**СТО**

**70238424.27.140.004-2008**

# Контрольно-измерительные системы и аппаратура гидротехнических сооружений ГЭС
# Условия создания
# Нормы и требования

**Дата введения – 2008-10-31**

Издание официальное

**Москва - 2008**

gost.e-ecolog.ru

## Предисловие

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

### Сведения о стандарте

1 РАЗРАБОТАН НП «Гидроэнергетика России», ОАО «НИИЭС»

2 ВНЕСЕН Центральной комиссией ОАО РАО «ЕЭС России» по техническому регулированию

3 ПРИНЯТ И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом НП «ИНВЭЛ» от 01.07.2008 № 12/7

4 ВВАМЕН СТО 17330282.27.140.004-2008 (Приказ ОАО РАО «ЕЭС России» от 20.03.2008 № 140)

© НП «ИНВЭЛ», 2008

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения НП «ИНВЭЛ».

## Содержание


Введение ..... V
1 Область применения ..... 1
2 Нормативные ссылки ..... 2
3 Термины и определения ..... 3
4 Обозначения и сокращения ..... 5
5 Контрольно-измерительные системы, устанавливаемые на гидротехнических сооружениях гидроэлектростанций ..... 6
5.1 Общие требования к контрольно-измерительным системам .. 6
5.2 Состав контрольных наблюдений ..... 9
5.3 Состав контрольно-измерительной аппаратуры, используемой для контрольных наблюдений ..... 11
5.4 Состав контрольно-измерительной аппаратуры, используемой для выполнения специальных наблюдений .... 12
6 Контрольно-измерительная аппаратура и устройства ..... 13
6.1 Аппаратура и устройства для измерения осадок ..... 13
6.2 Аппаратура и устройства для измерения горизонтальных смещений ..... 15
6.3 Аппаратура для наблюдений за взаимными смещениями секций сооружений ..... 17
6.4 Аппаратура для контроля уровней воды и пьезометрического давления ..... 18
6.5 Аппаратура для измерения расходов фильтрационной воды 19
6.6 Аппаратура для измерения температуры в теле бетонных и грунтовых плотин, измерения температуры фильтрационного потока ..... 20
6.7 Аппаратура для проведения специальных наблюдений ..... 21
7 Размещение контрольно-измерительной аппаратуры и устройств ... 23
7.1 Общие положения ..... 23
7.2 Контроль осадок ..... 24
7.3 Контроль горизонтальных перемещений ..... 26
7.4 Контроль фильтрационного режима ..... 27
7.5 Контроль противодавления ..... 29
7.6 Контроль температурного режима и уровней воды ..... 30
7.7 Специальные исследования ..... 31
8 Требования, обеспечивающие сохранность и работоспособность, а также консервацию и утилизацию КИС и КИА ..... 34
9 Порядок приемки и ввода в эксплуатацию КИС и КИА ..... 36
9.1 Общие положения ..... 36
9.2 Геодезическая сеть ..... 36
9.3 Пьезометры ..... 36
9.4 Щелемеры ..... 37
9.5 Приборы для специальных исследований ..... 37

10 Требования к созданию автоматизированных систем опроса контрольно-измерительной аппаратуры ..... 38
10.1 Общие положения ..... 38
10.2 Требования к АСО КИА в целом ..... 40
10.3 Требования к техническим средствам АСО КИА ..... 42
10.4 Требования к программно-техническому комплексу ..... 43
10.5 Требования к видам обеспечения ..... 44
10.6 Состав работ при создании АСО КИА ..... 45
10.7 Требования по эксплуатационной документации (инструкции пользователя) ..... 45
11 Требования к размещению приборов и устройств для контроля и управления режимами ГЭС ..... 46
12 Требования к метрологическому обеспечению единства измерений 47
12.1 Метрологическое обеспечение средств измерений (СИ) индивидуального и стандартизованного типа КИА ..... 47
12.2 Метрологическое обеспечение АСО КИА как информационно-измерительной системы ..... 48
Библиография ..... 49

# Введение

Стандарт организации «Контрольно-измерительные системы и аппаратура гидротехнических сооружений ГЭС. Условия создания. Нормы и требования» (далее – Стандарт) разработан в соответствии с требованиями Федерального закона № 184-ФЗ «О техническом регулировании».

Стандарт направлен на обеспечение контроля безопасности гидротехнических сооружений (далее – ГТС) гидроэлектрических станций (ГЭС и ГАЭС).

При разработке Стандарта актуализированы и использованы относящиеся к области его применения действовавшие в электроэнергетике нормативно-технические и методические документы.

В Стандарт включены апробированные опытом и широко используемые в эксплуатации ГТС контрольно-измерительные системы и контрольно-измерительная аппаратура.

В Стандарт включены требования к контрольно-измерительным приборам, устанавливаемым на сооружениях для контроля безопасности, приведены требования к созданию автоматизированных систем опроса контрольно-измерительной аппаратуры.

Рассмотрены схемы размещения приборов, требования к проверке, приемке и сдаче в эксплуатацию приборов.

В Стандарте не рассмотрены детально приборы, устанавливаемые для специальных наблюдений в строительный период, и для контроля вибрационных воздействий. В Стандарте не рассматриваются также приборы для контроля сейсмических воздействий.

Стандарт должен быть пересмотрен в случаях ввода в действие новых технических регламентов и национальных стандартов, содержащих не учтенные в Стандарте требования, а также при необходимости введения новых требований и рекомендаций, обусловленных развитием новой техники.

**СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ**

# Контрольно-измерительные системы и аппаратура гидротехнических сооружений ГЭС

## Условия создания

## Нормы и требования

Дата введения – 2008-10-31

## 1 Область применения

1.1 Стандарт устанавливает требования к условиям проектирования, изготовления, приемки Заказчиком, ввода в эксплуатацию контрольно-измерительных систем и контрольно-измерительной аппаратуры, устанавливаемых на гидротехнических сооружениях ГЭС и ГАЭС для обеспечения контроля их безопасного состояния.

1.2 Стандарт предназначен для применения организациями (обществами, компаниями) независимо от их формы собственности, являющимися собственниками и (или) эксплуатирующими организациями гидроэлектростанций, а также:

– организациями, разрабатывающими проекты контрольно-измерительных систем, проекты размещения контрольно-измерительной аппаратуры и устройств на гидротехнических сооружениях ГЭС и ГАЭС;

– строительными и монтажными организациями, выполняющими работы по монтажу и наладке контрольно-измерительных систем, установке измерительной аппаратуры и устройств, автоматизированных систем диагностического контроля состояния гидротехнических сооружений ГЭС и ГАЭС;

– специализированными и иными организациями, осуществляющими экспертный анализ технического состояния и безопасности ГТС;

– специализированными организациями, осуществляющими сервисное обслуживание контрольно-измерительных систем, измерительной аппаратуры и устройств, установленных на гидротехнических сооружениях ГЭС и ГАЭС.

1.3 Требования и нормы Стандарта обязательны для применения организациями, в установленном порядке на добровольной основе присоединившимися к Стандарту; в иных случаях соблюдение норм и требований Стандарта другими субъектами хозяйственной деятельности должно быть предусмотрено в договоре (контракте) между заказчиком – субъектом применения Стандарта и исполнителем заказываемых работ (услуг).

1.4 Стандарт распространяется на КИС и КИА, устанавливаемые на проектируемых, строящихся и эксплуатируемых гидротехнических сооружениях электростанций I – III класса. В состав этих сооружений могут входить:

- плотины из грунтовых материалов: насыпные, намывные, каменно-земляные, каменно-набросные;
- грунтовые дамбы и грунтовые откосы;
- бетонные плотины: гравитационные, арочные, многоарочные, контрфорсные, из укатанного бетона;
- водозаборные устройства, водопропускные и водосбросные сооружения;
- здания ГЭС и ГАЭС;
- подземные сооружения;
- подпорные стенки и устои;
- насосные станции и водоводы;
- подводящие и отводящие каналы;
- основания грунтовых и бетонных сооружений, береговые примыкания.

## 2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие законодательные акты и национальные стандарты.

Федеральный Закон РФ от 27.12.2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании»;

Федеральный Закон от 27.04.93 г. № 4871-1 (ред. от 10.01.2003 г.) «Об обеспечении единства измерений»;

Федеральный закон от 21.12.1994 № 68 «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»;

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

Постановление Правительства РФ от 11.07.2001 г. № 526 «О реформировании электроэнергетики Российской Федерации»;

ГОСТ Р 1.12-2004 Стандартизация в Российской Федерации. Термины и определения;

ГОСТ Р 1.4-2004 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организации. Общие положения;

ГОСТ Р 8.563-96 Государственная система обеспечения единства измерений. Методики выполнения измерений;

ГОСТ Р 22.1.11-2002 Мониторинг состояния водоподпорных гидротехнических сооружений (плотин) и прогнозирование возможных

последствий гидродинамических аварий на них. Общие требования;

ГОСТ 2.601-95. ЕСКД. Эксплуатационные документы.

ГОСТ 8.009-84 Государственная система обеспечения единства измерений Нормируемые метрологические характеристики средств измерений;

ГОСТ 8.596-2002 Государственная система обеспечения единства измерений. Метрологическое обеспечение измерительных систем. Основные положения»;

ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения;

ГОСТ 34.003-90. Информационные технологии. Автоматизированные системы. Термины и определения;

ГОСТ 34.602-89. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы;

Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации/ Минэнерго России. Утверждены Приказом Министерства энергетики Российской Федерации №229 от 19 июня 2003 г. Зарегистрированы Министерством юстиции Российской Федерации регистрационный № 4799 от 20 июня 2003 г.

Примечание -

При пользовании Стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов и классификаторов в информационной системе общего пользования – на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю "Национальные стандарты", который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

## 3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 19185-73 и ГОСТ 27.002-89, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **автоматизированная система диагностического контроля** – АСДК: Система автоматического опроса дистанционной контрольно-измерительной аппаратуры, установленной на сооружении, одновременно сравнивающая полученные результаты с критериями безопасности, на основании чего автоматически диагностируется состояние сооружений.

3.2 **дефект:** Изъян (недостаток, несоответствие проекту), повреждение конструкции или материала, оказывающие влияние на техническое состояние объекта контроля.

3.3 **виды наблюдений:** Виды контроля технического состояния сооружения.

3.4 **диагностика:** Установление признаков, характеризующих техническое состояние сооружения.

3.5 **измерительная точка:** Местоположение отдельного прибора или группы рядом расположенных приборов, показания которых могут быть отнесены к одной точке измерения в заданной системе координат.

3.6 **измерительное сечение:** Горизонтальная или вертикальная плоскость, в которой располагаются контрольно-измерительные приборы и устройства.

3.7 **измерительное устройство** – ИУ: Техническое средство для измерения физических величин – технических характеристик объекта контроля непосредственно или посредством вторичного устройства (прибора).

3.8 **измерительный створ:** Прямая линия в измерительном сечении, по которой располагаются контрольно-измерительная аппаратура и устройства.

3.9 **инструментальные наблюдения:** Регулярно осуществляемые измерения технических характеристик сооружения с помощью стационарной КИА.

3.10 **информационно-диагностическая система:** – ИДС: Система, диагностирующая состояние контролируемого объекта, включающая базу данных натурных наблюдений, программу их обработки и диагностические критерии для оценки состояния сооружений.

3.11 **контрольно-измерительная аппаратура -** КИА: Стационарная измерительная аппаратура или устройства, устанавливаемые на гидротехнических сооружениях для контроля их состояния.

3.12 **контрольно-измерительная система:** Комплекс контрольно-измерительной аппаратуры и устройств, предназначенных для контроля состояния гидротехнических сооружений в период строительства и эксплуатации.

3.13 **критерии безопасности:** Предельные значения количественных и качественных показателей состояния гидротехнического сооружения и условий его эксплуатации, соответствующие допустимому уровню риска аварии гидротехнического сооружения и утвержденные в установленном порядке федеральными органами исполнительной власти, осуществляющими государственный надзор за безопасностью гидротехнических сооружений.

3.14 **объект контроля:** Здание или сооружение в составе электростанции и их элементы, являющиеся предметом контроля состояния.

3.15 **показатель состояния** – ПС: Количественная или качественная величина, признаваемая для оценки технического состояния и уровня

безопасности при эксплуатации сооружения, здания или конструкции. Количественные ПС вычисляются по показаниям измерительных устройств с использованием алгебраических функций и логических операторов.

3.16 **ресурсоопределяющий элемент:** Элемент объекта контроля, нарушение работоспособности которого может привести к нарушению работоспособности объекта контроля в целом.

3.17 **специализированные обследования:** Обследования, проводимые специализированными организациями по специально разрабатываемым программам для оценки технического состояния объектов контроля.

3.18 **техническая характеристика:** Величина, отражающая функциональные, геометрические, деформационные, прочностные свойства сооружения, конструкции и/или материалов.

3.19 **технический контроль:** Осмотры, измерения и обследования, осуществляемые на регулярной основе с целью оценки технического состояния и безопасности эксплуатации гидротехнических сооружений.

3.20 **техническое обслуживание КИА:** Комплекс мероприятий по техническому надзору и обслуживанию контрольно-измерительных систем и контрольно-измерительной аппаратуры.

3.21 **установочные параметры ИУ**: Технические характеристики измерительного устройства, определяющие условия его установки, размещения, градуировочные (тарировочные) зависимости "отсчёт(ы) – показатель состояния".

3.22 **эксплуатационный контроль:** Контроль технического состояния в процессе постоянной эксплуатации.

## 4 Обозначения и сокращения

АС – автоматизированная система;

АСДК – автоматизированная система диагностического контроля;

АСО КИА – автоматизированная система опроса контрольно-измерительной аппаратуры;

АС П – автоматизированная система предприятия;

ГАЭС – гидроаккумулирующая электростанция;

ГТС – гидротехнические сооружения;

ГЭС – гидроэлектростанция;

ИДС – информационно-диагностическая система по контролю состояния ГТС;

ИУ – измерительное устройство;

КИА – контрольно-измерительная аппаратура;

КИС – контрольно-измерительная система;

НДС – напряженно-деформированное состояние;

НПУ – нормальный подпорный горизонт;

ПДС – преобразователь давления, струнный;
ПЗ – пьезометр закладной;
ПЛДС – преобразователь линейных деформаций, струнный;
ПЛПС – преобразователь линейных перемещений, струнный;
ПНГС – преобразователь нормальных напряжений, струнный;
ППР – проект производства работ;
ПС – показатель состояния;
ПТК – программно-технический комплекс;
ПТС – преобразователь температуры, струнный;
СИ – средства измерений;
СУБД – система управления базами данных;
ТЗ – техническое задание;
ТО – техническое обслуживание;

# 5 Контрольно-измерительные системы, устанавливаемые на гидротехнических сооружениях гидроэлектростанций

Под контрольно-измерительными системами подразумеваются комплексы контрольно-измерительной аппаратуры, установленные на сооружениях и предназначенные для контроля их состояния на протяжении всего периода эксплуатации. При этом сбор информации от контрольно-измерительной аппаратуры и устройств может проводиться полностью вручную, полностью или частично автоматизировано. В последнем случае в состав комплекса входит автоматизированная система опроса контрольно-измерительной аппаратуры АСО КИА.

## 5.1 Общие требования к контрольно-измерительным системам

Контрольно-измерительные системы, устанавливаемые на сооружениях, должны обеспечивать контроль их состояния по всем основным контролируемым параметрам. Контрольно-измерительные системы должны включать информационно-диагностические системы, которые обеспечивают хранение базы данных наблюдений и с помощью которых автоматически оценивается состояние сооружений.

5.1.1 Для ответственных гидротехнических сооружений I и II класса контрольно-измерительные системы, контролирующие их состояние, должны быть оснащены автоматизированными системами диагностического контроля (АСДК) с целью оценки состояния сооружений в режиме реального времени.

АСДК должна включать автоматизированную систему опроса КИА (АСО КИА) и информационно-диагностическую систему контроля безопасности [1, 2].

5.1.2 Сооружения III класса и сооружения I и II классов, где нет технической возможности создания АСО КИА, должны быть оснащены информационно-диагностическими системами контроля безопасности с ручным вводом данных наблюдений.

Информационно-диагностические системы должны обеспечивать: накопление и хранение данных наблюдений и базовой информации о сооружениях и системах контроля, обработку всех данных и их анализ, диагностирование технического состояния отдельных элементов и всего сооружения в целом.

5.1.3 Наблюдения, проводимые на гидротехнических сооружениях с помощью контрольно-измерительной аппаратуры и устройств, разделяются на контрольные и специальные.

5.1.4 Контрольные наблюдения должны проводиться для оценки эксплуатационной надежности гидротехнических сооружений в течение всего периода эксплуатации гидроузла. Состав и объем контрольно-измерительной аппаратуры и контрольно-измерительных систем назначаются в зависимости от класса сооружения, его типа и конструкции, геологических, гидрогеологических, климатических и других условий, в которых сооружение эксплуатируется.

5.1.5 Специальные натурные наблюдения на гидротехнических сооружениях следует проводить при соответствующем обосновании в целях получения данных для уточнения методов и результатов расчета, результатов модельных исследований, обоснования конструктивных решений, методов производства работ и улучшения условий эксплуатации плотин. Специальные наблюдения должны проводиться на высоких и сверхвысоких плотинах (более 100 м), а также на сооружениях, построенных в неблагоприятных инженерно-геологических условиях, например, в условиях северной климатической зоны, а также с использованием новых, не применявшихся ранее технологий.

5.1.6 Специальные исследования должны проводиться с помощью закладной аппаратуры, устанавливаемой во время строительства. Так как закладная аппаратура имеет ограниченный срок гарантийной эксплуатации (15 – 20 лет) и при выходе из строя, как правило, не может быть заменена, она может использоваться для контроля общего состояния сооружений только в начальный период эксплуатации. Показания закладных приборов, действующих за пределами гарантийного срока, не могут использоваться для назначения по ним критериев безопасности.

5.1.7 Создание контрольно-измерительных систем должно включать следующие этапы:

– составление проекта и программы наблюдений;

– комплектация стандартной измерительной аппаратуры и изготовление нестандартных приборов и устройств;

– установка приборов и прокладка коммуникаций на сооружениях совмещенного типа;

– создание системы автоматизированного опроса КИА;

– оборудование центрального пункта наблюдений, опробование и проверка измерительных каналов, проведение контрольных замеров;

– ввод показаний приборов в базу данных информационно-диагностической системы.

5.1.8 Проект контрольно-измерительной системы должен включать:

– пояснительную записку с изложением цели и методов контрольных и специальных наблюдений;

– чертежи размещения КИА и коммуникаций на гидротехнических сооружениях;

– рабочие чертежи установки и крепления приборов, изготовления и установки закладных частей, монтажные схемы оборудования и приборов;

– спецификацию всего основного и вспомогательного оборудования, приборов, кабелей;

– сметы на приобретение, изготовление и установку контрольно-измерительной системы;

– разработку информационно-диагностической системы контроля безопасности, куда должны вводиться данные инструментального контроля;

– эксплуатационную документацию;

– условия утилизации технических средств.

Схемы размещения контрольно-измерительной аппаратуры на сооружениях должны разрабатываться на основе имеющихся рекомендаций и опыта наблюдений на подобных сооружениях [1, 3, 5].

5.1.9 Проект КИА должен составляться с учетом инженерно-геологических и гидрогеологических условий створа, с учетом типа, высоты и ответственности напорных сооружений. Проект должен разрабатываться на основании программы натурных наблюдений, в которой должны быть сформулированы цели и задачи контрольных и специальных наблюдений, а также основные методы их выполнения.

5.1.10 Размещение КИА на сооружениях должно предусматриваться таким образом, чтобы с ее помощью можно было контролировать как поведение сооружения в целом, так и поведение наиболее ответственных участков и элементов сооружения.

5.1.11 Контрольно-измерительная аппаратура и устройства, предназначенные для текущего контроля за состоянием сооружений в период строительства и эксплуатации, должна размещаться по всему фронту сооружений с учетом конструктивного оформления сооружений и геологических особенностей створа.

5.1.12 Программа наблюдений должна включать:

– обоснование выбранного состава наблюдений и контрольно-измерительной аппаратуры;

– требования к точности и периодичности снятия показаний с КИА для определения характеристик состояния сооружений;

– схемы геодезических сетей (схемы расположения пунктов сетей и связи между ними с помощью измерений);

– методики измерений, с расчетами, подтверждающими определение характеристик состояния сооружений с требуемой точностью;

– допуски при измерениях;

– методику обработки и уравнивания результатов измерений;

– перечень применяемой переносной контрольно-измерительной аппаратуры (приборы, средства измерений);

– состав метрологического контроля, технологических поверок приборов, средств измерений, периодичность контроля и поверок [2, 4, 6].

5.1.13 Размещение кабельных линий АСО КИА должно проектироваться в зависимости от местных условий и технологических параметров, определяемых самими измерительными устройствами. Основными принципами создания и прокладки телекоммуникационных линий должны быть: минимизация затрат и надежность получаемых результатов.

5.1.14 В качестве дистанционной контрольно-измерительной аппаратуры АСО КИА должны использоваться изделия промышленного производства, выполненные под современные средства передачи информации.

5.1.15 Изготавливаемая аппаратура и устройства должны быть апробированы на практике на других объектах, работающих в сходных геологических и производственных условиях.

5.1.16 Номенклатуру, число измерительных устройств и их местоположение в теле ГТС, здании ГЭС, основании, береговых примыканиях и отдельных элементах сооружений следует назначать исходя из состава задач и объема наблюдений и исследований.

## 5.2 Состав контрольных наблюдений

Необходимый состав контрольных наблюдений и виды определяемых параметров должны обосновываться в проекте и программе наблюдений.

5.1.1 На бетонных плотинах должны контролироваться следующие параметры, характеризующие состояние сооружений [3]:

- наклоны сооружений;
- осадки сооружений;
- горизонтальные перемещения;
- взаимные смещения элементов сооружений;

– фильтрационное противодавление по подошве сооружений и фильтрационные напоры в основании;

– фильтрационные расходы через тело и швы плотины;

– температурный режим в теле сооружения;

– температурный режим фильтрационной воды;

– химическая и механическая суффозия в плотине и основании;

– раскрытие трещин, температурно-осадочных и строительных швов;

– размывы дна и берегов в нижнем бьефе.

5.2.2 На грунтовых плотинах должны контролироваться [2]:

– физико-механические свойства материала плотин;

– осадки по гребню и бермам;

– горизонтальные перемещения по гребню и бермам;

– положение кривой депрессии в теле плотины и значения фильтрационных напоров в основании и в зонах береговых примыканий;

– расходы фильтрационной воды;

– температурный режим в основании и теле плотины (для сооружений в северной климатической зоне);

– уровни воды в верхнем и нижнем бьефах.

5.2.3 На прилегающей к гидротехническим сооружениям территории при необходимости должны контролироваться;

– осадки оползневых и потенциально неустойчивых склонов (на поверхности и в глубине склонов);

– горизонтальные смещения оползневых и потенциально неустойчивых склонов (на поверхности и в глубине склонов);

– взаимные перемещения геологических пород вдоль геологических нарушений (геологических разломов);

– горизонтальные и вертикальные перемещения геологических пород вблизи береговых примыканий арочных плотин.

5.2.4 Специальные виды наблюдений на бетонных и железобетонных сооружениях должны включать:

– контроль напряжений в бетоне;

– контроль напряжений в арматуре;

– контроль изменения деформативно-прочностных характеристик материала плотины и основания;

– контроль деформаций в теле сооружений;

– контроль напряжений в основании и на контакте с сооружением.

5.2.5 Специальные виды наблюдений на грунтовых сооружениях должны включать:

– измерение порового давления в грунтовых ядрах и в теле каменно-земляных и земляных плотины;

– измерение напряжений в ядре, переходных зонах, боковых призмах,

– измерение послойных деформаций грунта в теле плотины и основании;

– контроль трещинообразования в грунтовых противофильтрационных элементах грунтовых плотин;

– измерение деформаций растяжения-сжатия в теле плотины;

– наблюдение за температурным режимом фильтрационного потока и определение химического состава воды.

5.2.6 В подземных зданиях гидроэлектростанций должен проводиться контроль за [1, 2, 3, 5]:

– напряженным состоянием анкерного и сводового крепления, вмещающего массива;

– деформациями стен и свода камеры;

– фильтрационным и температурным режимами массива;

– протечками воды в помещения.

5.2.7 На гидротехнических сооружениях гидроаккумулирующих электростанций следует дополнительно контролировать:

– деформации крепления откосов верхнего и нижнего бассейнов;

– избыточное фильтрационное давление за бетонным креплением откосов в процессе сработки верхнего бассейна;

– деформации опор трубопроводов;

– напряжения в элементах трубопроводов.

## 5.3 Состав контрольно-измерительной аппаратуры, используемой для контрольных наблюдений

5.3.1 Контроль осадок должен выполняться с использованием следующих приборов и устройств:

– поверхностных марок;

– боковых марок;

– глубинных марок;

– опорных рабочих реперов;

– фундаментальных реперов;

– гидростатических нивелиров;

– инклинометрических труб;

– элеваторов высот.

5.3.2 Контроль горизонтальных перемещений должен выполняться с использованием:

– прямых отвесов;

– обратных отвесов;

– створных знаков;

– подвижных визирных марок;

– опорных визирных марок;

– инклинометров;

– оптических, магнитных или других датчиков для измерения перемещения натянутой струны.

5.3.3 Контроль взаимных смещений секций или отдельных элементов бетонных сооружений должен выполняться с использованием одноосных, двуосных, трехосных щелемеров.

5.3.4 Контроль пьезометрических напоров и противодавления должен выполняться в теле и основании грунтовых плотин с использованием:

– пьезометров опускных;

– пьезометров закладных;

– преобразователей давления (пьезодинамометров);

под подошвой и в основании бетонных плотин с использованием:

– пьезометров закладных;

– пьезометров опускных;

– преобразователей давления (пьезодинамометров).

5.3.5 Контроль расхода фильтрационной воды в дренажных устройствах (скважинах, лотках и пр.) и в местах неорганизованного выхода воды в бетонных и грунтовых сооружениях и их основаниях должен проводиться с использованием:

– мерных водосливов;

– расходомеров;

– объемометрических измерений;

– гидрометрических вертушек.

5.3.6 Контроль уровней воды в нижнем и верхнем бьефах следует осуществлять с использованием различных типов поплавковых приборов, а также

– погружных датчиков давления;

– устройств для измерения расстояния до поверхности воды, например, лазерной рулетки;

– пневмогидравлической аппаратуры.

5.3.7 Контроль температуры в теле грунтовых и бетонных сооружений должен выполняться с использованием закладных термометров, например:

– струнных преобразователей температуры;

– термометров сопротивления и других измерительных устройств.

## 5.4 Состав контрольно-измерительной аппаратуры, используемой для выполнения специальных исследований

5.4.1 Контроль порового давления следует выполнять с использованием:

– закладных пьезодинамометров, например, преобразователей давления ПДС.

Определение напряжений в грунте следует проводить с использованием закладных преобразователей напряжения грунта, например, ПНГС.

Определение напряжений в бетоне следует проводить с использованием:

- закладных тензометров;
- датчиков давления Карлсона.

5.4.2 Определение напряжений в арматуре следует выполнять с использованием арматурных динамометров.

Измерение послойных деформаций следует выполнять с использованием:

- инклинометров;
- глубинных марок.

Контроль трещинообразования в грунте и бетоне следует выполнять с использованием:

- длинно базовых деформометров;
- преобразователей линейных перемещений;
- преобразователей линейных деформаций.

5.4.3 Измерение напряжений в основании и на контакте с сооружением следует выполнять с использованием:

- грунтовых динамометров;
- преобразователей напряжений в грунте, например, ПНГС.

5.4.4 Измерение пульсации гидродинамического давления следует выполнять с использованием индуктивных датчиков.

5.4.5 Измерение вибрации бетонных и железобетонных элементов должно проводиться низкочастотными вибродатчиками.

# 6 Контрольно-измерительная аппаратура и устройства

## 6.1 Аппаратура и устройства для измерения осадок

При наблюдениях за осадками геодезическая контрольно-измерительная аппаратура должна включать закладную КИА (геодезические знаки, закладываемые в сооружениях и на прилегающей к ним территории) и средства измерений.

6.1.1 Закладная КИА или закладные знаки должны разделяться по назначению на:

- опорные знаки (исходные, рабочие репера на прилегающей территории, опорные плановые знаки);
- контрольные осадочные (высотные) марки;

– контрольные плановые знаки (в сооружениях и на оползневых склонах) для наблюдений за осадками и горизонтальными смещениями.

В соответствии с такой классификацией для наблюдений за осадками должна использоваться следующая закладная КИА.

6.1.2 Исходные репера. Конструкция исходных реперов разрабатывается при составлении проекта КИА и программы наблюдений (раздел 5.1) с учетом фактических геологических условий.

Конструкция исходного репера может быть следующей:

– марка в скале внутри специальной горизонтальной штольни (проходится от берега вглубь горных пород);

– марка в надежной прочной скале, защищенная от повреждения защитным приспособлением;

– глубинный репер в мягких грунтах (коренные породы залегают глубоко от поверхности) в виде трубы в вертикальной скважине.

6.1.3 Рабочие репера. Конструкции рабочих реперов должны быть аналогичны конструкциям исходных реперов.

6.1.4 Высотные (осадочные) марки должны закладываться непосредственно в сооружениях, их основаниях, на оползневых и потенциально неустойчивых склонах. Конструкция марок определяется типом сооружения, в котором они размещаются.

Для бетонных сооружений следует использовать следующие типы марок:

– бетонные поверхностные (закладываются в горизонтальные поверхности сооружений);

– боковые (закладываются в стенах сооружений или их галерей, штолен);

– потолочные (для их надежной сохранности при наблюдениях в цементационных галереях, иногда в смотровых галереях при их насыщенности КИА);

– глубинные (для изучения осадок оснований на разных глубинах, марки аналогичны по конструкции глубинным реперам).

Для грунтовых сооружений следует использовать следующие типы марок:

– грунтовые поверхностные;

– глубинные;

– плиты-марки.

6.1.5 Грунтовые поверхностные марки следует закладывать на поверхности грунтовых сооружений, оползневых склонов. По конструкции марки аналогичны грунтовым реперам. Якорь (основание марки) должен располагаться на 1 м ниже максимальной глубины промерзания грунта (глубина промерзания определяется Инструкцией по нивелированию Федеральной геодезической службы РФ). Марка закладывается в котловане или в скважине.

6.1.6 Глубинные марки должны устанавливаться для изучения осадок тела плотины на разных уровнях и закладываться после отсыпки грунта до проектной отметки сооружения. Конструкция глубинной марки схожа с конструкцией глубинного репера.

6.1.7 Плиты-марки также должны устанавливаться для изучения осадки тела грунтовой плотины на разных уровнях, но закладку их необходимо начинать с момента отсыпки грунта до исследуемой отметки. После возведения плотины до исследуемой отметки на ее поверхность должна закладываться горизонтальная железобетонная плита, определяется ее отметка и плановые координаты (от знаков существующих плановой и высотной сетей гидроузла). Затем оборудуют в скважине глубинную марку (якорь – на плите) и продолжают наблюдения за дальнейшей осадкой плиты.

6.1.8 В зависимости от требований к точности определения осадок для измерений следует использовать аппаратуру и средства измерений геометрического нивелирования (наиболее точные измерения), тригонометрического нивелирования, лазерного сканирования, системы спутниковых измерений GPS и ГЛОНАСС.

6.1.9 На высоких бетонных плотинах связь геометрического нивелирования, выполняемого в галереях на разных уровнях, должна осуществляться через вертикальные шахты с помощью светодальномеров, рулеток (ленточных, электронных).

## 6.2 Аппаратура и устройства для измерения горизонтальных смещений

6.2.1 Для определения горизонтальных смещений должны создаваться плановые геодезические сети. Классификация КИА для определения горизонтальных смещений совпадает с классификацией КИА для определения осадок (разд. 6.1).

6.2.2 Плановая сеть может быть наружной (знаки располагаются на поверхности сооружения и прилегающей территории) или внутренней (знаки, в том числе опорные, располагаются в галереях плотин и в прилегающих штольнях, исходными могут служить якоря обратных отвесов). На крупных гидроузлах могут быть созданы сети обоих типов. В наружной сети применяют следующие опорные и контрольные плановые знаки:

– трубчатый (цилиндрической формы). Высота его от поверхности составляет 0,8 – 1,2 м в зависимости от применяемых средств измерений. Основание знака надежно скреплено с грунтом (или с поверхностью сооружения). В верхней части знака имеется приспособление для установки аппаратуры и ее точного центрирования в каждом цикле;

– в виде высотной марки с насечкой (меткой на марке), которая фиксирует центр знака. Над таким знаком во время измерений на штативе

центрируют прибор (или другие средства измерений) с помощью оптического или нитяного отвеса.

6.2.3 В наружных геодезических сетях измерения следует выполнять с помощью электронных тахеометров (линейно-угловая сеть) или с помощью спутниковых систем (GPS, ГЛОНАСС).

6.2.4 Во внутренних сетях конструкция закладных знаков или устройств должна соответствовать примененному методу измерений. Могут быть применены следующие методы измерений:

- инклинометрический;
- по прямым и обратным отвесам;
- створный метод (прямолинейные галереи и штольни);
- метод полигонометрии (криволинейные галереи и штольни арочных плотин).

6.2.5 В инклинометрах основным закладным элементом является гибкая труба с заложенными в ее стенах через определенные интервалы по высоте измерительными элементами. По наклонам участков трубы вычисляются горизонтальные смещения в каждой точке измерений.

6.2.6 В прямых и обратных отвесах основными элементами являются струна (проволока) в вертикальной защитной трубе и измерительные устройства на точке (станции) отсчетов.

6.2.7 При использовании створного метода в сооружении должны закладываться опорные плановые знаки (на концах створа) и контрольные плановые знаки (вдоль створа). В зависимости от способа задания створа следует применять следующие знаки:

- знаки оптического створа;
- знаки лазерного створа;
- знаки струнного створа.

6.2.8 Контрольные и опорные знаки оптического и лазерного створов должны быть закреплены в полу или в стене сооружения (галереи, штольни) и иметь приспособления для точного центрирования съемных приборов и средств измерений.

Оборудование струнного створа включает:

- опорные и контрольные знаки створа;
- устройство для натяжения струны;
- поплавки (в ваннах), равномерно установленные вдоль стены. На поплавках помещается струна для уменьшения стрелы ее провеса.

6.2.9 Струнный створ может быть съемным (для предотвращения возможного обрыва струна закрепляется и натягивается только при измерениях) или стационарным (установлен постоянно). В последнем случае возможна установка датчиков с дистанционным измерением смещений контрольных знаков створа.

6.2.10 При использовании метода полигонометрии должны закладываться опорные знаки на противоположных концах

полигонометрического хода (галерея, ее продолжение в берегах) и контрольные знаки вдоль хода. Опорные и контрольные знаки могут быть заложены в полу (трубчатые знаки) или стене (стенные знаки), иметь одинаковую конструкцию с приспособлениями для точного центрирования переносных средств измерений.

## 6.3 Аппаратура для наблюдений за взаимными смещениями секций сооружений

6.3.1 Для наблюдения за раскрытием – закрытием температурно-осадочных и строительных швов, за взаимными горизонтальными смещениями и осадками секций сооружений следует использовать накладные или закладные щелемеры.

6.3.2 Щелемеры, (одноосные и двуосные, измеряющие перемещения в одном или в двух направлениях плоскости, а также трехосные, измеряющие перемещения по всем трем координатным направлениям) должны устанавливаться на поверхности конструкций.

6.3.3 Марки щелемеров должны устанавливаться или в нишах, закрываемых от повреждения крышками, или непосредственно на бетонной поверхности, однако, в этом случае они должны защищаться металлическими коробами.

6.3.4 Закладные одноосные дистанционные щелемеры, устанавливаются во время строительства непосредственно в бетон. Эти приборы при выходе их из строя, как правило, не восстанавливаются.

6.3.5 На швах и трещинах могут устанавливаться дистанционные щелемеры. Эти щелемеры одноосные, но если имеется необходимость контролировать перемещения по нескольким направлениям, должны быть установлены дополнительно один или два щелемера во взаимно перпендикулярных направлениях.

6.3.6 На высоких сооружениях щелемеры должны размещаться на различных отметках по высоте сооружения (на гребне, в потернах, в галереях) для возможности определения взаимных смещений секции сооружения по высоте.

6.3.7 Для контроля образования и развития трещин в массивном бетоне следует использовать закладные длиннобазовые щелемеры или деформометры. Эти приборы должны устанавливаться во время строительства в зонах, где предполагается образование трещин.

6.3.8 Вблизи дистанционных щелемеров необходимо контролировать температуру внутри бетона, а также температуру наружного воздуха.

## 6.4 Аппаратура для контроля уровней воды и пьезометрического давления

6.4.1 Наблюдения за уровнями грунтовых вод в теле плотин из грунтовых материалов или в основаниях сооружений должны выполняться с помощью пьезометров.

Пьезометры разделяются

а) по способу установки на:

– закладные, устанавливаемые в процессе строительства;

– опускные, которые, бурятся или с поверхности возведенного сооружения, или из галереи;

б) по местоположению на:

– глубинные, устанавливаемые на различной глубине сооружения или основания;

– контактные, устанавливаемые под подошвой бетонного сооружения для измерения фильтрационного противодавления;

в) по положению устья на:

– напорные, когда устье пьезометра (точка замера) расположено ниже уровня воды;

– безнапорные, когда устье расположено выше уровня воды.

6.4.2 Водоприемная часть пьезометра должна иметь длину не менее 1,0 м и должна быть оснащена отстойником.

6.4.3 Измерительным устройством для определения глубины воды в безнапорных пьезометрах являются переносные электроуровнемеры, хлопушки, реже свисток. В современных системах для определения уровня воды используются датчики давления погружного типа (погружные зонды). В современных автоматизированных системах используются датчики давления промышленного типа с унифицированным выходным сигналом.

6.4.4 Основными частями пьезометра являются:

– водоприемник;

– пьезометрическая труба;

– оголовок пьезометра, оборудованный для измерений.

Водоприемник опускного пьезометра представляет собой перфорированную трубу, вокруг которой создается фильтр из песчано-гравийного материала или она обматывается различными типами сеток в зависимости от состава водовмещающих грунтов. В скальных грунтах водоприемником является нижняя открытая часть скважины длиной 2 – 3 м.

Водоприемник опускного пьезометра монтируется на пьезометрической трубе и опускается в буровую скважину, которая бурится после частичного или полного возведения сооружения.

Конструкция пьезометрической скважины должна определяться назначением пьезометра и геологическими условиями.

6.4.5 Опускные пьезометры устанавливаются:

– в теле грунтовых сооружений;

– на контакте бетонных сооружений с основанием;
– в грунтах основания;
– в зонах береговых примыканий (контроль за обходной фильтрацией).

Опускные пьезометры устанавливаются в вертикальных или наклонных буровых скважинах диаметром от 50 до 250 мм.

Трубы пьезометров должны быть выполнены из металлических или пластиковых труб диаметром не менее 50 мм.

6.4.6 Устья (оголовки) пьезометров как закладных, так и опускных, должны быть выведены в места легко доступные для проведения замеров.

6.4.7 Устья напорных пьезометров должны быть оборудованы или образцовыми манометрами или датчиками давления. Устья отдельных напорных пьезометров должны быть оборудованы кранами, позволяющими измерять дебит пьезометра и сбрасывать при необходимости скопившийся газ.

6.4.8 Закладные пьезометры должны устанавливаться во время строительства в таких точках сооружений или основания, куда доступ с помощью буровых скважин затруднен или невозможен.

6.4.9 Измерения уровней воды в верхнем и нижнем бьефах должны выполняться с помощью дистанционных приборов: погружных датчиков давления, поплавковых измерителей или каких-либо других приборов.

6.4.10 Закладные пьезодинамометры следует применять при измерении порового давления в ядрах грунтовых плотин или для определения фильтрационного давления под подошвой бетонных сооружений в строительных швах, монолитном бетоне. Эти приборы должны закладываться в период возведения сооружения и не могут быть заменены. Срок их эксплуатации ограничен, поэтому они не могут в полной мере использоваться для эксплуатационного контроля.

Область их применения – специальные исследования.

## 6.5 Аппаратура для измерения расходов фильтрационной воды

6.5.1 В зависимости от условий отводы воды из дренажных устройств измерения расходов должны осуществляться: с помощью расходомеров, мерных водосливов, объемным способом, с использованием гидрометрических вертушек.

6.5.2 Измерения расходов в системе вертикального дренажа при наличии общего сборного коллектора следует проводить как в коллекторе, так и во всех подводящих дренажных скважинах.

6.5.3 Наблюдения за расходами фильтрационного потока через тело бетонной плотины должны осуществляться путем измерения расходов в

дренажных устройствах, а также путем измерения расхода в местах сбора профильтровавшей воды.

6.5.4 Для организованного сбора воды, поступающей через швы, трещины и места отдельных локальных водопроявлений, должны быть оборудованы специальные сборные лотки с заранее предусмотренной системой измерения расхода.

6.5.5 Применение того или иного устройства для измерения уровня воды должно регламентироваться проектом (раздел Контроль фильтрации) и зависит от величины поступающего расхода и конкретной возможности размещения того или иного устройства.

6.5.6 Из дренажных устройств, если это предусмотрено проектом, производится отбор проб воды на полный химический анализ. Перед отбором пробы на химический анализ необходимо произвести слив воды, если пьезометр напорный, либо выполнить прокачку, если пьезометр безнапорный. Наблюдения за химическим составом воды следует выполнять отдельными циклами из различных наблюдательных точек с частотой 1-2 раза в год.

6.5.7 В местах выхода фильтрационного потока в дренажные устройства, галереи и на дневную поверхность продукты отложений должны подвергаться механическому, петрографическому и химическому анализу.

Необходимость выполнения анализов должна обосновываться проектом или по результатам многофакторного анализа данных натурных наблюдений, проводимого раз в 5 лет специализированной организацией (согласно ПТЭ п. 3.1.27).

## 6.6 Аппаратура для измерения температуры в теле бетонных и грунтовых плотин, измерения температуры фильтрационного потока

6.6.1 Исследование температуры в различных частях сооружений следует проводить с помощью закладных термометров. Конструкции термометров могут быть самыми разнообразными, но наиболее часто применяются термометры электросопротивления, а в особо ответственных случаях, в том числе в зонах с высоким гидростатическим давлением – струнные преобразователи температуры.

6.6.2 Закладные термометры предназначены для измерения температуры бетона, воды, грунта в точках, доступ к которым с переносными термометрами затруднен или невозможен.

6.6.3 Определение температурного режима водохранилища должно проводиться с помощью термометров сопротивления, закрепленных на жесткой штанге или на тросе.

6.6.4 При исследовании температурного режима оснований в районах вечной мерзлоты необходимость и глубина установки термометров диктуется геокриологическими условиями грунтов основания, а также определяется глубиной цементационной завесы. Для исследования температуры в зонах вечной мерзлоты необходимо применять термометры, обеспечивающие чувствительность не ниже 0,3 … 0,5°.

6.6.5 Контроль температурного режима воды фильтрационного потока должен выполняться путем термокаротажа в пьезометрических скважинах и дренажных устройствах, а также измерением температуры в разных по высоте слоях водохранилища и в нижнем бьефе сооружения.

Необходимость контроля температурного режима воды фильтрационного потока должна обосновываться проектом или в дальнейшем результатами многофакторного анализа данных натурных наблюдений, проводимого раз в 5 лет.

График проведения циклов температурных наблюдений зависит от поставленных задач и устанавливается экспериментально.

## 6.7 Аппаратура для проведения специальных наблюдений

6.7.1 Состав и объем специальных наблюдений формируются в зависимости от класса сооружений, геологических особенностей основания, уровня воздействия внешних факторов, конструктивных особенностей сооружения.

6.7.2 В строительный и начальный период эксплуатации в качестве специальных наблюдений на высоких бетонных или железобетонных плотинах или на других сооружениях, где это предусмотрено проектом, должен проводиться:

- контроль напряженно-деформированного состояния тела плотины;
- контроль трещинообразования в массиве;
- контроль раскрытия конструктивных и строительных швов, усилий в арматуре, давлений в грунте, вибраций сооружений.

6.7.3 Для наблюдений за параметрами НДС бетонных и железобетонных сооружений в качестве контрольно-измерительной аппаратуры следует использовать дистанционные струнные измерительные датчики и геодезическую КИА.

6.7.4 Деформация бетона должна измеряться с помощью деформометров; температура бетона, скалы, воды в водохранилище – термометров; раскрытие швов, трещин – закладных щелемеров и деформометров; напряжения на контакте с мягким грунтом – грунтовых динамометров; усилия (напряжения) в арматуре – арматурных динамометров; относительные вертикальные смещения (осадки) элементов

сооружения – гидронивелиров; относительные горизонтальные смещения – отвесов и щелемеров.

6.7.5 Наблюдения за напряжениями (деформациями) в бетоне должны выполняться одиночными тензометрами или группой тензометров в виде плоских и объемных "розеток". Рядом с розетками располагают тензометры в усадочных "конусах", служащие для измерения свободных температурно-усадочных деформаций бетона.

6.7.6 Наблюдения за усилиями (напряжениями) в рабочей арматуре выполняются с помощью арматурных динамометров, вваривaемых либо непосредственно в рабочую арматуру, либо в так называемые плавающие стержни, располагающиеся между стержнями рабочей арматуры. Как правило, арматурные динамометры дублируются в измерительной точке и размещаются на пересечении рабочей арматуры с плоскостью предполагаемой трещины, строительными швами, во входящих углах конструкций и прочее.

6.7.7 Для измерения раскрытия межсекционных швов по их высоте, раскрытия межстолбчатых и горизонтальных строительных швов, а также шва на контакте "скала – бетон" следует использовать дистанционные струнные щелемеры и телетензометры.

6.7.8 На высоких грунтовых плотинах специальные наблюдения следует выполнять с помощью закладной аппаратуры:

– преобразователей давления (пьезодинамометров), позволяющих контролировать поровое давление в грунтовых противофильтрационных элементах;

– преобразователей напряжений в грунте (грунтовых динамометров), позволяющих определять напряженное состояние в теле грунтовых плотин;

– инклинометров, специальных многосекционных шахт, позволяющих измерять послойные осадки грунта в теле плотины и основании, гидростатических нивелиров.

6.7.9 Наблюдения за давлением грунта следует проводить с помощью грунтовых динамометров мембранного (гибкого) типа или с жестким штампом.

На показания грунтовых динамометров мембранного типа, устанавливаемых в нескальных грунтах, большое влияние оказывает способ их закладки. При установке приборов заподлицо с поверхностью подошвы сооружения их показания будут зависеть от микрорельефа основания, образующегося при его зачистке. Для частичного устранения этого влияния приборы мембранного типа следует закладывать на глубину 10 – 12 см от нижней поверхности бетонной подготовки.

6.7.10 Исследования по определению пульсации гидродинамического давления потока в донных отверстиях плотин, на водобое, гасителях или расщепителях должны проводиться с помощью индуктивных датчиков.

6.7.11 Датчики пульсации давления должны устанавливаться в сооружение как в период его бетонирования, так и после завершения бетонных работ.

6.7.12 Для измерения вибрации бетонных и железобетонных элементов применяются низкочастотные вибродатчики с диапазоном измерения от 1–2 *гц* до 20 – 30 *гц*.

# 7 Размещение контрольно-измерительной аппаратуры и устройств

## 7.1 Общие положения

7.1.1 Приборы и устройства, закладываемые в тело плотины и в основание, следует располагать по всей ее длине в определенных поперечных или продольных сечениях сооружения с учетом его конструктивного оформления и геологических особенностей створа.

7.1.2 Количество контрольных сечений по длине сооружения назначается с таким расчетом, чтобы по показаниям установленной в них КИА можно было достоверно оценить работу и состояние сооружения в целом и его отдельных наиболее ответственных участков и элементов.

7.1.3 На грунтовых плотинах контрольные поперечные сечения для производства натурных наблюдений, как правило, следует располагать:

– на русловом участке, где сооружение имеет максимальную высоту и, соответственно, несет максимальную гидростатическую нагрузку;

– на участках выпуклостей плотины (в плане) и в зоне резкого изменения крутизны поверхности основания в створе сооружения;

– на границах сопряжения грунтовой плотины с бетонными сооружениями (устоями, трубами для пропуска строительных расходов, водоводами и др.);

– над тектоническими разломами и крупными трещинами в основании, над потенциальными зонами проявления термокарста;

– в зонах возможных ослаблений напряженно-деформированного состояния, возможных снижений фильтрационной прочности, устойчивости, в зонах возможного трещинообразования (выявленных расчетами, специальными исследованиями или наблюдениями);

– на границах сопряжения мерзлых и талых участков плотины;

– на границах сопряжения подруслового талика с мерзлыми береговыми участками.

7.1.4 В контрольных сечениях КИА располагается в горизонтальных и вертикальных измерительных створах, в отдельных измерительных точках с привязкой их к осям сооружения в плане и по высоте, а также к высотным

отметкам. Измерительные пульты для телеметрической КИА следует размещать в специальных помещениях на гребне, бермах или в незатапливаемых потернах, штольнях, галереях.

7.1.5 Для исключения возможных ошибок при измерениях, а также для уменьшения разброса и повышения надежности полученных результатов измерительные сечения, створы, точки в ряде случаев следует дублировать.

7.1.6 Количество и состав приборов, устанавливаемых в измерительных сечениях, створах и точках, обуславливаются решаемыми задачами. Минимально необходимое количество измерительных приборов в створах диктуется также требованиями статистической обработки результатов, необходимостью построения эпюр, графиков, временных зависимостей.

## 7.2 Контроль осадок

7.2.1 Для определения осадок на гидроузле должна быть создана опорная высотная сеть из исходных и рабочих реперов.

7.2.2 Исходные реперы на крупных гидроузлах необходимо располагать на обоих берегах на удалении примерно (10…15)H (H – максимальная высота сооружений напорного фронта) от створа гидроузла. На гидроузлах, находящихся в длительной эксплуатации, удаленность исходных реперов от напорного фронта может быть уменьшена в полтора – два раза. На небольших гидроузлах можно ограничиться исходными и рабочими реперами только на одном берегу реки.

7.2.3 Исходные реперы должны располагаться в виде куста из трех реперов (куст исходных реперов), расположенных в виде треугольника со сторонами 20 – 30 м (равнинная территория) или вдоль линии нивелирования (горная местность). Постоянство превышений между реперами характеризует состояние (устойчивость) реперов и площадки, на которой они расположены.

7.2.4 Места закладки исходных реперов следует выбирать с участием геологов проектной организации.

При наличии геологических нарушений в русле реки (возможны взаимные перемещения берегов) исходными для вычисления отметок и осадок марок сооружений принимают реперы, расположенные на одном берегу.

7.2.5 Рабочие реперы следует располагать вдоль трасс нивелирования от кустов исходных реперов к плотине. Их назначение:

– оценить вертикальные движения поверхности Земли, вызванные первым наполнением водохранилища и последующими сезонными колебаниями уровня верхнего бьефа;

– при устойчивости (неизменности отметки) рабочего репера можно считать его исходным с более редкой (один раз в несколько циклов) привязкой к кусту исходных реперов.

7.2.6 Количество исходных и рабочих реперов должно определяться размерами и протяженностью гидротехнических сооружений. На небольших сооружениях иногда можно ограничиться одним кустом исходных реперов.

7.2.7 В бетонных сооружениях марки следует устанавливать на гребне и в галереях, расположенных в теле плотины. В каждой секции закладывают по две марки по ее краям, а также вблизи мест установки отвесов. На высоких плотинах при наличии поперечных галерей в них также закладывают марки (через 10 – 15 м) для изучения наклонов плотины.

7.2.8 В зданиях ГЭС марки следует закладывать в каждой секции со стороны верхнего и нижнего бьефов.

7.2.9 В грунтовых плотинах поверхностные марки следует закладывать на гребне, бермах низового откоса примерно через 50 – 100 м по длине сооружения, а также в местах резкого изменения профиля основания.

7.2.10 Плиты-марки и глубинные марки следует закладывать на участках с плохими геологическими условиями основания в местах ожидания больших неравномерных осадок тела грунтовой плотины.

7.2.11 На бетонных, грунтовых плотинах в проекте следует предусматривать поперечные створы наблюдений, где должна сосредотачиваться КИА различного назначения. В таких створах должны быть размещены и осадочные марки.

7.2.12 На напорных трубопроводах следует закладывать боковые марки в основные и в промежуточные опоры преимущественно с обеих сторон трубопровода. Если число ниток трубопровода две и более, то возможно ограничиться двумя створами марок (по одной марке в крайней левой и в крайней правой опорах).

7.2.13 На оползневых, потенциально неустойчивых склонах осадочные марки должны закладываться в местах, которые определяет геологическая служба проектной организации.

7.2.14 Измерения в опорной высотной сети и по маркам в сооружениях должны выполняться преимущественно методом геометрического нивелирования. В программе наблюдений выполняются расчеты по выбору методики измерений для определения осадок марок в сооружениях с требуемой точностью.

7.2.15 На отдельных участках сетей или в локальных сетях (для определения труднодоступных точек подземных зданий ГЭС, оползневых склонов) должны применяться комбинированные методы измерений, с помощью которых определяют одновременно осадки и горизонтальные смещения:

– измерения электронным тахеометром расстояний, горизонтальных и вертикальных углов;

– измерения спутниковыми системами GPS и ГЛОНАСС. Средняя квадратическая ошибка определения осадок составляет 10 – 15 мм, горизонтальных смещений – 5 – 10 мм и мало зависит от удаленности исходных реперов;

– метод лазерного сканирования, который позволяет определить одновременно положение (в плане и по высоте) большого количества точек (до 1 точки на квадратный метр) и составить топографические планы участков (склона грунтовой плотины, оползневого склона) на момент наблюдений и их изменений в последующих циклах. Средняя квадратическая ошибка определения осадок и горизонтальных смещений составляет 5 мм (закрепленные или имеющиеся на сооружениях четкие контуры, которые можно опознать при обработке) или 10 – 20 мм (поверхность сооружения, склона). Радиус действия лазерного сканера равен примерно 150 м (вокруг опорной точки, на которой установлен сканер). Опорные знаки, на которых устанавливается лазерный сканер, должны иметь координаты, которые определяются с ошибкой примерно в 2 – 2,5 раза меньше ошибок определения смещений.

7.2.16 Аппаратура всех перечисленных методов обязательно должна проходить метрологический контроль. До и после измерений, а также в их процессе должны выполняться технологические поверки аппаратуры, предусмотренные документами федеральной геодезической службы России и Инструкцией по эксплуатации, прилагаемой к каждому прибору фирмой изготовителем.

Методика измерений, обработки и уравнивания измеренных результатов разрабатываются в программе наблюдений.

## 7.3 Контроль горизонтальных перемещений

7.3.1 На крупных гидротехнических сооружениях создают наружные (располагаются на поверхности сооружения и прилегающей территории) и внутренние (в галереях плотин и в прилегающих штольнях) плановые геодезические сети, которые включают плановые знаки опорные (исходные) и определяемые.

7.3.2 Наружные плановые сети представляют собой опорные плановые знаки, закрепленные на берегах и контрольные знаки на сооружениях.

Местоположение, конструкция опорных плановых знаков, методика измерений должна разрабатываться в проекте и в программе наблюдений. Предварительное местоположение опорных знаков должно определяться геодезистами при разработке программы наблюдений и уточняться на месте с геологом проектной организации (для оценки устойчивости знаков).

7.3.3 На грунтовых плотинах небольшой протяженности опорная сеть может состоять из двух опорных знаков на берегах в створе плотины.

7.3.4 Для изучения оползневых, потенциально неустойчивых склонов, подвижек по разломам могут создаваться отдельные, локальные сети. На оползневых склонах с малыми смещениями (1 – 2 мм в год) могут дополнительно применяться обратные отвесы. Якоря отвесов закладывают ниже предполагаемой плоскости скольжения оползня (отметка плоскости

скольжения определяется по данным инженерно-геологических изысканий). При большей скорости смещений возможно применение инклинометров.

7.3.5 Опорная сеть создается измерением электронным тахеометром (линейно-угловые сети), приборами спутниковых измерений (GPS, ГЛОНАСС). До измерений должен быть выполнен метрологический контроль, а в процессе измерений – технологические поверки применяемых приборов, средств измерений.

7.3.6 Внутренние плановые сети могут включать измерения:

- инклинометрические;
- по прямым и обратным отвесам;
- створным методом (прямолинейные галереи и штольни);
- методом полигонометрии (галереи и штольни арочных плотин).

7.3.7 Инклинометры закладывают в основаниях плотин для измерения смещений основания на разных глубинах.

7.3.8 Прямые и обратные отвесы на крупных сооружениях по возможности должны образовывать вертикальные створы измерений. Каждый вертикальный створ включает прямой отвес (или створ прямых отвесов на арочных плотинах и гравитационных плотинах выше 100 м) до наиболее низкой галереи и далее обратный отвес (или группу отвесов с якорями на разных глубинах).

7.3.9 При применении створного метода в каждой секции сооружения закладывают контрольные створные знаки (обычно 2 знака по краям секции). Количество створов зависит от высоты сооружения и наличия в нем галерей и составляет от одного – двух на плотинах высотой до 100 м и до трех – четырех в более высоких плотинах.

7.3.10 При применении метода полигонометрии в галерее плотины также закладывают по 2 контрольных знака по краям секции и дополнительные контрольные знаки в прилегающих к галерее штольнях. Ходы полигонометрии прокладывают на одном – двух уровнях в плотинах высотой до 100 м и на двух – четырех в более высоких плотинах.

7.3.11 На бетонных сооружениях створные и полигонометрические измерения нескольких уровней могут быть связаны между собой с помощью отвесов в единую внутреннюю плановую сеть. Уравнивание измерений в единой внутренней сети осуществляют по смещениям знаков (координаты знаков в единой системе координат не определяют).

## 7.4 Контроль фильтрационного режима

7.4.1 В составе фильтрационных наблюдений должен быть предусмотрен контроль за положением депрессионной поверхности в теле плотины и берегах, за распределением пьезометрических напоров в области фильтрации плотины и основания, за фильтрационными расходами,

поступающими через противофильтрационные элементы и основание, за развитием порового давления воды в глинистых элементах тела плотины, а также за температурой фильтрующейся воды и, при необходимости, ее химическим составом.

7.4.2 Для наблюдений за положением депрессионной поверхности в теле фильтрующей плотины и в берегах применяются пьезометры различного типа, датчики давления воды. Пьезометры и телеметрические датчики размещаются в сечениях, перпендикулярных оси плотины, а также вдоль линий примыкания плотины к бетонным сооружениям и к берегам.

Первый по линии тока измерительный прибор устанавливается на гребне плотины вблизи бровки напорного откоса. Последний - у входа фильтрационного потока в дренаж, а промежуточные – на бермах низового откоса.

В случаях, когда дренажное устройство трубчатого или банкетного типа глубоко заведено в тело плотины (типичное решение для районов сурового климата), то за дренажем следует установить пьезометр, контролирующий работу дренажного устройства.

7.4.3 Размещение наблюдательных точек для измерения напоров фильтрационных вод в поперечном сечении следует выбирать таким образом, чтобы на основании наблюдений по ним можно было бы оценить эффективность противофильтрационных и дренажных устройств, размещенных в теле плотины и ее основании.

7.4.4 Заложение водоприемников пьезометров должно быть ниже минимально ожидаемого уровня воды. В том случае, если в пьезометрах предполагается использование датчиков давления, минимальная глубина воды в пьезометре должна быть не менее 1,0 – 2,0 м.

7.4.5 Для контроля положения поверхности грунтовых вод в пойменных участках также должны устанавливаться пьезометры.

7.4.6 Избыточное поровое давление в глинистых экранах, ядрах, основаниях следует измерять датчиками давления ПДС (пьезодинамометры), устанавливаемыми в толще грунта одновременно с возведением сооружения. Схема их размещения определяется проектом.

7.4.7 Для замера величин фильтрационного расхода в дренажах и на выпусках из дренажа должны устанавливаться смотровые колодцы, оборудованные водомерными устройствами. Колодцы располагаются в конце каждого из характерных контролируемых участков плотины. На открытых дренажах (канавы, кюветы) должны устанавливаться мерные водосливы треугольного или трапецеидального профилей. Установка водомерных устройств должна предусматриваться проектом.

7.4.8 Пьезометры, смотровые колодцы, канавы и трубы для отвода профильтровавшейся воды следует защищать от возможного промерзания применением теплоизоляции или электрообогревательных устройств.

## 7.5 Контроль противодавления

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

7.5.2 Размещение наблюдательных точек в пределах подземного контура следует проводить на основе фильтрационного расчета, с помощью которого определяется так называемая сетка фильтраций, представленная пересечением эквипотенциалей и линий тока.

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

7.5.4 Устья закладных и опускных пьезометров должны быть выведены в легко доступные места для наблюдения за показаниями пьезометров. В районах с длительными отрицательными температурами воздуха не допускается вывод устья напорных пьезометров на наружную поверхность или в неотапливаемые помещения, температура в которых может быть ниже 0° С.

Устья напорных пьезометров должны быть оборудованы манометрами соответствующих параметров или дистанционными датчиками давления.

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

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

7.5.7 Количество датчиков в каждом створе должно быть достаточным для построения эпюры давления. Для этого до дренажа, в зависимости от

расстояния его от напорной грани, устанавливается не менее 6-7 датчиков, после дренажа – 1-2 датчика.

## 7.6 Контроль температурного режима и уровней воды

7.6.1 Температурный режим в теле бетонных и грунтовых плотин измеряется дистанционными температурными датчиками. Особую важность имеют измерения температур в плотинах, построенных в северной климатической зоне. Сооружения, построенные в этих условиях, должны быть оснащены системой измерения температуры как в теле плотины, так и в ее основании с целью контроля температурного режима.

7.6.2 Размещение температурных преобразователей (датчиков) в контролируемых зонах, створах, сечениях или в отдельных элементах плотины и основания должно производиться таким образом, чтобы полученной информацией от измерений обеспечивалось:

– построение температурного поля в заданных границах;

– установление тенденции в изменении контролируемого температурного режима во времени в необходимом интервале (сутки, декада, месяц, год, многолетний период);

7.6.3 В основании плотины, расположенной в криолитзоне, термодатчики располагают в скважинах. Глубина заложения датчиков определяется глубиной мерзлотной или цементационной завес и предполагаемым изменением температуры основания в связи с возведением сооружения и наполнением водохранилища. Для исследований температуры в зонах вечной мерзлоты необходимо применять термометры, обеспечивающие точность измерений 0,1 °С. В контролируемой области датчики температуры следует размещать по квадратной или прямоугольной сетке, обеспечивающей гарантированное фиксирование границ мерзлоты и динамику изменения положения нулевой изотермы.

7.6.4 В плотине мерзлого типа термодатчики размещают как в зоне, играющей роль противофильтрационного элемента (например, мерзлотной завесы), так и по ее периферии для гарантированной фиксации границ мерзлоты и их перемещения во времени.

7.6.5 В плотинах талого типа (фильтрующих) датчики температуры размещаются в противофильтрационных элементах (ядре, экране), в переходных фильтровых зонах и в зонах высачивания фильтрационного потока через основание или в специальное дренажное устройство. При этом данными наблюдений должна гарантироваться однозначная оценка температурного состояния этих элементов ("мерзлое" или "талое" состояние), а также определение скорости прохождения через них температурной волны или продвижения к ним нулевой изотермы. При наличии в основании

засоленных вод должна контролироваться температура фазового перехода основания от мерзлого к талому состоянию.

7.6.6 В береговых примыканиях плотины, сложенных вечномерзлыми грунтами, должна быть оборудована сеть термодатчиков, контролирующих их состояние, в том числе процесс возможной деградации мерзлоты от отепляющего воздействия водохранилища.

7.6.7 Температурный режим водохранилища контролируется системой датчиков с шагом 5-10м, устанавливаемых на жесткой штанге или гибком тросе с грузом, уложенных по верховому откосу плотины от гребня до дна.

7.6.8 Измерение уровня верхнего бьефа должно проводиться в двух точках при длине напорного фронта менее 500 м. Датчики следует устанавливать на водоприемнике и плотине у правого и левого берега. При наличии перекоса уровней, нагона и большой длине напорного фронта число датчиков следует увеличить.

7.6.9 Уровни бьефов и перепады на сороудерживающих решетках следует измерять с помощью устройств с дистанционной передачей показаний на центральный пульт управления. Контроль уровней бьефов и перепада на решетках должен быть постоянным.

Для возможности периодической проверки правильности показаний измерительных устройств бьефы гидроузлов должны оборудоваться водомерными рейками.

7.6.10 Измерение уровней нижнего бьефа должно проводиться на выходе воды из отсасывающих труб гидромашины и на отводящем канале в створе установившегося движения потока воды при работающих водосбросах.

Точность измерения уровней, напора и перепада уровней на сороудерживающих решетках должна быть не ниже ±2 - 5 см.

Измерение расхода воды через гидромашины и донные водосбросы следует выполнять с помощью перепадомеров. Отбор давления следует осуществлять в мерном створе спиральной камеры гидромашины донного водосброса. Предел допустимой погрешности измерения разности давлений в мерном створе не должен превышать ±0,5 %.

7.6.11 Гидрометрические посты в верхнем и нижнем бьефах гидроузла, а также на деривационных каналах должны быть оборудованы системой записи или системой передачи данных. Обработку полученной информации следует производить систематически.

## 7.7 Специальные исследования

7.7.1 Исследование напряженного состояния бетона в натурных условиях осуществляется путем измерения деформаций бетона и последующего вычисления напряжений на основе теории упругости и пластичности.

Деформации внутри бетона измеряют с помощью закладных тензометров, а деформации на поверхности – с помощью накладных тензометров.

7.7.2 Расположение приборов в сооружении зависит от типа сооружения и свойств основания этого сооружения.

При размещении тензометров их следует располагать в плоскостях, параллельных ближайшим наружным вертикальным плоскостям блоков, а геометрические центры приборов должны находиться по возможности на одном уровне.

7.7.3 Розетка из девяти приборов применяется в случае исследования пространственной системы напряжений, действующих в данной точке сооружения.

«Розетка» из пяти приборов устанавливается, если напряженное состояние сооружения в данной точке можно рассматривать как случай плоской деформации. Пятый прибор, установленный перпендикулярно к плоскости основной «розетки» из четырех приборов, дает возможность определить величину плоской деформации и учесть ее при вычислении напряжений.

«Розетка» из четырех тензометров устанавливается в случае, если напряженное состояние сооружения в данной точке можно рассматривать (с известным допущением) как плоское.

Группа из двух приборов устанавливается в случае, если необходимо измерить деформации или напряжения только в двух взаимно перпендикулярных направлениях, а измерение главных и касательных напряжений не представляет для исследования интереса. Причем, напряженное состояние заведомо таково, что напряжениями в третьем направлении можно пренебречь или оно заранее известно (напряжения у поверхности сооружения, элементы, изогнутые в двух направлениях, напряжения вокруг трубопровода).

Одиночные тензометры устанавливаются при исследованиях напряженного состояния тонких и длинных плит, балок, бетонных арок, подпорных стенок и других изгибаемых или внецентренно сжатых конструкций.

7.7.4 Тензометры для бетона необходимо устанавливать в тех местах сооружений, для которых имеются данные о напряжениях, полученные либо расчетным путем, либо путем лабораторного испытания моделей. Сопоставление расчетных и замеренных в натуре величин дает возможность наиболее полно оценить состояние сооружений и полученные результаты исследований.

7.7.5 На высоких грунтовых плотинах I и II классов проводятся наблюдения за напряженным состоянием грунта в теле и основании плотины с целью оценки прочности и устойчивости ее и степени завершенности процесса консолидации грунта. Этими наблюдениями устанавливаются

значения напряжений в скелете грунта и порового давления воды, насыщающей грунт.

Наблюдения за напряженным состоянием грунта осуществляются при помощи закладных грунтовых динамометров и пьезодинамометров, устанавливаемых один вблизи другого:

а) в теле плотины, возведенной из глинистых грунтов;

б) в глинистом экране или ядре плотины;

в) на поверхностях сопряжения ядра (экрана) и диафрагм с упорными призмами плотины;

г) на поверхностях бетонных сооружений, прилегающих к телу плотины (динамометры).

7.7.6 В основании опытной секции грунтовые динамометры располагаются не менее, чем в трех створах, перпендикулярных оси плотины, один из которых находится в середине секции, а два – у ее краев.

Если ширина секции больше 30 м, измерительные створы должны располагаться не реже, чем через 10–12 м. Крайние створы находятся на расстоянии 2–3 м от шва, разделяющего одну секцию от другой.

7.7.7 В плотинах с грунтовыми ядрами (экранами) возможно измерение относительной деформации ядра (экрана) при помощи деформометров, устанавливаемых в местах, где ожидаются наибольшие относительные деформации.

В плотинах с жесткими экранами и диафрагмами целесообразны измерения деформации бетона и металла при помощи тензометров.

7.7.8 Датчики пульсации давления могут быть установлены как на горизонтальных, так и на вертикальных поверхностях сооружения. Схема расположения этих датчиков в сооружении должна быть увязана с данными расчета или модельных испытаний.

7.7.9 Для измерения усилий в стержнях арматуры железобетонных и армобетонных конструкций следует применять арматурные динамометры.

7.7.10 Арматурный динамометр должен быть установлен (вварен в арматуру) практически в любом месте, причем желательно выбирать местоположение динамометров в соответствии с расчетной эпюрой изгибающих моментов, действующих на конструкции, или нормальных растягивающих усилий.

7.7.11 Каждая измерительная точка должна состоять из нескольких приборов, расположенных либо на соседних стержнях, либо через один или два стержня. Динамометры по возможности не следует вваривать в криволинейные участки арматуры исследуемой конструкции.

7.7.12 Перед установкой в ответственные сооружения каждый арматурный динамометр вместе с удлинителями должен быть испытан на растяжение до расчетной нагрузки, приходящейся на рабочий стержень.

Арматурный динамометр тарируется непосредственно на усилия.

# 8 Требования, обеспечивающие сохранность и работоспособность, а также консервацию и утилизацию КИС и КИА

8.1 Фундаментальные и рабочие реперы должны проектироваться в тесной увязке с генеральным планом застройки площадки, то есть для закладки реперов на площадке должны выбираться такие места, где гарантируется сохранность и неизменяемость заложенных реперов, и, кроме того, обеспечивается возможность свободного подхода к ним на всем протяжении строительства и эксплуатации.

8.2 Установленная на сооружениях контрольно-измерительная аппаратура должна иметь защиту от внешних природных воздействий и защиту от проявлений вандализма и любых других, не предусмотренных проектом, технических воздействий.

Измерительные части осадочных марок и щелемеров, устанавливаемых на бетонных и грунтовых сооружениях, должны изготавливаться из нержавеющего материала или иметь антикоррозийную защиту.

Измерительные части осадочных марок и щелемеров должны быть защищены завинчивающимися или закрывающимися на специальный замок крышками. Места установки осадочных марок и щелемеров должны быть защищены от скапливания воды, мусора, грязи.

Устья пьезометров должны быть закрыты крышками со специальными запорами, защищающими их от возможности открытия и повреждения посторонними лицами [2, 4, 6].

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

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

8.5 При появлении сигналов о засорении и снижении работоспособности дренажа следует организовать принудительную

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

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

8.7 Закладные приборы, устанавливаемые в процессе строительства сооружений, должны монтироваться специалистами.

8.8 Кабельные коммуникации от приборов до пульта должны быть защищены от внешних повреждений и возможности их похищения.

8.9 Установка геодезической сети, а также опускных пьезометров и прямых и обратных отвесов должна выполняться специалистами в составе изыскательских экспедиций или других организаций, профессионально занимающихся этой деятельностью.

8.10 Монтаж и наладка аппаратуры для специальных исследований должна осуществляться специалистами под надзором авторов проекта размещения КИА или фирмами-изготовителями контрольно-измерительной аппаратуры.

8.11 Состояние контрольно-измерительной аппаратуры должно проверяться в сроки, указанные в местной производственной инструкции; результаты проверки должны заноситься в ведомости.

8.12 После окончания срока эксплуатации все КИС и КИА, не представляющие опасности для жизни, здоровья людей или окружающей среды, подлежат утилизации в соответствии с установленным порядком. При этом до вывоза на пункты приема вторичного сырья оборудование и конструкции должны быть разобраны и рассортированы.

Тяжелые металлы, ртутьсодержащие компоненты, отработанный кислотный и щелочной электролит и другие вредные для окружающей среды и здоровья человека вещества должны направляться на переработку на предприятия, имеющие лицензии на осуществление соответствующей деятельности.

# 9 Порядок приемки и ввода в эксплуатацию КИС и КИА

## 9.1 Общие положения

9.1.1 При сдаче сооружений в эксплуатацию строительная организация (генеральный подрядчик) должна передать заказчику контрольно-измерительную аппаратуру и все данные наблюдений по ней, а проектная организация (генеральный проектировщик) – результаты анализа данных натурных наблюдений, инструкции по организации наблюдений, методики обработки и анализа натурных измерений.

9.1.2 Проектная или специализированная научная организация должны разрабатывать для каждого напорного гидротехнического сооружения критерии его безопасного состояния.

9.1.3 Вся контрольно-измерительная аппаратура должна быть защищена от повреждений, а отдельные средства измерений – от возможных промерзаний, иметь четкую маркировку и, в случае необходимости, яркие предупредительные знаки.

Пульты с выводами от дистанционной закладной контрольно-измерительной аппаратуры должны располагаться в помещениях, защищенных от атмосферных осадков и имеющих защиту от несанкционированного проникновения.

## 9.2 Геодезическая сеть

9.2.1 Приемка и сдача в эксплуатацию геодезической сети проводится по стандартным правилам прикладной геодезии. В каждом цикле уравниванию измеренных величин должен предшествовать их анализ с целью получения данных о точности измерений.

9.2.2 Общая оценка качества выполняемых наблюдений делается на основании анализа результатов, полученных из нескольких циклов наблюдений.

9.2.3 По результатам установки геодезической сети оформляются ее паспортные материалы, содержащие схему расположения всех реперов, осадочных марок и визирных знаков, конструкцию знаков с описанием их установочных характеристик.

## 9.3 Пьезометры

9.3.1 После установки пьезометры должны быть проверены на пригодность к работе (чувствительность). Чувствительность пьезометров

определяется посредством налива или желонирования. В обязательном порядке после обустройства пьезометра должна производиться прокачка желонкой, эрлифтом или насосами продолжительностью не менее 1 бригадо-смены. Для проверки состояния пьезометра опытная откачка не проводится (опытная откачка производится не менее чем при двух понижениях с продолжительностью откачки не менее 1 ÷ 5 суток на каждое понижение).

Затем выполняется систематическое наблюдение за снижением или восстановлением уровней воды во времени.

Динамика процесса снижения (восстановления) уровня характеризует качество работы пьезометра.

9.3.2 В базу паспортных данных на каждый пьезометр должны быть заведены следующие данные:

– место установки прибора с плановыми привязками устья пьезометра к осям и пикетажу сооружения;

– отметки устья водоприемника, отстойника;

– кривая зависимости снижения уровня воды в пьезометре при его первичном заполнении;

– рабочий номер пьезометра в системе наблюдений и др. сведения.

9.3.3 При бурении скважин под пьезометр обязательно следует вести описание грунтов, вынутых из скважины с фиксированием глубин их залегания.

## 9.4 Щелемеры

9.4.1 Началом эксплуатации щелемеров является момент выполнения первого измерения, принимаемого за нулевой отсчет.

9.4.2 Проверка работоспособности плоских и пространственных щелемеров осуществляется путем взятия отсчетов в первых двух циклах наблюдений. В паспорте щелемера должны быть указаны его координаты, формулы для пересчета перемещений, начальный отсчет с указанием даты, температуры наружного воздуха и других внешних условий в момент снятия отсчетов.

9.4.3 При повреждении одной или нескольких марок щелемеров производится новая закладка и обетонирование марок.

Первый замер по вновь установленным маркам делается не ранее, чем через 3 ÷ 5 дней после обетонирования закладных элементов щелемера.

## 9.5 Приборы для специальных исследований

9.5.1 Обработка данных с дистанционных приборов начинается с перевода показаний вторичных приборов в физические величины

(измеренные деформации, раскрытия швов) с учетом систематических погрешностей измерений. При наличии флуктуации необходимо провести их анализ для исключения ошибок и выявления объективных аномальных показаний, связанных с раскрытием трещин, динамическими нагрузками.

9.5.2 Достоверность показаний датчиков проверяется несколькими способами:

- проверкой флуктуации повторным измерением;
- статистическими методами обработки;
- сопоставлением изменений деформаций с температурой;
- анализом скачкообразных изменений (раскрытие швов, трещин);
- проверкой на инвариантность (для розеток телетензометров).

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

Подсчет напряжений проводится по измеренным деформациям с учетом изменений во времени модуля упруго-мгновенных деформаций и меры ползучести, полученных экспериментально или выбранных по аналогии.

# 10 Требования к созданию автоматизированных систем опроса контрольно-измерительной аппаратуры

## 10.1 Общие положения

10.1.1 АСО КИА (автоматизированная система опроса контрольно-измерительной аппаратуры) – система, состоящая из средств автоматизации и компьютерных устройств, должна включать в себя измерительные устройства, используемые для контроля состояния и безопасности ГТС электростанции. Программно-технический комплекс АСО КИА создается на основе современных микропроцессорных устройств и датчиков серийного (промышленного) производства, а при необходимости и на основе индивидуально разработанных средств измерения. АСО КИА должна являться составной частью АСДК ГТС – автоматизированной системы диагностического контроля безопасности ГТС. АСДК ГТС представляет собой интегрированную систему, включающую в себя АСО КИА и информационно-диагностическую систему (ИДС) контроля безопасности ГТС. При необходимости АСДК ГТС интегрируется с автоматизированной системой предприятия (АС П), в данном случае гидроэлектростанции, или с

автоматизированной системой (АС) вышестоящего уровня. При этом АСО КИА выступает как подсистема дистанционного контроля состояния ГТС в составе АСДК ГТС.

10.1.2 Создание АСО КИА включает в себя следующие основные этапы:

- разработка технического задания на АСО КИА;
- согласование и утверждение технического задания заказчиком системы;
- разработка технорабочего проекта и сметной документации АСО КИА;
- комплектация, изготовление, закупка аппаратуры и оборудования для АСО КИА;
- строймонтажные работы по реализации проекта АСО КИА;
- разработка программного обеспечения, пусконаладочные работы;
- выполнение работ по интеграции АСО КИА с информационно-диагностической системой контроля состояния ГТС, а при необходимости также с автоматизированными системами вышестоящего уровня;
- опытно-промышленные работы (временная эксплуатация АСО КИА для ее испытания) и подготовка документации, требующейся для эксплуатации системы;
- сдача системы заказчику в промышленную эксплуатацию.

10.1.3 Техническое задание на АСО КИА является основным документом, определяющим условия создания, технические требования, порядок разработки, осуществления, испытаний и приемки при вводе системы в действие. ТЗ на АСО КИА разрабатывается как на систему (подсистему), предназначенную для работы самостоятельно или в составе АСДК ГТС.

10.1.4 В требованиях к АСО КИА должны указываться поэтапность разработки и внедрения АС, допустимые пределы развития и модернизации системы, показатели ее использования в составе мониторинга за безопасностью ГТС. АСО КИА должна обеспечивать минимально необходимый уровень диагностического контроля технического состояния гидротехнических сооружений.

10.1.5 Исходные данные для разработки АСО КИА эксплуатируемой электростанции должны включать в себя сведения о размещении КИА, результаты натурных наблюдений по КИА, подлежащей автоматизации, за весь период эксплуатации, условия эксплуатации КИА и техническое задание заказчика на создание АСО КИА. Для проектируемых ГЭС в качестве исходных должны использоваться данные проекта оснащения сооружений КИА, а в техническом задании заказчика должны быть указаны сведения об ожидаемых (расчетных) показаниях автоматизируемой КИА (диапазон измеряемых величин и показаний датчиков, а также их критериальные значения, соответствующие критериям безопасности ГТС), условия

эксплуатации КИА и др. сведения, необходимые для проектирования системы.

10.1.6 АСО КИА предназначена для автоматизации инструментальных наблюдений по КИА путем ее периодического опроса и передачи данных измерений в ИДС контроля безопасности ГТС гидроэлектростанции. В разделе «Назначение АСО КИА» технического задания и рабочего проекта системы указываются перечни объектов контроля и КИА, которая подлежит автоматизации [3, 5].

10.1.7 При создании АСО КИА должна использоваться существующая сеть измерительных устройств эксплуатируемых на гидротехнических сооружениях электростанции, а при необходимости автоматизация КИА может осуществляться одновременно с модернизацией и расширением существующей сети КИА.

10.1.8 АСО КИА в составе АСДК ГТС обеспечивает в автоматическом режиме постоянный надзор за режимом работы и состоянием ГТС, а также выдачу предупреждения о превышении критериальных значений диагностических показателей состояния (критериев безопасности), разработанных и утвержденных в установленном порядке.

10.1.9 Внедрение АСО КИА в составе АСДК ГТС должно обеспечить:

– повышение точности, надежности и достоверности результатов натурных наблюдений;

– повышение оперативности контроля и диагностирования состояния ГТС гидроузла. Постоянный контроль работоспособности КИА в процессе мониторинга состояния ГТС;

– достижение качественно нового эффекта при проведении инструментальных наблюдений (В ряде случаев повышенная частота опроса датчиков по сравнению с ручным опросом КИА позволяет осуществлять регистрацию и анализ нестационарных процессов, связанных с быстрыми изменениями режима работы ГЭС);

– снижение трудозатрат и исключение ошибок в процессе опроса КИА и ввода данных в базу данных.

## 10.2 Требования к АСО КИА в целом

10.2.1 Основные технические требования к АСО КИА:

– надёжность;

– функциональность;

– открытость;

– совместимость с другими подсистемами контроля ГТС;

– самоконтроль датчиков и аппаратуры;

– удобство при ремонте, возможность проведения ремонта аппаратуры путем ее блочной замены;

– обеспечение эксплуатационной проверки работоспособности датчиков и каналов связи;

– надежность результатов, получаемых при обработке измерительной информации;

– ремонтопригодность и возможность замены вышедших из строя контрольно-измерительной аппаратуры и отдельных элементов АСО КИА;

– обеспечение безопасного проведения наблюдений, эксплуатационного и технического обслуживания контрольно-измерительных систем и аппаратуры, включая их ремонт и замену.

10.2.2 АСО КИА должна удовлетворять, прежде всего, требованиям по функциональности и совместимости всех уровней и компонентов системы в целом. Все технические средства АСО КИА должны обеспечивать их работу в условиях промышленной эксплуатации, имеющих место на сооружениях гидроэлектростанции.

10.2.3 Общая концепция построения АСО КИА должна быть основана на следующих принципах:

– использование, как правило, серийных датчиков промышленного производства для выполнения инструментальных наблюдений различного вида. В отдельных случаях при необходимости могут использоваться измерительные устройства индивидуального изготовления, при условии, что они имеют унифицированный выходной сигнал;

– применение системы автоматизированного контроля «открытого» типа, позволяющей наращивать АСО КИА по мере необходимости с применением датчиков и аппаратуры от различных производителей.

Распределенная система дистанционного контроля строится на основе технологии «промышленной сети» с использованием серийно выпускаемых модулей и контроллеров как элементной базы системы удаленного сбора данных.

АСО КИА должна обеспечивать, как правило, сквозную передачу данных от первичных датчиков до центрального пульта сбора данных, выполняемого на базе промышленного компьютера-сервера. На выходе АСО КИА интегрируется с информационно-диагностической системой (ИДС) контроля ГТС, которая автоматически передает результаты измерений в общую базу данных АСДК ГТС.

10.2.4 Информационно-диагностическая система (ИДС) контроля безопасности ГТС, как заключительное звено АСДК ГТС, должна получать данные от АСО КИА в автоматическом режиме, проводить анализ полученных данных и автоматически выдавать диагностические сообщения об отклонениях показателей состояния от критериев безопасности. ИДС должна быть программно совместима с АСО КИА, обеспечивать архивацию и хранение полученной информации, содержать ранее разработанные блоки действующих на станции информационно-диагностических подсистем.

10.2.5 АСО КИА должна быть «открытой системой», то есть построенной на основе стандартов, поддерживаемых большим числом фирм-

производителей аппаратуры, и удовлетворяющей требованиям по функциональности, надежности, совместимости и взаимозаменяемости. Открытая система автоматизации должна обладать следующими свойствами:

– взаимодействие и совместимость – возможность построения работоспособной сети на основе компонентов и устройств от разных производителей;

– взаимозаменяемость – возможность замены компонентов аналогичными устройствами от других производителей.

10.2.6 Технические требования к функциональности АСО КИА:

– система должна обеспечивать автоматизированный опрос датчиков, сбор информации, ее хранение, обработку, передачу и анализ в информационно-диагностической системе (ИДС) контроля безопасности ГТС;

– система осуществляет периодический автоматический опрос датчиков по заданному временному режиму; одновременно должна существовать возможность запуска опроса вручную оператором;

– система производит обработку измерительной информации: пересчет отсчетов в показания, при необходимости осреднение данных по заданным правилам, визуализацию результатов опроса КИА, определяет работоспособность датчиков и каналов связи, выполняет сравнение показаний с пределами измерений.

– АСО КИА должна формировать информационный пакет данных натурных наблюдений с сохранением всей информации в памяти сервера - промышленного компьютера и в архивах на независимых электронных носителях; должна создавать и хранить протоколы ошибок и сбоев в работе системы [1, 2].

## 10.3 Требования к техническим средствам АСО КИА

10.3.1 Выбираемая для АСО КИА контрольно-измерительная, телекоммуникационная аппаратура и компьютерная техника должны быть оптимизированы с точки зрения функциональности, надежности, совместимости и соотношения цена-качество.

10.3.2 В комплексе технических средств АСО КИА должны использоваться современные унифицированные средства серийного производства со сроком службы не менее 10 лет.

10.3.3 В качестве первичных датчиков (измерительных преобразователей) должны использоваться датчики серийного (промышленного) типа, удовлетворяющие требованиям по точности, диапазону измерений, долговременной стабильности, защищенности от внешних воздействий, метрологической аттестации и периодичности поверки. Должны использоваться датчики, сертифицированные в России. Требования к техническим средствам по обеспечению нормативной

погрешности получаемых результатов должны назначаться индивидуально в зависимости от видов наблюдений и технических характеристик средств измерений и систем контроля работоспособности аппаратуры.

10.3.4 При сборе и обработке аналоговых сигналов от первичных датчиков должны обеспечиваться:

– периодический опрос датчиков аналоговых сигналов с требуемой частотой опроса;

– проверка достоверности полученной информации;

– формирование инициативных сигналов при выходе измеряемых параметров за граничные значения.

10.3.5 Требования к телекоммуникациям: должны использоваться проводные и/или радиомодемные линии связи на основе технологии «промышленной сети» с унифицированным интерфейсом обмена информацией и с применением, как правило, «шинной» конфигурации цифровой сети. Для повышения надежности системы должна применяться сегментация цифровых линий сети с ограничением числа каналов, подключенных к одному сегменту цифровой линии сети.

## 10.4 Требования к программно-техническому комплексу

10.4.1 Программно-технические комплекс (ПТК), используемый в АСО КИА, должен выполняться на основе унифицированных технических, программных и информационных средств с использованием минимального числа типов и конструкций аппаратуры и телекоммуникационного оборудования. Конфигурация системы и технических средств не должны ограничивать возможность расширения АСО КИА.

10.4.2 Средства ПТК должны обеспечивать уровень надежности, соответствующий требованиям технического задания на АСО КИА.

10.4.3 Процедура обмена информацией с удаленными датчиками должна управляться программой, установленной на сервере в центральном пульте сбора информации. Центральный пульт системы автоматического сбора данных должен находиться, как правило, в серверном помещении, имеющемся на ГЭС. Сервер используется как средство постоянного хранения всей информации, получаемой с автоматизированных датчиков (включая протоколы ошибок и сбоев в работе системы опроса КИА). Сервер должен входить в локальную компьютерную сеть электростанции, иметь соответствующую СУБД для работы ИДС контроля безопасности ГТС, обеспечивать передачу информации на рабочие места эксплуатационной и технической служб ГЭС и в АС вышестоящего уровня.

## 10.5 Требования к видам обеспечения

10.5.1 При создании АСО КИА должны быть разработаны следующие виды обеспечения:

- техническое;
- информационное;
- метрологическое;
- программно-лингвистическое;
- организационно-методическое.

10.5.2 Для технического обеспечения в техническом задании приводят требования к типам технических средств и их комплексов, к конструктивным, функциональным и эксплуатационным характеристикам технических средств и комплектующих изделий, допустимых к использованию в АС, а также требования к конструкторской технической документации и ее согласованию с Заказчиком.

10.5.3 Для информационного обеспечения формулируют требования к составу, структуре и способам организации данных в системе, к информационному обмену между АСО КИА и ИДС, к информационной совместимости с внешними АС, к защите данных от разрушений при сбоях в электропитании, к контролю за хранением, обновлением и восстановлением архивов информации.

10.5.4 В требованиях к метрологическому обеспечению устанавливают:

- требования к погрешности и диапазону измерений;
- к метрологическим характеристикам измерительных каналов;
- к перечню измерительных каналов с регистрацией пределов измерений для них;
- требования к метрологической аттестации средств измерения;
- требования к совместимости технических средств.

10.5.5 Программно-лингвистическое обеспечение заключается в выборе программных продуктов общего пользования, к разработке требований к применению в системе языков программирования высокого уровня и языков взаимодействия пользователей и технических средств АС, независимости программных средств от версии операционной системы, согласования разрабатываемых программ для разных модулей системы.

10.5.6 Организационно-методическое обеспечение достигается за счет требований к структуре подразделений, эксплуатирующих и поддерживающих АСО КИА, требований к составу нормативно-технической документации компонентов системы, их сертификации, согласованию с действующими нормативами и методиками.

## 10.6 Состав работ при создании АСО КИА

При создании АСО КИА необходимо обеспечить выполнение следующих требований.

10.6.1 Разработать общую структуру и принципы построения системы АСО К0ИА с учетом задания заказчика и возможности ее поэтапного расширения в дальнейшем на другие типы КИА и объекты (сооружения) гидроузла.

10.6.2 Выполнить проектирование АСО КИА и ее структурных элементов на стадии технического и рабочего проектов в целом и на стадии рабочего проекта для отдельных этапов создания АСО КИА.

10.6.3 Провести анализ данных натурных наблюдений за 10-15 последних лет, установить перечень КИА, подлежащей автоматизации с определением необходимых пределов измерений первичных датчиков.

10.6.4 Обеспечить подбор и комплектацию первичных датчиков, вторичной аппаратуры, оборудования для телекоммуникаций, электропитания датчиков и аппаратуры, центрального пульта на базе промышленной аппаратуры, серийных контроллеров, компьютерной техники промышленного и общего назначения.

10.6.5 Выполнить анализ применимости датчиков несерийного (индивидуального) производства для отдельных видов наблюдений.

10.6.6 Подготовить пояснительную записку с описанием выбора аппаратуры, ее технических характеристик, объемов работ, кабельных спецификаций, нормативных актов и прочих документов.

10.6.7 Разработать предложения к ППР и сметно-финансовые расчеты для реализации каждого этапа АСО КИА.

10.6.8 Обеспечить размещение и реализацию заказов на изготовление и комплектацию датчиков, аппаратуры, телекоммуникационного оборудования, кабельной продукции, программного обеспечения и др.

10.6.9 Выполнить строймонтажные работы на объекте, шефмонтаж, пуско-наладочные работы, разработку и отладку программного обеспечения.

10.6.10 Обеспечить опытно-промышленную (временную) эксплуатацию, аттестацию и испытания технических средств системы для каждого этапа АСО КИА, подготовить исполнительную и эксплуатационную документацию, обеспечить сдачу системы в промышленную эксплуатацию.

## 10.7 Требования к эксплуатационной документации (инструкции пользователя)

Комплект эксплуатационной документации должен предусматривать в своем составе:

– технические описания отдельных компонентов, программного обеспечения и системы в целом, включая описание режима работы АСО КИА;

– техническую документацию по монтажу, наладке и обслуживанию, методические указания по техническому обслуживанию;

– комплект программных средств на внешних носителях (CD) со средствами инсталляции;

– методику и программу проведения пусковых испытаний;

– паспорта-протоколы по всем компонентам системы;

– комплекты структурных, принципиальных и монтажных схем устройств, схем подключения, сборочных и габаритных чертежей;

– инструкцию для эксплуатационного персонала, в которой должны быть отражены необходимые операции по техническому обслуживанию, выводу в ремонт, вводу в работу, испытаниям, поверкам;

– регламент выполнения технического обслуживания и планово-профилактических ремонтов, в том числе перечень возможных неисправностей и способы их устранения, потребность в расходных материалах;

– программы (методики) поверки средств измерения утвержденного типа;

– действующие документы органов Госстандарта об утверждении типа средств измерения, свидетельства о метрологической поверке измерительных средств и комплексов

– условия утилизации технических средств.

# 11 Требования к размещению приборов и устройств для контроля и управления режимами ГЭС

11.1 Для ведения оперативного контроля за режимом водотока измерениям подлежат:

– уровни воды в верхнем и нижнем бьефах;

– перепады уровней воды на сороудерживающих устройствах;

– потери напора на деривации;

– значения расходов воды, пропускаемых через гидротурбины и водосбросные сооружения;

– величины и длительность открытия водосбросных отверстий;

– температуры воды и воздуха.

11.2 Створ для измерения уровня воды в верхнем бьефе должен быть расположен в аванкамерах ГЭС. Если створ устанавливается перед плотиной, то местоположение его должно быть за кривой спада, не ближе 5 $H$ от гребня водосливной плотины ($H$ – максимальный напор на водосливе). Створ для измерения уровней воды в нижнем бьефе должен быть размещен на

некотором удалении от выходного сечения отсасывающих труб, за концевым сечением участка сопряжения отсасывающих труб с отводящим руслом, где отсутствует влияние сосредоточенных струй потока.

11.3 Уровни бьефов и перепады на сороудерживающих решетках следует измерять с помощью устройств с дистанционной передачей показаний на центральный пульт управления. Контроль уровней бьефов и перепада на решетках должен быть постоянным.

11.4 Учет стока (расхода) воды на ГЭС включает определение стока (расхода) воды через гидротурбины, водосбросные и водопропускные сооружения, а также все виды утечек и фильтрации в створе ГЭС.

# 12 Требования к метрологическому обеспечению единства измерений

Все применяемые для контроля состояния ГТС средства измерений (СИ) должны отвечать требованиям Федерального закона «Об обеспечении единства измерений».

## 12.1 Метрологическое обеспечение средств измерений (СИ) индивидуального и стандартизованного типа КИА

12.1.1 Применяемые в качестве КИА измерительные устройства индивидуального или стандартизованного типа должны быть сертифицированы в качестве средств измерений, иметь метрологические аттестаты и/или калибровки, а также методики выполнения измерений (МВИ), содержащиеся в руководствах по эксплуатации средств измерений утвержденных типов.

12.1.2 Метрологические аттестаты, калибровки и МВИ предоставляются изготовителями СИ в соответствии с действующими нормативными документами государственной системы обеспечения единства измерений. Требование к МВИ не распространяется на случаи, когда характеристики погрешности измерений определяют в процессе или после их применения. Порядок разработки и применения, а также требования к таким МВИ определяют ведомства, применяющие эти МВИ.

12.1.3 СИ стандартизованного типа должны иметь нормируемые метрологические характеристики, установленные согласно соответствующему национальному стандарту.

Используемые в качестве КИА СИ подлежат периодической поверке в организациях государственной или ведомственной метрологических служб (калибровочных лабораторий), аттестованных в установленном порядке.

## 12.2 Метрологическое обеспечение АСО КИА как информационно-измерительной системы

12.2.1 Метрологическое обеспечение АСО КИА как измерительной системы (далее – ИС) на этапах разработки (проектирования), производства (изготовление, монтаж и наладка на объекте эксплуатации) должно осуществляться согласно ГОСТ Р 8.563-96, ГОСТ 8.596-2002. ИС являются разновидностью средств измерений и на них распространяются все требования к средствам измерений по метрологии.

12.2.2 Указанные требования распространяются на ИС:

– выпускаемые изготовителем как законченные укомплектованные изделия, для установки которых на месте эксплуатации достаточно указаний, приведенных в технической документации, в которой нормированы метрологические характеристики измерительных каналов системы (ИС-1);

– проектируемые для конкретных объектов из компонентов ИС, выпускаемых, как правило, различными изготовителями, и принимаемые как законченные изделия непосредственно на объекте эксплуатации. Установку таких ИС на месте эксплуатации осуществляют в соответствии с проектной документацией на ИС и технической документацией на ее компоненты, в которой нормированы метрологические характеристики, соответственно, измерительных каналов ИС и ее компонентов (ИС-2).

12.2.3 Метрологическое обеспечение ИС должно включать в себя следующие виды деятельности:

– нормирование, расчет метрологических характеристик измерительных каналов ИС;

– метрологическая экспертиза технической документации на ИС;

– испытания ИС с целью утверждения типа; утверждение типа ИС и испытания на соответствие утвержденному типу;

– сертификация ИС;

– поверка и калибровка ИС;

– метрологический надзор за выпуском, монтажом, наладкой, состоянием и применением ИС.

## Библиография


1. Гидроэлектростанции. Условия создания. Нормы и требования (СТО-087, проект)
2. Гидроэлектростанции. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования (СТО-088, проект)
3. Здания ГЭС и ГАЭС. Условия создания. Нормы и требования (СТО-102, проект)
4. Здания ГЭС и ГАЭС. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования (СТО-103, проект)
5. Гидротехнические сооружения ГЭС и ГАЭС. Условия создания. Нормы и требования (СТО-104, проект)
6. Гидротехнические сооружения ГЭС. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования (СТО-105, проект)

УДК _____ ОКС _____

**Ключевые слова:** гидротехнические сооружения, контрольно-измерительные системы, контрольно-измерительная аппаратура, виды наблюдений, измерительное устройство, измерительное сечение, инструментальный контроль

**Руководитель организации-разработчика**
**Некоммерческое партнерство**
**"Гидроэнергетика России"**

Исполнительный директор _____ Р.М.Хазиахметов

Руководитель разработки

Главный эксперт, к.т.н. _____ В.С. Серков

СОИСПОЛНИТЕЛЬ

**Руководитель организации-соисполнителя**
**ОАО «Научно-исследовательский институт энергетических сооружений»**

Исполнительный директор
ОАО «НИИЭС», к.т.н. _____ Ю.Б.Шполянский

Руководитель разработки

Директор Отраслевого
Информационно-диагностического
Центра РАО «ЕЭС России», к.т.н. _____ В.И.Щербина

Исполнители

Заведующий лабораторией, д.т.н. _____ Е.А.Коган

Старший научный сотрудник _____ Е.А.Федотова

gost.e-ecolog.ru