). Этот анализ заключается в выявлении в зависимости «деформация-температура» наличия или отсутствия необратимой компоненты, не связанной с сезонными изменениями температуры.

4.4.1. По указанной зависимости определяется:

коэффициент линейного расширения (к.л.р.) бетона при положительной и отрицательной температуре;

температура замораживания бетона;

наличие необратимой составляющей, обусловленной влажностными и структурными изменениями в бетоне как материале.

4.4.2. При анализе напряженного состояния плотины следует увязывать между собой напряжения в различных измерительных точках для оценки статической работы всего сооружения. Например, изменение напряжений по обе стороны межстолбчатых швов и характер эпюры напряжений в горизонтальных сечениях показывают степень монолитности профиля.

Сопоставление изменений напряжений на одном горизонте в арочных плотинах определяет схему работы сооружения. Сопоставление деформаций (напряжений) в прискальном бетоне и скале показывает условия работы береговых примыканий.

Сопоставление характера и значений напряжений в одинаково расположенных измерительных точках различного вида секций позволяет выявить специфику работы этих секций.

4.4.3. Итогом анализа НДС должно быть:

выявление наиболее напряженных зон в плотине и выяснение причин их возникновения;

определение фактической схемы НДС всего сооружения и его элементов;

определение роли действующих факторов (гидростатическое давление, температурные воздействия, сезонная немонолитность тела плотины, влияние трещин и т.д.) в сезонных изменениях напряжений по результатам статистического анализа натурных данных;

составление прогнозных моделей для оценки напряжений в наиболее характерных измерительных точках;

обоснование проведения новых наблюдений или исследований для уточнения схемы работы плотины;

оценка конструкционной прочности плотины;

корректировка критериальных значений диагностических показателей надежности.

4.4.4. При разработке математической модели состояния плотины необходимо использовать значения физико-механических характеристик бетона, полученных экспериментально в лаборатории или в натуре (модуль упруго-мгновенных деформаций, меры ползучести, коэффициент линейного расширения бетона при положительной и отрицательной температуре, предельная растяжимость).

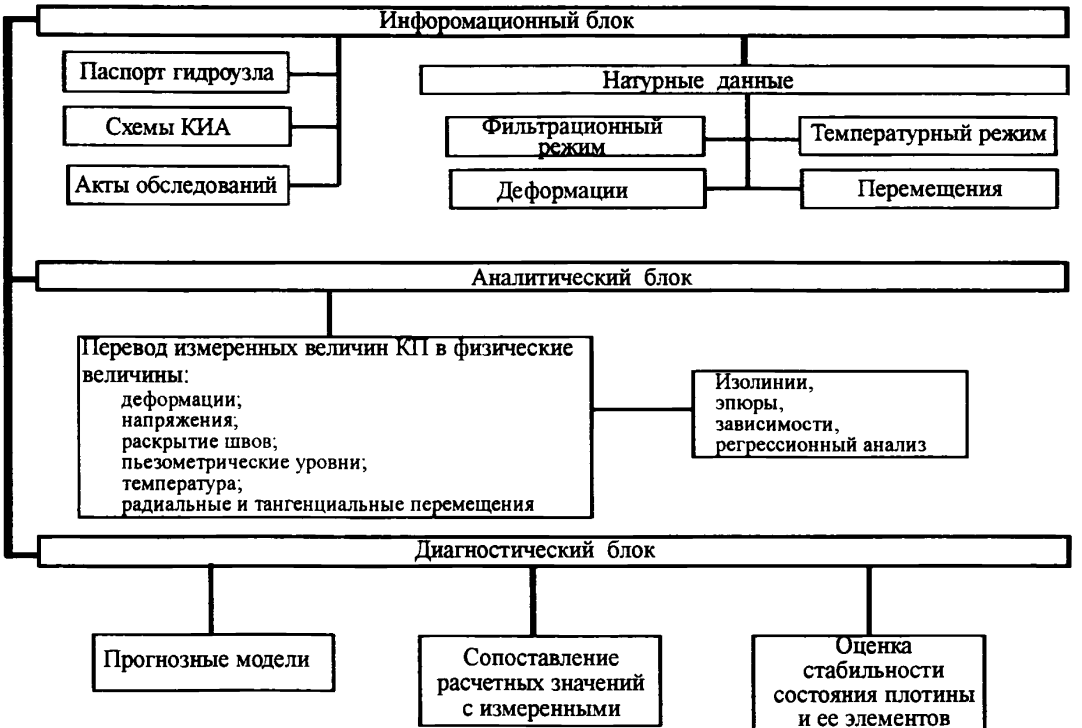
Примечание. Расчетное значение предельной растяжимости бетона следует корректировать с учетом измеренных деформаций растяжения в бетоне.

Общие требования к натурным данным для контроля безопасности гидроузла

4.5. На каждой плотине должна быть информация о проектной и фактической схемах работы плотины, о причинах их несовпадения. Эти данные предоставляются организациями, проводящими анализ натурных данных в первые годы эксплуатации сооружения. Предварительные критериальные значения параметров, определяющих безопасную работу плотины и основания, назначаются при наполнении водохранилища. По мере получения новых данных о работе сооружения и выявления зон, требующих постоянного контроля, программа наблюдений и критериальные значения диагностических показателей должны быть откорректированы.

4.6. Система контроля за работой эксплуатируемой плотины состоит из опроса датчиков, перевода замеров в физические величины, анализа данных, диагностики состояния плотины. Эти операции следует проводить с помощью системы компьютерных программ, содержащей информационный, аналитический и диагностический блоки (рисунок).

Используемые информационно-диагностические системы (ИДС) должны быть универсальными для любых бетонных и грунтовых плотин.



Блок-схема информационно-диагностической системы

4.7. В информационном блоке содержатся паспортные данные плотины, ее элементов, проектные данные с чертежами сооружений, расчетными схемами, результатами расчетов, схемы размещения КИА, паспортные данные датчиков и другие сведения, необходимые для анализа состояния плотины (например, прочностные упругие характеристики бетона, меры ползучести, результаты испытаний кернов, геофизических испытаний).

В информационный блок автоматически или вручную заносятся данные замеров с КИА, где они хранятся для последующей обработки.

4.8. Аналитический блок позволяет переводить замеры в физические величины и визуализировать эти показания в виде графиков, зависимостей, изолиний, эпюр и т.д. Результатом такого анализа должны быть годовые отчеты службы гидронадзора, в которых отражаются закономерности или аномальные явления в поведении гидросооружений.

4.9. Диагностирование состояния плотины заключается в сопоставлении измеренных значений заранее выделенных диагностических показателей с их прогнозными значениями, определенными по результатам статистической обработки натурных данных за несколько лет.

4.10. Критериальные значения для каждого диагностического показателя и закономерности их изменения определяются по результатам статистической обработки натурных наблюдений в соответствии с «Методикой определения критериев безопасности ГТС» [10].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Плотины бетонные и железобетонные**. М.: ЦИТП Госстроя СССР. 1986.
2. **СНиП 2.02.02 – 85.** Основания гидротехнических сооружений. М.: ЦИТП Госстроя СССР. 1988.
3. **Правила** технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации: РД 34.20.501 – 95. 15-ое издание переработанное и дополненное. М. 1996.
4. **Положение** об отраслевой системе надзора за безопасностью гидротехнических сооружений электростанций: РД 34.03.102-94. СПО «Союзтехэнерго». 1994.
5. **Рекомендации** по наблюдениям за напряженно-деформированным состоянием бетонных плотин: П 100-81/ВНИИГ. Л. 1982.
6. **Руководство** по натурным наблюдениям за деформациями гидротехнических сооружений и их оснований инженерно-геодезическими методами: П-648 / Гидропроект. М.: Энергия. 1980.
7. **Натурные** наблюдения и исследования на бетонных и железобетонных плотинах: П 16-84/ВНИИГ. Л. 1985.
8. **Дурчева В.Н.** Натурные исследования монолитности высоких бетонных плотин. М.: Энергоатомиздат. 1988.
9. **Кузнецов В.С., Александровская Э.К.** Визуальный контроль и оценка состояния гидротехнических сооружений // Библиотечка гидротехника / Безопасность гидротехнических сооружений. М.: НТФ "Энергопрогресс", 2001. Вып. 3(7). С. 4-25.
10. **Методика** определения критериев безопасности гидротехнических сооружений: РД 153-34.2-21.342-00. М. 2001.

Типовой состав натурных наблюдение

Внешние воздействия и наблюдения	Виды измерений (наблюдений)	Способы и средства измерений	Рекомендуемая периодичность	Контролируемые показатели
1. Нагрузки и внешние воздействия на сооружение	Общие гидрометеорологические	Водомерные рейки, уровнемеры	Ежедневно	Уровни воды в ВБ, НБ
		Термометры метеорологические	Ежедневно в одно время	Температура воздуха в створе ГЭС
		Термометры родниковые, дистанционные	Ежедневно у поверхности, по глубине водохранилища 1 раз в месяц	Температура воды водохранилища и НБ
	Промеры глубин водохранилища	Эхолот	1 раз в 5 лет	Высота отложения наносов
2. Фильтрационный режим в плотине, основании и береговых примыканиях	Пьезометрические	Пьезометрическая сеть	2 раза в месяц	Пьезометрические уровни (напоры)
	Температурные	Термометры	1 раз в квартал	Температура фильтрационного потока
	Расходомерные	Объемный, мерные водосливы	2 раза в месяц	Фильтрационные расходы через очаги фильтрации, дренаж основания, дебит ПЗ
	Химические	Пробы воды	2 раза в год	Механический и химический составы фильтрующейся воды

	Визуальные	Выявление водопроявлений в бетоне и скальных массивах	2 раза в год: летом – за высачиванием, зимой – для контроля за наледями. Проводятся в одно время.	Зарисовки очагов фильтрации, составление карт-разверток
3. Деформирование плотины и массивов, ее вмещающих (общие деформации плотины и основания)	Геодезические	Нивелирование (геометрическое, тригонометрическое, гидростатическое)	2 раза в год; 1 раз в квартал	Планово-высотные перемещения геодезических знаков; наклоны
		Прямые и обратные отвесы	1 – 4 раза в месяц	Относительные горизонтальные смещения характерных точек плотины и скального основания
		Створные измерения	1 раз в квартал	Абсолютные горизонтальные перемещения характерных точек плотины
		Триангуляция (многократная засечка)	2 раза в год	
		Поверхностные щелемеры	3 – 4 раза в год	Раскрытие швов в галереях и на гребне плотины
	Визуальные	Выявление трещин, местных деформаций	1 раз в год	Инвентаризация трещин
4. Температурный режим плотины и основания	Температурные	Телетермометры	2 раза в месяц	Температура в характерных точках плотины и основания

Продолжение приложения

Внешние воздействия и наблюдения	Виды измерений (наблюдений)	Способы и средства измерений	Рекомендуемая периодичность	Контролируемые показатели
5. Напряжения (деформации) в бетоне, скальном основании, арматуре и металлоконструкциях	Тензометрические	Телетензометры, деформометры (ИДС)	2 раза в месяц	Напряжения (деформации) в бетоне, скале, трубопроводе
		Арматурные динамометры	2 раза в месяц	Усилие (напряжения) в арматуре
6. Монолитность плотины	Тензометрические	Контактные тензометры	2 раза в месяц	Раскрытие контактных поверхностей бетон – скала
		Телещелемеры	2 раза в месяц	Раскрытие межсекционных, межстолбчатых, межблочных швов, трещин
7.Свойства бетона как материала	Физико-механические, тензометрические	Лабораторные испытания бетонных образцов, кернов; испытания в сооружении	Проведены в строительный период и могут проводиться в эксплуатационный период	Прочность, модуль упруго-мгновенных деформаций, меры ползучести, к.л.р. при положительной и отрицательной температурах
	Специальные исследования	Неразрушающие методы (пластических деформаций, акустический)	По мере необходимости	Статический и динамический модули упругости
		Химический и биохимический анализы выщелачивания бетона	По мере необходимости	Химический и биохимический составы продуктов выщелачивания
	Визуальные	Наблюдения за зонами деструктивного бетона, выщелачивания	1 раз в год	Зарисовки зон деструкции и выщелачивания бетона

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения 3

2. Основные принципы проведения натурных наблюдений на эксплуатируемых плотинах 7

2.1. Проверка достоверности, достаточности и представительности натурных данных 7

2.2. Задачи различных видов натурных наблюдений 9

2.3. Специфика работы различных типов бетонных плотин 10

3. Натурные наблюдения за работой и состоянием плотин и их оснований 13

3.1. Общие перемещения плотины и основания 13

3.2. Фильтрационный режим 15

3.3. Температурный режим 17

3.4. Напряженно-деформированное состояние плотины и ее элементов 18

3.5. Визуальные наблюдения 20

3.6. Старение плотин 24

4. Основные принципы обработки и анализа данных натурных наблюдений 24

Список литературы 29

Приложение. Типовой состав натурных наблюдений 30

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

Подписано к печати 10.07.03. Формат 60x90 1/16.
Бумага типографская № 1. Печать офсетная.
Печ.л. 2,0. Тираж 300. Заказ 115.

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

gost.e-ecolog.ru