ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 58719— 2019

Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Гидравлические электростанции. Гидротехнические сооружения

КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И АППАРАТУРА. УСЛОВИЯ СОЗДАНИЯ

Нормы и требования

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2019

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН филиалом Акционерного общества «Институт Гидропроект» — «НИИЭС» при участии Публичного акционерного общества «Федеральная гидрогенерирующая компания — РусГидро» (ПАО «РусГидро»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 016 «Электроэнергетика»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 4 декабря 2019 г. № 1339-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Стандартинформ, оформление, 2019

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 2
3 Термины и определения 2
4 Контрольно-измерительные системы, устанавливаемые на гидротехнических сооружениях гидроэлектростанций 4
4.1 Общие требования к контрольно-измерительным системам 4
4.2 Состав и виды натурных наблюдений 6
4.3 Состав контрольно-измерительной аппаратуры, используемой для постоянных контрольных наблюдений 8
4.4 Состав контрольно-измерительной аппаратуры, используемой для выполнения специальных наблюдений 9
5 Контрольно-измерительная аппаратура и устройства 9
5.1 Аппаратура и устройства для измерения осадки гидротехнических сооружений 9
5.2 Аппаратура и устройства для измерения горизонтальных смещений 11
5.3 Аппаратура для наблюдений за взаимными смещениями элементов сооружений 12
5.4 Аппаратура для контроля уровней воды и пьезометрического давления 12
5.5 Аппаратура для измерения расходов фильтрационной воды 13
5.6 Аппаратура для измерения температуры в теле бетонных и грунтовых плотин, измерения температуры фильтрационного потока 14
5.7 Аппаратура для проведения специальных наблюдений 14
6 Размещение контрольно-измерительной аппаратуры и устройств 15
6.1 Общие положения 15
6.2 Контроль осадки сооружений 15
6.3 Контроль горизонтальных перемещений 17
6.4 Контроль фильтрационного режима сооружений и оснований 18
6.5 Контроль противодавления 18
6.6 Контроль температурного режима и уровней воды 19
6.7 Специальные наблюдения 20
7 Требования, обеспечивающие сохранность и работоспособность контрольно-измерительной системы и контрольно-измерительной аппаратуры 21
8 Порядок приемки и ввода в эксплуатацию контрольно-измерительной системы и контрольно-измерительной аппаратуры 22
8.1 Общие положения 22
8.2 Геодезическая сеть 22
8.3 Пьезометры 22
8.4 Щелемеры 23
8.5 Приборы для специальных наблюдений 23
9 Требования к созданию автоматизированной контрольно-измерительной системы и автоматизированной системы опроса контрольно-измерительной аппаратуры 24
9.1 Общие положения, назначение автоматизированной системы опроса контрольно-измерительной аппаратуры 24
9.2 Общие требования к автоматизированной системе опроса контрольно-измерительной аппаратуры 25
9.3 Требования к техническим средствам автоматизированной системы опроса контрольно-измерительной аппаратуры 26

9.4 Требования к программно-техническому комплексу 27
9.5 Требования к видам обеспечения 27
9.6 Состав работ при создании автоматизированной системы опроса контрольно-измерительной аппаратуры 28
9.7 Требования к эксплуатационной документации 28
10 Требования к размещению приборов и устройств для измерения параметров, влияющих на состояние гидротехнических сооружений, и контроля режимов работы гидроэлектростанции . . . 29
11 Метрологическое обеспечение средств измерения в составе контрольно-измерительной системы, контрольно-измерительной аппаратуры и автоматизированной системы опроса контрольно-измерительной аппаратуры 29
Библиография 30

Введение

Настоящий стандарт разработан в соответствии с требованиями Федерального закона «О стандартизации в Российской Федерации» [1].

Стандарт имеет целью формирование единых для гидротехнических сооружений гидроэлектростанций организационных и технических требований по созданию контрольно-измерительных систем и контрольно-измерительной аппаратуры, предназначенных для обеспечения безопасности гидротехнических сооружений в процессе их проектирования, строительства и эксплуатации.

Нормы и требования настоящего стандарта могут быть использованы для создания контрольно-измерительных систем и контрольно-измерительной аппаратуры гидротехнических сооружений тепловых электростанций, за исключением золошлакоотвалов, а также для атомных электростанций в части, не противоречащей действующим на них нормам и правилам.

В настоящий стандарт включены апробированные многолетним опытом и широко используемые на практике методические и технические требования к системам контроля безопасного состояния гидротехнических сооружений.

Требования настоящего стандарта учитывают основные положения Федерального закона «О безопасности гидротехнических сооружений» [2], Федерального закона «Об обеспечении единства измерений» [3], Федерального закона «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» [4], требования строительных норм и правил проектирования и соответствуют требованиям нормативных документов в области контроля безопасности гидротехнических сооружений.

При разработке настоящего стандарта использованы требования нормативных документов, действовавших в области его применения; указанные требования актуализированы в стандарте применительно к современной практике обеспечения безопасности гидротехнических сооружений гидроэлектростанций.

Настоящий стандарт не учитывает все индивидуальные особенности средств измерений, измерительных устройств и автоматизированных систем диагностического контроля, применяемых на разных гидроэлектростанциях. В развитие настоящего стандарта гидрогенерирующие компании (эксплуатирующие организации) могут в установленном порядке разрабатывать, утверждать и применять собственные стандарты организаций, учитывающие конструктивные особенности и условия эксплуатации конкретных гидротехнических сооружений, не противоречащие действующим нормативным правовым актам, не снижающие уровень требований настоящего стандарта и проектной документации.

Необходимые изменения и дополнения в настоящий стандарт, обусловленные вводом в действие новых технических регламентов и национальных стандартов, развитием научно-технической базы обеспечения безопасности гидротехнических сооружений, вносятся в установленном порядке.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы.
Гидравлические электростанции.
Гидротехнические сооружения**

КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И АППАРАТУРА. УСЛОВИЯ СОЗДАНИЯ

Нормы и требования

United power system and isolated power systems. Hydraulic power stations.
Hydraulic engineering structures. Instrumentation and measuring systems and devices.
Terms of creation. Standards and norms

Дата введения — 2020—03—01

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт устанавливает нормы и требования по созданию контрольно-измерительных систем и контрольно-измерительной аппаратуры на гидротехнических сооружениях гидроэлектрических станций в целях обеспечения безопасности гидротехнических сооружений. Требования и нормы настоящего стандарта могут быть применены при создании контрольно-измерительных систем и контрольно-измерительной аппаратуры на гидротехнических сооружениях тепловых электростанций, за исключением золошлакоотвалов, а также для атомных электростанций в части, не противоречащей действующим на них нормам и правилам.

1.2 Настоящий стандарт устанавливает основные нормы и требования, относящиеся к:

- созданию контрольно-измерительных систем и аппаратуры, автоматизированных контрольно-измерительных систем, систем диагностического контроля безопасности гидротехнических сооружений электростанций на этапах: разработка (проектирование), производство (изготовление, закупка, установка контрольно-измерительной аппаратуры, монтаж коммуникаций и подсистем), пуско-наладочные работы и сдача в эксплуатацию;
- оснащению гидротехнических сооружений контрольно-измерительными средствами и автоматизированными системами диагностического контроля их безопасности.

1.3 Требования и нормы настоящего стандарта распространяются на следующие гидротехнические сооружения I—IV классов:

- плотины и дамбы;
- здания гидроэлектростанций;
- устои и подпорные стены, входящие и не входящие в состав напорного фронта;
- водоприемники и водозаборные сооружения;
- водосбросы, водоспуски и водовыпуски;
- каналы;
- туннели;
- трубопроводы (водоводы);
- напорные бассейны, уравнительные резервуары и аэрационные шахты;
- ограждающие дамбы водоемов-охладителей;
- здания насосных станций;
- сопрягающие сооружения;
- берегоукрепительные сооружения.

Издание официальное

1.4 Требования настоящего стандарта распространяются на переносные/стационарные средства измерений и контроля, автоматизированные контрольно-измерительные и диагностические системы, применяемые для обеспечения безопасности гидротехнических сооружений.

1.5 Настоящий стандарт предназначен для использования гидрогенерирующими компаниями (эксплуатирующими организациями), а также специализированными проектными, научно-исследовательскими, строительными и монтажными организациями, привлекаемыми для выполнения работ (услуг) в области, связанной с созданием контрольно-измерительных систем и аппаратуры, автоматизированных информационно-измерительных и диагностических систем контроля технического состояния гидротехнических сооружений электростанций.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ 27.002 Надежность в технике. Термины и определения

ГОСТ 34.003 Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Термины и определения

ГОСТ 34.602 Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы

ГОСТ 19185 Гидротехника. Основные понятия. Термины и определения

ГОСТ 27300 Информационно-измерительные системы. Общие требования, комплектность и правила составления эксплуатационной документации

ГОСТ Р 2.601 Единая система конструкторской документации. Эксплуатационные документы

ГОСТ Р 8.563 Государственная система обеспечения единства измерений. Методики (методы) измерений

ГОСТ Р 8.596 Государственная система обеспечения единства измерений. Метрологическое обеспечение измерительных систем. Основные положения

СП 23.13330.2018 Основания гидротехнических сооружений

СП 39.13330.2012 Плотины из грунтовых материалов

СП 40.13330.2012 Плотины бетонные и железобетонные

СП 58.13330.2012 Гидротехнические сооружения. Основные положения

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов и сводов правил в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный документ, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого документа с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого документа с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 27.002, ГОСТ 34.003, ГОСТ 19185, 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 оценки технического состояния и безопасности сооружений.

[ГОСТ Р 55260.1.4—2012, пункт 3.1]

3.2 **автоматизированная система опроса контрольно-измерительной аппаратуры;** АСО КИА: Система, состоящая из измерительных преобразователей, средств их коммутации, приема-передачи для автоматизации и компьютерного хранения данных, используемых для контроля состояния и безопасности гидротехнических сооружений электростанции.

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

3.4

гидротехнические сооружения; ГТС: Сооружения, подвергающиеся воздействию водной среды, предназначенные для использования и охраны водных ресурсов, предотвращения вредного воздействия вод, в том числе загрязненных жидкими отходами.

[ГОСТ Р 55260.1.4—2012, пункт 3.5]

3.5 **гидроэлектростанция (гидравлическая электростанция);** ГЭС: комплекс гидротехнических сооружений и оборудования для преобразования потенциальной энергии водотока в электрическую энергию.

3.6 **диагностирование:** Установление признаков, характеризующих техническое состояние сооружения.

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

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

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

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

3.11 **инструментальные наблюдения:** Регулярно осуществляемые измерения технических характеристик сооружения с помощью стационарной контрольно-измерительной аппаратуры и измерительных устройств.

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

3.13 **контрольно-измерительная аппаратура;** КИА: Стационарная измерительная аппаратура, измерительные преобразователи (датчики) или устройства, устанавливаемые на гидротехнических сооружениях для контроля их технического состояния.

3.14 **контрольно-измерительная система;** КИС: Комплекс контрольно-измерительной аппаратуры и устройств, выполняющих измерения физических величин, хранение и передачу данных измерений в целях контроля технического состояния гидротехнических сооружений в период строительства и эксплуатации.

3.15 **критерии безопасности гидротехнического сооружения:** Предельные значения количественных и качественных показателей состояния гидротехнического сооружения и условий его эксплуатации, соответствующие допустимому уровню риска аварии гидротехнического сооружения, назначенные для отобранного перечня измеряемых и вычисляемых параметров и утвержденные в установленном порядке федеральными органами исполнительной власти, уполномоченными на осуществление федерального государственного контроля в области безопасности гидротехнических сооружений, в составе декларации безопасности гидротехнических сооружений.

3.16 **наблюдения контрольные:** Систематические инструментальные и визуальные наблюдения, проводимые на сооружении в целях контроля его технического состояния, комплексного анализа и оценки эксплуатационной надежности.

3.17 **наблюдения специальные:** Наблюдения (натурные исследования), проводимые на сооружении при соответствующем обосновании в проектной документации для изучения различных процессов, уточнения методов и результатов расчета и модельных исследований, обоснования конструктивных решений, методов производства работ и улучшения условий эксплуатации сооружения.

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

3.19 **ответственные напорные гидротехнические сооружения:** Напорные гидротехнические сооружения 1-го и 2-го класса или приравненные к ним в проектной документации.

3.20 **показатель состояния:** Количественная или качественная величина, используемая для оценки технического состояния и уровня безопасности при строительстве и эксплуатации сооружения, здания или конструкции.

Примечание — Количественные показатели состояния вычисляются по показаниям измерительных устройств с использованием алгебраических функций и логических операторов.

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

3.22 **техническое обслуживание контрольно-измерительной аппаратуры:** Комплекс мероприятий по техническому надзору и обслуживанию контрольно-измерительных систем и контрольно-измерительной аппаратуры для поддержания их в работоспособном состоянии.

3.23 **установочные параметры измерительного устройства:** Технические характеристики измерительного устройства, определяющие условия его установки, размещения, градуировочные (тарировочные) зависимости «отсчет — показание».

4 Контрольно-измерительные системы, устанавливаемые на гидротехнических сооружениях гидроэлектростанций

4.1 Общие требования к контрольно-измерительным системам

4.1.1 КИС представляют собой комплексы КИА, средств коммутаций, аппаратуры приема-передачи, накопления и хранения данных, визуализации полученных значений, сигнализации о выходе измеряемых параметров за норму, установленные на сооружениях и предназначенные для постоянного контроля их технического состояния на протяжении всего жизненного цикла. КИС, устанавливаемые на сооружениях, должны обеспечивать контроль их состояния по всем основным контролируемым параметрам согласно СП 58.13330.2012.

4.1.2 Сбор информации от КИА и устройств в КИС может проводиться вручную, автоматически, автоматизированно. В последнем случае в состав комплекса входит АСО КИА.

4.1.3 Состав и объем КИА и КИС назначаются в проектной документации строящейся ГЭС или документации на реконструкцию ГТС в зависимости от класса сооружений [5], их типа и конструкции, геологических, гидрогеологических, климатических и других условий, в которых эксплуатируются сооружения. В случае необходимости дооснащения, замены или модернизации КИА вносится изменение (дополнение) в проектную документацию, осуществляемое в установленном порядке.

4.1.4 КИС должна включать КИА и ИДС, которая обеспечивает хранение базы данных натурных наблюдений и с помощью которой автоматически оценивается техническое состояние сооружений. При наличии автоматизированной системы опроса КИА, КИС становится АСДК.

4.1.5 В соответствии с Правилами технической эксплуатации электрических станций [6] с целью оперативной оценки состояния ответственных напорных ГТС I и II класса КИС, контролирующие их состояние, должны быть оснащены АСДК. Указанные выше ГТС согласно Градостроительному кодексу [7] относятся к особо опасным и технически сложным объектам, требующим обеспечения безопасности в соответствии с Федеральным законом «О безопасности гидротехнических сооружений» [2].

4.1.6 АСДК должна включать АСО КИА и ИДС контроля безопасности ГТС. ИДС должна обеспечивать:

- накопление и хранение данных инструментальных и визуальных наблюдений;
- хранение базовой информации о сооружениях, КИА и системах контроля технического состояния ГТС;
- обработку всех данных, их анализ и визуализацию;
- возможность получения и использования данных от внешних систем наблюдений, в том числе о сейсмометрических событиях на сооружениях;
- диагностирование технического состояния отдельных элементов и всего сооружения в целом.

4.1.7 Сооружения I и II классов, где нет технической возможности создания автоматизированной системы опроса КИА (согласно предпроектному обследованию), а также сооружения III класса должны быть оснащены ИДС контроля с ручным вводом данных наблюдений.

4.1.8 Создание КИС должно включать следующие этапы:

- разработка проектной документации и программы натурных наблюдений, включая проект установки КИА на этапе строительства или реконструкции ГЭС;
- выполнение метрологической экспертизы проектной документации в целом на создание КИС;
- комплектация стандартной измерительной аппаратуры и подготовка измерительных устройств индивидуального изготовления;
- установка приборов и прокладка коммуникаций на сооружениях;
- создание АСО КИА;
- оборудование центрального пункта сбора данных наблюдений, опробование и проверка измерительных каналов, проведение контрольных измерений;
- ввод показаний приборов в базу данных ИДС.

Проектная документация КИС должна составляться с учетом инженерно-геологических и гидрогеологических условий створа, с учетом типа, высоты и ответственности напорных ГТС. Проектная документация должна быть разработана совместно с программой натурных наблюдений, в которой должны быть сформулированы цели и задачи контрольных и специальных наблюдений, а также основные методики их выполнения.

4.1.9 Программа натурных наблюдений в составе проектной документации должна включать:

- обоснование выбранного состава наблюдений и КИА;
- перечень контролируемых нагрузок и воздействий на сооружения;
- состав инструментальных и визуальных наблюдений;
- объем и состав КИА для определения характеристик технического состояния сооружений;
- перечень контролируемых показателей работы и состояния сооружения и основания;
- требования к точности и периодичности снятия показаний КИА;
- схемы геодезических сетей (схемы расположения пунктов сетей и связи между ними с помощью измерений);
- схемы размещения КИА.

Примечание — Схемы размещения КИА на сооружениях должны разрабатываться на основе имеющихся рекомендаций и опыта наблюдений на подобных сооружениях;

- методики измерений и обработки данных с расчетами, подтверждающими возможность определения характеристик состояния сооружений с требуемой точностью;
- допуски при измерениях;
- перечень применяемой переносной КИА (приборы, вторичные средства измерений).

Размещение КИА на сооружениях должно предусматривать контроль с ее помощью как поведения сооружения в целом, так и поведения наиболее ответственных участков и элементов сооружения.

4.1.10 Проект размещения КИА должен включать:

- пояснительную записку с изложением цели и методов контрольных и специальных наблюдений; сведений о применяемой КИА, методах ее установки и настройки;
- чертежи размещения КИА и коммуникаций на ГТС;
- ведомость оборудования КИС (первичные устройства, средства измерений, переносное оборудование, коммутационное оборудование, кабельная продукция и др.);
- ведомость объемов работ по установке КИА;
- сметы на приобретение, изготовление и установку КИС и КИА;
- проектную документацию ИДС контроля безопасности, куда должны вводиться данные инструментального контроля;
- перечень приемо-сдаточной документации;
- эксплуатационную документацию;
- условия утилизации технических средств.

КИА и устройства, предназначенные для постоянного контроля состояния сооружений в период строительства и эксплуатации, должны быть размещены по всему фронту сооружений с учетом конструктивного оформления сооружений и инженерно-геологических особенностей створа.

4.1.11 Рабочая документация КИС и КИА должна включать в себя:

- рабочие чертежи установки и крепления приборов, изготовления и установки закладных частей, монтажные схемы оборудования и приборов;
- спецификацию основного и вспомогательного оборудования (включая переносное), приборов, кабелей, монтажных приспособлений, инструментов, материалов и др.;

- состав и сроки технологических проверок аппаратуры и вторичных приборов.

4.1.12 При проектировании размещения кабельных линий АСО КИА необходимо учитывать конкретные условия компоновки ГТС и технологические параметры, определяемые самими измерительными устройствами.

4.1.13 Основными принципами создания и прокладки телекоммуникационных линий должны быть минимизация затрат и надежность получаемых результатов.

4.1.14 В качестве дистанционной контрольно-измерительной аппаратуры АСО КИА должны использоваться датчики серийного производства, выполненные под современные средства сбора и передачи информации.

4.1.15 Изготавливаемая аппаратура и устройства по возможности должны быть апробированы на других объектах, работающих в сходных геологических и производственных условиях.

4.1.16 Номенклатуру, число измерительных устройств и их местоположение в теле ГТС, основании и отдельных элементах сооружений следует назначать исходя из состава задач и объема наблюдений.

4.1.17 Наблюдения, проводимые на ГТС с помощью КИА и устройств, разделяются на контрольные и специальные натурные наблюдения.

4.1.18 Контрольные наблюдения должны проводиться для оценки эксплуатационной надежности ГТС в течение всего периода эксплуатации гидроузла.

4.1.19 Специальные натурные наблюдения на ГТС следует проводить при соответствующем обосновании в целях получения данных для уточнения методов и результатов расчета, результатов модельных исследований, обоснования конструктивных решений, методов производства работ, улучшения условий эксплуатации сооружений, а также в случае возникновения нештатных ситуаций, влияющих на уровень безопасности сооружения, или превышения критериальных значений диагностических показателей.

4.1.20 Специальные наблюдения должны предусматриваться на высоких (более 60 м) и сверхвысоких плотинах (более 100 м), на сооружениях, построенных в неблагоприятных инженерно-геологических условиях, в северной климатической зоне, в районах с повышенной сейсмической активностью и др., а также на таких сооружениях как туннели, подпорные стены, водоприемники и сооружения, возведенные с использованием новых, не применявшихся ранее технологий (см. 4.2.5 и 4.2.6).

4.1.21 Специальные наблюдения должны проводиться как с помощью закладной аппаратуры, устанавливаемой во время строительства, так и с помощью дополнительной КИА, установленной в период эксплуатации. Поскольку закладная аппаратура имеет ограниченный срок гарантийной эксплуатации (15—25 лет) и при выходе из строя, как правило, не может быть заменена, она может использоваться для контроля состояния сооружений только в пределах гарантийного срока эксплуатации закладной КИА. Показания закладных приборов, действующих за пределами гарантийного срока, не могут использоваться для назначения по ним критериев безопасности.

4.2 Состав и виды натурных наблюдений

4.2.1 Необходимый состав контрольных наблюдений и виды определяемых (измеряемых) параметров должны обосновываться в проектной документации и программе натурных наблюдений (СП 23.13330.2018, СП 39.13330.2012 и СП 40.13330.2012).

4.2.2 На бетонных сооружениях должны контролироваться следующие параметры, характеризующие состояние сооружений:

- наклоны сооружений;
- осадка сооружений;
- горизонтальные перемещения;
- взаимные смещения элементов сооружений;
- напряжения на контакте «вмещающий массив — сооружение»;
- фильтрационное противодавление по подошве сооружений и фильтрационные напоры в основании;
- фильтрационные расходы через тело, основание и швы сооружения;
- напряжения в арматуре;
- деформации и/или напряжения в элементах бетонных конструкций и металлоконструкциях;
- температурный режим в теле и основании («вмещающем массиве — сооружении»);
- температурный режим фильтрационной воды;
- химическая и механическая суффозия в теле сооружения и основании;

- раскрытие трещин, температурно-осадочных и строительных швов;
- уровни воды в верхнем и нижнем бьефах;
- размывы водобоя и рисбермы, дна и берегов в нижнем бьефе.

4.2.3 На грунтовых сооружениях должны контролироваться:

- осадка по гребню плотины и бермам;
- горизонтальные перемещения по гребню плотины и бермам;
- положение кривой депрессии в теле сооружения и значения фильтрационных напоров в основании и в зонах береговых примыканий;
- напряжения на контакте «вмещающий массив — сооружение»;
- расходы фильтрационной воды;
- химическая и механическая суффозия в теле сооружения и основании;
- температурный режим в теле плотины, вмещающем массиве и основании (для сооружений, возводимых в северной климатической зоне);
- уровни воды в верхнем и нижнем бьефах;
- размывы дна, водобоя, рисбермы и берегов в нижнем бьефе.

4.2.4 На прилегающей к ГТС территории в случае, предусмотренном в проектной документации, должны контролироваться:

- осадка 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 участков вмещающих массивов вдоль геологических нарушений (геологических разломов);
- горизонтальные и вертикальные перемещения геологических пород вблизи береговых примыканий бетонных плотин, в верхнем и нижнем бьефах (воронка оседания).

4.2.5 Специальные виды наблюдений в период строительства и начальный период эксплуатации (определяется в проектной документации) на бетонных и железобетонных сооружениях должны включать:

- контроль напряжений в бетоне;
- контроль напряжений в арматуре;
- контроль изменения деформационно-прочностных характеристик материала плотины и основания;
- контроль деформаций и температуры в теле сооружений;
- контроль напряжений в основании и на контакте с сооружением.

4.2.6 Специальные виды наблюдений в период строительства и начальный период эксплуатации (определяется в проектной документации) на грунтовых сооружениях должны включать:

- измерение порового давления в грунтовых ядрах и в теле каменно-земляных и земляных плотин;
- измерение напряжений в ядре, переходных зонах, боковых призмах;
- измерение послойных деформаций грунта в теле сооружения и в основании;
- контроль трещинообразования в грунтовых противофильтрационных элементах сооружений;
- измерение деформаций растяжения-сжатия в теле плотины;
- наблюдение за температурным режимом фильтрационного потока и определение химического состава воды.

4.2.7 На подземных сооружениях электростанций должен проводиться контроль за:

- напряженно-деформированным состоянием анкерного и сводового крепления, вмещающего массива, контакта «массив-обделка выработки», обделок выработок;
- напряжениями в арматуре обделок подземных выработок;
- деформациями, перемещениями и температурой стен и свода камеры машинного зала;
- фильтрационным и температурным режимами вмещающего массива;
- протечками воды в помещения.

4.2.8 На ГТС гидроаккумулирующих электростанций должны контролироваться:

- осадка, горизонтальные перемещения и углы наклона сооружений;
- взаимные смещения элементов сооружений по швам;
- раскрытие межсекционных и деформационных швов в сооружениях;
- деформации крепления откосов верхнего и нижнего бассейнов;
- напряжения в арматуре сооружений;

- давление грунта на контакте «вмещающий массив-сооружение»;
- напряжения и/или деформации в металлоконструкциях;
- избыточное фильтрационное давление за бетонным креплением откосов в процессе сработки верхнего бассейна;
- фильтрационное давление на контакте «вмещающий массив-сооружение»;
- деформации опор трубопроводов;
- напряжения в элементах трубопроводов.

4.2.9 Состав контрольных и специальных наблюдений может корректироваться в зависимости от инженерно-геологических условий, типа, размеров и конструктивных особенностей сооружений.

4.3 Состав контрольно-измерительной аппаратуры, используемой для постоянных контрольных наблюдений

4.3.1 Контроль осадок должен выполняться с выбором средств контроля из числа следующих приборов и устройств:

- поверхностных марок;
- боковых марок;
- глубинных марок;
- опорных рабочих реперов;
- фундаментальных реперов;
- гидростатических нивелиров;
- элеваторов высот.

4.3.2 Контроль горизонтальных перемещений должен проводиться с выбором средств контроля из числа следующих приборов и устройств:

- прямых отвесов;
- обратных отвесов;
- створных знаков;
- подвижных визирных марок;
- опорных визирных марок;
- геодезических знаков спутниковой системы наблюдений;
- инклинометров;
- оптических, магнитных или других датчиков для измерения перемещения натянутой струны.

4.3.3 Контроль взаимных смещений секций или отдельных элементов бетонных сооружений должен выполняться с помощью одноосных, двуосных, трехосных щелемеров или закладной КИА.

4.3.4 Контроль пьезометрических напоров и противодавления проводится:

1) в теле и основании грунтовых сооружений с помощью:
   - пьезометров опускных;
   - пьезометров закладных;
   - преобразователей давления (пьезодинамометров, манометров);
2) под подошвой и в основании бетонных сооружений с помощью:
   - пьезометров закладных напорных и безнапорных;
   - пьезометров опускных безнапорных;
   - преобразователей давления (пьезодинамометров, манометров).

4.3.5 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 следует проводить с помощью:

- мерных водосливов;
- расходомеров;
- объемометрических измерений;
- гидрометрических вертушек.

4.3.6 Контроль уровней воды в нижнем и верхнем бьефах следует осуществлять с помощью погружных и закладных датчиков давления, а также:

- различных типов поплавковых приборов;
- устройств различного типа для измерения расстояния до поверхности воды.

4.3.7 Контроль температуры в теле грунтовых и бетонных сооружений должен выполняться с помощью дистанционных термометров, таких как:

- струнные преобразователи температуры;
- термометры сопротивления;
- электронные измерительные устройства различного типа;
- термогирлянды, располагаемые в скважинах или трубах;
- оптоволоконные преобразователи температуры, в том числе в виде кабеля специального типа с распределенной системой измерительных точек по его длине.

4.4 Состав контрольно-измерительной аппаратуры, используемой для выполнения специальных наблюдений

4.4.1 Контроль порового давления в грунте следует выполнять с помощью закладных пьезодинамометров.

4.4.2 Определение напряжений в грунте следует проводить с помощью закладных преобразователей напряжения грунта.

4.4.3 Определение деформаций и/или напряжений в бетоне следует проводить с помощью закладных тензометров.

4.4.4 Определение напряжений в арматуре следует выполнять с помощью арматурных динамометров.

4.4.5 Определение деформаций и/или напряжений в металлоконструкциях следует выполнять с помощью тензометров.

4.4.6 Измерение сближения стен сооружений следует выполнять с помощью геодезической аппаратуры и/или оптических систем (рулетки, дальномеры и др.);

4.4.7 Измерение послойных деформаций следует выполнять с помощью:
- длиннобазных деформометров-экстензометров;
- глубинных марок.

4.4.8 Контроль трещинообразования в грунте и бетоне следует выполнять с помощью:
- деформометров-экстензометров;
- преобразователей линейных перемещений;
- преобразователей линейных деформаций;
- измерителей раскрытия швов и трещин (трещиномеров).

4.4.9 Измерение раскрытия деформационных и межсекционных швов следует выполнять с помощью измерителей раскрытия швов (щелемеров) и трещин (трещиномеров) и преобразователей линейных перемещений.

4.4.10 Измерение углов наклона сооружений от вертикальной оси производится с помощью наклономеров.

4.4.11 Измерение напряжений в основании и на контакте с сооружением следует выполнять с помощью:
- грунтовых динамометров;
- закладных преобразователей напряжений в грунте.

4.4.12 Контроль температурного режима следует выполнять с помощью дистанционных термометров.

4.4.13 Измерение пульсации гидродинамического давления следует выполнять с помощью индуктивных датчиков.

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

5 Контрольно-измерительная аппаратура и устройства

5.1 Аппаратура и устройства для измерения осадки гидротехнических сооружений

5.1.1 При наблюдениях за осадками ГТС геодезическая КИА должна включать закладную КИА (геодезические знаки, закладываемые в сооружениях и на прилегающей к ним территории) и средства измерений в виде гидростатических нивелиров.

5.1.2 Закладная КИА или закладные знаки должны разделяться по назначению на:
- опорные знаки (исходные, рабочие реперы на прилегающей территории, опорные плановые знаки);
- контрольные осадочные (высотные) марки;

- контрольные планово-высотные знаки (в сооружениях и на оползневых склонах) для наблюдений за осадками и горизонтальными смещениями.

5.1.3 В соответствии с такой классификацией для наблюдений за осадками ГТС должна использоваться следующая закладная КИА:

- исходные реперы;
- рабочие реперы;
- высотные марки.

5.1.4 Конструкция исходных реперов разрабатывается при составлении проекта размещения КИА и программы наблюдений с учетом фактических геологических условий.

5.1.5 Конструкция исходного репера может быть следующей:

- марка в скале внутри специальной штольни. Конструкцию марок применить согласно указаниям Инструкции по нивелированию [8];
- марка в надежной прочной скале, защищенная от повреждения защитным приспособлением;
- фундаментальный и грунтовый реперы;
- глубинный репер в мягких грунтах (коренные породы залегают глубоко от поверхности) в виде трубы в вертикальной скважине.

5.1.6 Конструкции рабочих реперов должны быть аналогичны конструкциям исходных реперов.

5.1.7 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.

5.1.8 Для бетонных сооружений следует использовать следующие типы марок:

- бетонные поверхностные (закладываются на горизонтальных поверхностях сооружений);
- боковые (закладываются в стенах сооружений или их галерей, штолен);
- потолочные (для их надежной сохранности при наблюдениях в цементационных галереях, иногда и в смотровых галереях при их насыщенности КИА);
- глубинные (для изучения осадок оснований на разных глубинах, марки аналогичны по конструкции глубинным реперам);
- марки гидростатических нивелиров (для определения относительных осадок и углов наклона отдельных секций плотины).

5.1.9 Для грунтовых сооружений следует использовать следующие типы марок:

- грунтовые поверхностные;
- глубинные;
- плиты-марки.

5.1.10 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 [8]). Марка закладывается в котловане или в скважине.

5.1.11 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.

5.1.12 Плиты-марки также должны устанавливаться для изучения осадок 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, определяться 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.

5.1.13 В зависимости от требований к точности определения осадок ГТС для измерений следует использовать аппаратуру и средства измерений геометрического нивелирования [8] (наиболее точные измерения), тригонометрического нивелирования, лазерного сканирования, системы спутниковых измерений GPS и ГЛОНАСС, гидростатические нивелиры.

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

5.2 Аппаратура и устройства для измерения горизонтальных смещений

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

5.2.2 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 от 0,8 до 1,2 м в зависимости от применяемых средств измерений. Основание знака надежно скреплено с грунтом или с поверхностью бетонного 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.

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

5.2.4 Во внутренних сетях конструкция закладных знаков или устройств зависит от методов 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).

5.2.5 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.

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

5.2.7 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.

5.2.8 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.

5.2.9 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.

5.2.10 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.

5.2.11 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.

5.3 Аппаратура для наблюдений за взаимными смещениями элементов сооружений

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

5.3.2 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.

5.3.3 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.

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

5.3.5 На швах и трещинах могут устанавливаться дистанционные одноосные щелемеры, но, если необходимо контролировать перемещения по нескольким направлениям, должны быть установлены двух- или трехосные щелемеры.

5.3.6 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.

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

5.3.8 Для контроля за сближением стен сооружений следует использовать геодезические приборы или оптические системы (рулетки, дальномеры и др.). Приборы должны устанавливаться во время строительства в зонах, где предполагается наибольшее сближение стен сооружения.

5.3.9 Для контроля углов наклона сооружений от вертикальной оси следует использовать преобразователи углов наклона (наклономеры). Приборы должны устанавливаться во время строительства в зонах, где предполагаются наибольшие углы наклона.

5.3.10 Вблизи дистанционных щелемеров и наклономеров необходимо контролировать температуру бетона, а также температуру наружного воздуха.

5.4 Аппаратура для контроля уровней воды и пьезометрического давления

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

5.4.2 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 на контакте «вмещающий массив-сооружение» для измерения фильтрационного противодавления;

в) по положению устья на:

- напорные, когда устье пьезометра (измерительная точка) расположено ниже уровня воды,
- безнапорные, когда устье расположено выше уровня воды,
- напорно-безнапорные, когда уровень воды может быть выше или ниже устья пьезометра.

5.4.3 Измерительным устройством для определения глубины воды в безнапорных пьезометрах являются переносные электроконтактные уровнемеры, 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.

5.4.4 Водоприемная (фильтровая) часть пьезометра должна иметь длину не менее 1,0 м и должна быть оснащена отстойником, длина которого назначается в проектной документации.

5.4.5 Основными частями пьезометра являются:

- водоприемник;

- пьезометрическая труба;
- оголовок пьезометра, оборудованный для измерений.

5.4.6 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 от 2 м до 3 м. Конструкция водоприемной части пьезометра в скальных грунтах может быть изменена в зависимости от местных условий.

5.4.7 Водоприемник опускного пьезометра монтируется на пьезометрической трубе и опускается в буровую скважину, которая бурится после частичного или полного возведения сооружения. Водоприемник пьезометра в скальных породах должен быть изолирован от вышележащей части скважины путем цементации затрубного пространства пьезометрической трубы или установки уплотнения (тампона) выше водоприемника.

5.4.8 Конструкция пьезометрической скважины должна определяться назначением пьезометра и геологическими условиями.

5.4.9 Опускные пьезометры устанавливаются:

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

5.4.10 Опускные пьезометры устанавливаются в вертикальных или наклонных буровых скважинах диаметром от 46 до 250 мм.

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

5.4.12 Оголовки (устья) пьезометров как закладных, так и опускных, должны быть выведены в места, легкодоступные для проведения измерений.

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

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

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

5.4.16 Закладные пьезодинамометры следует применять для измерения порового давления в ядрах грунтовых плотин и/или для определения фильтрационного давления под подошвой бетонных сооружений, в строительных швах, монолитном бетоне. Эти приборы должны закладываться при возведении сооружения и не могут быть заменены. Срок их эксплуатации ограничен, поэтому область их применения — специальные исследования.

5.5 Аппаратура для измерения расходов фильтрационной воды

5.5.1 В зависимости от условий отвода воды из дренажных устройств измерения расходов должны осуществляться с помощью устройств, выбранных из числа расходомеров разного типа, мерных водосливов, измерений объемным способом, с использованием гидрометрических вертушек и др.

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

5.5.3 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.

5.5.4 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, если это предусмотрено проектной документацией.

5.5.5 Применение того или иного устройства для измерения расхода воды должно регламентироваться проектной документацией (раздел «Контроль фильтрации») и зависит от величины поступающего расхода и конкретной возможности размещения того или иного устройства.

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

5.6.1 Исследование температуры в различных частях сооружений следует проводить с помощью закладных термометров. Конструкции термометров могут быть самыми разнообразными: струнные преобразователи температуры, термометры электросопротивления, волоконно-оптические термометры.

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

5.6.3 Определение температурного режима водохранилища, воды в нижнем бьефе и в скважине проводится с помощью гирлянды термометров, закрепленных на жесткой штанге или на тросе с грузом.

5.6.4 При исследовании температурного режима оснований в районах вечной мерзлоты необходимость и глубина установки термометров диктуются геокриологическими условиями грунтов основания, а также определяется глубиной цементационной завесы.

5.6.5 Для исследования температуры в породах многолетней мерзлоты необходимо применять термометры, обеспечивающие точность не ниже (0,1—0,2) °С.

5.6.6 Необходимость контроля температурного режима воды фильтрационного потока определяется проектной документацией и в дальнейшем результатами анализа данных натурных наблюдений, проводимого раз в 5 лет.

5.7 Аппаратура для проведения специальных наблюдений

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

5.7.2 В строительный и начальный периоды эксплуатации в качестве специальных наблюдений на бетонных и железобетонных сооружениях, где это предусмотрено проектной документацией, должны проводиться:

- контроль напряженно-деформированного состояния тела сооружения;
- контроль трещинообразования в массиве.

5.7.3 Для наблюдений за параметрами напряженно-деформированного состояния бетонных и железобетонных сооружений в качестве КИА следует использовать дистанционные измерительные преобразователи деформаций или перемещений.

5.7.4 Деформация бетона должна измеряться с помощью деформометров (тензометров); температура бетона, скалы, воды в водохранилище — термометров; раскрытие швов, трещин — щелемеров и деформометров; напряжения на контакте «вмещающий массив-сооружение» — тензометров или грунтовых динамометров; усилия (напряжения) в арматуре — арматурных динамометров.

5.7.5 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.

5.7.6 Наблюдения за усилиями (напряжениями) в рабочей арматуре выполняются с помощью арматурных динамометров, которые при изготовлении тарируются непосредственно на усилия.

5.7.7 Для измерения раскрытия межсекционных швов по их высоте, раскрытия межстолбчатых и горизонтальных строительных швов, а также шва на контакте «скала — бетон» следует использовать дистанционные щелемеры и тензометры.

5.7.8 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.

5.7.9 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.

5.7.10 Для измерения углов наклона сооружений от вертикальной оси используются преобразователи угла наклона (наклономеры).

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

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

5.7.13 Для измерения вибрации бетонных и железобетонных элементов применяются низкочастотные вибродатчики с диапазоном измерения от 1—2 Гц до 20—30 Гц.

6 Размещение контрольно-измерительной аппаратуры и устройств

6.1 Общие положения

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

6.1.2 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.

6.1.3 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 искривления оси 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 сооружения;
- на границах сопряжения подруслового талика с мерзлыми береговыми участками.

6.1.4 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.

6.1.5 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.

6.1.6 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.

6.2 Контроль осадки сооружений

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

6.2.2 Исходные реперы на крупных гидроузлах необходимо располагать на обоих берегах на удалении примерно от 10Н до 15Н (Н — максимальная высота сооружений напорного фронта) от створа гидроузла. На небольших гидроузлах можно ограничиться исходными и рабочими реперами только на

одном берегу реки. Данные требования распространяются только на проектируемые, реконструируемые и строящиеся гидроузлы.

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

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

6.2.5 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.

6.2.6 Рабочие реперы следует располагать вдоль трасс нивелирования от кустов исходных реперов к сооружению. 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.

6.2.7 Количество исходных и рабочих реперов должно определяться размерами и протяженностью ГТС. На небольших сооружениях иногда можно ограничиться одним кустом исходных реперов.

6.2.8 В бетонных сооружениях марки следует устанавливать на гребне и в галереях, расположенных в теле сооружения. 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 (с интервалом от 10 до 15 м) и гидростатические нивелиры для изучения наклонов плотины.

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

6.2.10 На грунтовых сооружениях 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, на участках расположения водопроводящих сооружений. В случае протяженных напорных объектов расстояние между створами может быть увеличено.

6.2.11 Плиты-марки и глубинные марки следует закладывать на участках с плохими геологическими условиями основания и в местах ожидания больших неравномерных осадок тела грунтового сооружения.

6.2.12 На бетонных и грунтовых сооружениях в проектной документации следует предусматривать поперечные измерительные створы, где должна сосредотачиваться КИА различного назначения. В таких створах должны быть размещены и осадочные марки.

6.2.13 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).

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

6.2.15 Измерения по опорной высотной сети и по маркам в сооружениях должны выполняться преимущественно методом геометрического нивелирования в соответствии с инструкцией [8]. Методика измерений, обработки и уравнивания измеренных результатов разрабатывается в программе наблюдений.

6.2.16 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. Комбинированные методы выбираются при разработке программы натурных наблюдений из следующих вариантов:

- измерения электронным тахеометром расстояний, горизонтальных и вертикальных углов; при использовании высокоточного электронного тахеометра-автомата точность дальномерных измерений составляет 0,6 мм, точность угловых измерений от 0,5"до 1,0";
- измерения спутниковыми системами GPS и ГЛОНАСС, для которых средняя квадратическая ошибка определения осадок составляет от 10 мм до 15 мм, горизонтальных смещений от 5 мм до 10 мм и мало зависит от удаленности исходных реперов;

- метод лазерного сканирования, который позволяет определить одновременно положение (в плане и по высоте) большого количества измерительных точек и составить топографические планы участков (плотины, грунтового сооружения, оползневого склона) на момент наблюдений и их изменений в последующих циклах. Средняя квадратическая ошибка определения осадок и горизонтальных смещений ГТС составляет 5 мм (закрепленные или имеющиеся на сооружениях четкие контуры, которые можно опознать при обработке) или от 10 мм до 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.

6.2.17 Аппаратура всех перечисленных методов должна проходить метрологический контроль.

6.2.18 До и после измерений, а также в их процессе должны выполняться технологические проверки аппаратуры, предусмотренные документами Федеральной геодезической службы России и инструкцией по эксплуатации, прилагаемой к каждому прибору изготовителем.

6.3 Контроль горизонтальных перемещений

6.3.1 На крупных ГТС 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 контрольные.

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

6.3.3 Местоположение, конструкция опорных плановых знаков, методика измерений должна разрабатываться в проектной документации и в программе наблюдений.

6.3.4 Предварительное местоположение опорных знаков должно определяться геодезистами при разработке программы наблюдений и уточняться на месте с геологом проектной организации (для оценки устойчивости знаков).

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

6.3.6 Для изучения оползневых, потенциально неустойчивых склонов, подвижек по разломам могут создаваться отдельные, локальные сети.

6.3.7 На оползневых склонах с малыми смещениями (от 1 до 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.

6.3.8 Опорная сеть создается измерением с помощью электронного тахеометра (линейно-угловые сети), приборов спутниковых измерений (GPS, ГЛОНАСС), лазерные сканеры. До измерений должен быть выполнен метрологический контроль, а в процессе измерений — технологические проверки применяемых приборов, средств измерений.

6.3.9 Внутренние плановые сети используют измерения:

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

6.3.10 Инклинометры закладывают в основаниях сооружений для измерения смещений основания на разных глубинах.

6.3.11 Прямые и обратные отвесы на крупных сооружениях по возможности должны образовывать вертикальные измерительные створы. 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).

6.3.12 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.

6.3.13 При применении метода полигонометрии в галерее плотины также закладывают по два 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.

6.3.14 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).

6.4 Контроль фильтрационного режима сооружений и оснований

6.4.1 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 противофильтрационных элементах тела сооружения, а также за температурой фильтрующейся воды и, при необходимости, ее химическим составом.

6.4.2 Для наблюдений за положением депрессионной поверхности в теле сооружения и в берегах применяются пьезометры различного типа и телеметрические датчики давления (уровня) воды.

6.4.3 Пьезометры и телеметрические датчики размещаются в сечениях, перпендикулярных продольной оси сооружения, а также вдоль линий примыкания плотины к бетонным сооружениям и к берегам. Первый по линии тока измерительный прибор устанавливается на гребне сооружения вблизи бровки напорного откоса. Последний — у входа фильтрационного потока в дренаж, а промежуточные — на бермах низового откоса.

6.4.4 Размещение пьезометрических сечений, как правило, может совпадать со створами осадочных марок на грунтовых плотинах.

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

6.4.5 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.

6.4.6 Заложение водоприемников пьезометров должно быть ниже минимально ожидаемого уровня воды. В том случае, если в пьезометрах предполагается использовать датчики давления, минимальная глубина воды в пьезометре должна быть не менее 1,0—2,0 м.

6.4.7 Для контроля положения уровня грунтовых вод в пойменных участках также должны устанавливаться пьезометры.

6.4.8 Избыточное поровое давление в противофильтрационных экранах, ядрах, основаниях следует измерять датчиками давления (пьезодинамометрами), устанавливаемыми в массиве грунта одновременно с возведением сооружения. Схема их размещения определяется в проектной документации.

6.4.9 Для измерения величин фильтрационного расхода в дренажах и на выпусках из дренажа должны устанавливаться смотровые колодцы, оборудованные водомерными устройствами, или выпуски дренажа должны обеспечивать замеры расхода воды другими способами в соответствии с проектной документацией. Колодцы располагаются в конце каждого из характерных контролируемых участков сооружения.

6.4.10 На открытых дренажах (канавы, кюветы) должны устанавливаться мерные водосливы треугольного или трапецеидального профилей. Установка водомерных устройств должна предусматриваться проектной документацией.

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

6.5 Контроль противодавления

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

6.5.2 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.

6.5.3 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.

6.5.4 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.

6.5.5 Оголовки закладных и опускных пьезометров должны быть выведены в легкодоступные места для наблюдения за показаниями пьезометров.

6.5.6 В районах с длительными периодами отрицательных температур воздуха не допускается вывод оголовков напорных пьезометров на наружную поверхность или в неотапливаемые помещения, температура в которых может быть ниже 0 °С.

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

6.5.8 Наблюдения за давлением воды в теле сооружений, связанным с их напряженным состоянием, выполняются с помощью закладных датчиков (пьезодинамометров).

6.5.9 В наиболее высоких секциях пьезодинамометры устанавливаются на нескольких отметках по высоте сооружения, в том числе вблизи основания и в пределах отметок сработки водохранилища. При этом измерительные створы размещаются как в монолитном бетоне, так и в горизонтальных строительных швах. Рекомендуется, чтобы в теле сооружения створ пьезодинамометров совпадал со створом других закладных датчиков — тензометров и термометров.

6.5.10 В створе, расположенном в горизонтальном строительном шве, наряду с пьезодинамометрами устанавливаются щелемеры.

6.5.11 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 шести-семи датчиков, после дренажа — один-два датчика.

6.6 Контроль температурного режима и уровней воды

6.6.1 Температурный режим в теле бетонных и грунтовых плотин измеряется дистанционными температурными датчиками. Могут устанавливаться как одиночные датчики, так и гирлянды датчиков температуры. Особую важность имеют измерения температур в сооружениях, 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.

6.6.2 Размещение температурных преобразователей (датчиков) в контролируемых зонах, створах, сечениях или в отдельных элементах сооружения 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).

6.6.3 В основании сооружения, расположенного 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.

6.6.4 Для исследований температуры в зонах многолетней мерзлоты необходимо применять термометры, обеспечивающие точность измерений 0,1 °С. В контролируемой области датчики температуры следует размещать по квадратной или прямоугольной сетке, обеспечивающей гарантированную фиксацию границ мерзлоты и динамику изменения положения нулевой изотермы.

6.6.5 В сооружении мерзлого типа термодатчики размещают как в зоне, играющей роль противофильтрационного элемента (например, мерзлотной завесы), так и по ее периферии.

6.6.6 В сооружениях талого типа (фильтрующих) датчики температуры размещаются в противофильтрационных элементах (ядре, экране), в переходных фильтровых зонах и в зонах выклинивания 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.

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

6.6.8 Температурный режим водохранилища контролируется системой (гирляндой) датчиков с требуемым шагом, установленных на жесткой штанге или гибком тросе с грузом и расположенных вдоль верхового откоса (грани) плотины, начиная от гребня. В зоне образования и движения льда трос с гирляндой датчиков помещается в пластиковую трубу и заглубляется в нишу, выполненную по напорной грани плотины и защищенную металлическим листом.

6.6.9 Измерение уровня верхнего бьефа должно проводиться в нескольких створах по длине напорного фронта в зависимости от компоновки гидроузла. Датчики следует устанавливать на водоприемнике ГЭС, у водосбросов и на плотине у правого и левого берега. При наличии перекоса уровней, нагона и большой длине напорного фронта число створов следует увеличить.

6.6.10 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 или другими дублирующими устройствами измерений уровня воды.

6.6.11 Измерение уровней нижнего бьефа должно проводиться на выходе воды из отсасывающих труб здания ГЭС и на отводящем канале в створе установившегося движения потока воды с учетом работающего водосброса.

6.6.12 Точность измерения уровней, напора и перепада уровней на сороудерживающих решетках должна быть не ниже ± (2—5) см.

6.6.13 Измерение расхода воды через гидроагрегаты и донные водосбросы следует выполнять с помощью перепадомеров или расходомеров иного принципа действия. Отбор давления следует осуществлять в измерительном створе спиральной камеры гидроагрегата и донного водосброса. Предел допустимой погрешности измерения разности давлений в измерительном створе не должен превышать ±0,5 %. При отсутствии или неработоспособности перепадомеров допускается определять расход через гидроагрегат и водосбросы по заводской и проектной расходным характеристикам. Такие характеристики должны быть проверены натурными измерениями расходов воды гидрометрическими вертушками в нижнем бьефе.

6.6.14 Гидрометрические посты в верхнем и нижнем бьефах гидроузла, а также на деривационных каналах должны быть оборудованы системой записи или системой передачи данных.

6.7 Специальные наблюдения

6.7.1 Исследование напряженного состояния бетона в натурных условиях осуществляется путем измерения его деформаций и последующего вычисления напряжений на основе теорий упругости и ползучести.

6.7.2 Деформации внутри тела сооружения измеряют с помощью закладных телетензометров, а деформации на поверхности — с помощью накладных тензометров.

6.7.3 Расположение приборов в сооружении принимается в зависимости от типа сооружения и свойств основания сооружения. При размещении тензометров их следует располагать, как правило, в плоскостях, параллельных ближайшим наружным вертикальным плоскостям блоков, а геометрические центры тензометров должны находиться по возможности на одном уровне.

6.7.4 Тензометры в бетоне необходимо устанавливать в тех местах сооружений, для которых имеются данные о напряжениях, полученные либо расчетным путем, либо путем экспериментального испытания моделей. Сопоставление расчетных и измеренных в натуре величин дает возможность наиболее полно оценить состояние сооружений и полученные результаты модельных исследований.

6.7.5 В случае исследования пространственного напряженного состояния, действующего в данной зоне бетонного сооружения, применяется «розетка» из девяти тензометров.

6.7.6 «Розетка» из пяти тензометров устанавливается, если напряженное состояние сооружения в данной зоне 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.

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

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

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

6.7.10 На грунтовых плотинах I и II классов высотой более 30 м для намывных плотин и более 60 м для насыпных плотин с грунтовыми противофильтрационными элементами проводятся наблюдения за напряженным состоянием грунта в теле и основании плотины с целью оценки прочности, устойчивости и степени завершенности процесса консолидации грунта. Этими наблюдениями определяют значения напряжений в скелете грунта и порового давления воды, насыщающей грунт.

6.7.11 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 противофильтрационном 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).

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

6.7.13 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.

6.7.14 Арматурный динамометр может быть установлен (вварен в арматуру) практически в любом месте, причем желательно выбирать местоположение динамометров в соответствии с расчетной эпюрой изгибающих моментов и/или нормальных растягивающих усилий, действующих на конструкцию. Арматурный динамометр вваривают либо непосредственно в рабочую арматуру, либо в так называемые «плавающие стержни», располагающиеся между стержнями рабочей арматуры. Как правило, арматурные динамометры размещаются на пересечении рабочей арматуры с плоскостью предполагаемой трещины, строительного шва, во входящих углах конструкций и прочее. Динамометры по возможности не следует вваривать в криволинейные участки арматуры исследуемой конструкции.

7 Требования, обеспечивающие сохранность и работоспособность контрольно-измерительной системы и контрольно-измерительной аппаратуры

7.1 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.

7.2 Установленная на сооружениях контрольно-измерительная аппаратура должна иметь защиту от внешних воздействующих факторов и защиту от проявлений вандализма и любых других, не предусмотренных проектной документацией, технических воздействий.

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

7.4 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.

7.5 Оголовки пьезометров должны быть закрыты крышками со специальными запорами, защищающими их от возможности открытия и повреждения посторонними лицами. Затрубное пространство пьезометра должно быть защищено от попадания в него дождевых и талых вод, т. е. в месте контакта с поверхностью вокруг пьзометрической трубы должны быть выполнены гидрозамок и отмостка.

7.6 При проверке состояния пьезометра проводятся измерения глубины и опытная откачка или налив. В случае необходимости при заилении фильтра пьезометра или при очень низких темпах восстановления уровня (при темпах существенно ниже тех, которые следует ожидать при заданном в проектной документации значении коэффициента фильтрации грунта) проводится чистка пьезометра.

7.7 Проверка работоспособности переносных измерительных приборов осуществляется в соответствии с руководством по эксплуатации прибора.

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

7.9 Кабельные коммуникации от приборов до пульта должны быть защищены от внешних повреждений и возможности их хищения.

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

7.11 Монтаж и наладка аппаратуры для натурных наблюдений должны осуществляться специалистами под надзором авторов проектной документации размещения КИА или изготовителями КИА.

7.12 При проектировании и создании КИС и КИА должны быть учтены требования Федерального закона «Об отходах производства и потребления» [9] к утилизации оборудования, материалов и отходов, которые образуются после окончания срока эксплуатации КИС и КИА.

8 Порядок приемки и ввода в эксплуатацию контрольно-измерительной системы и контрольно-измерительной аппаратуры

8.1 Общие положения

8.1.1 При сдаче сооружений в эксплуатацию строительная организация (генеральный подрядчик) должна передать заказчику КИА исполнительную документацию, включая сведения по установочным параметрам КИА, заводскую документацию на оборудование КИС и КИА и все данные наблюдений по ней, а проектная организация (генеральный проектировщик) — программу натурных наблюдений, результаты анализа данных натурных наблюдений в строительный и пусковой периоды, инструкции по организации и проведению наблюдений, методики обработки и анализа натурных данных.

8.1.2 Вся КИА должна быть защищена от повреждений, а отдельные средства измерений — от возможных промерзаний, иметь четкую маркировку и, в случае необходимости, яркие предупредительные знаки.

8.1.3 Пульты с выводами от дистанционной КИА должны располагаться, как правило, в помещениях или шкафах, защищенных от атмосферных осадков и имеющих защиту от несанкционированного проникновения.

8.2 Геодезическая сеть

8.2.1 Приемка и сдача в эксплуатацию геодезической сети проводится в соответствии с инструкциями [8], [10]. В каждом цикле уравниванию измеренных величин должен предшествовать их анализ с целью получения данных о достигаемой точности измерений.

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

8.2.3 По результатам установки геодезической сети оформляются ее паспортные данные, содержащие схему расположения всех реперов, осадочных марок, плановых опорных пунктов и знаков, конструкцию знаков с приложением их установочных параметров.

8.3 Пьезометры

8.3.1 После установки пьезометры должны быть проверены на пригодность к работе (чувствительность). Чувствительность пьезометров определяется посредством налива или желонирования (откачки).

В обязательном порядке после обустройства пьезометра должна производиться прокачка желонкой, эрлифтом или насосами продолжительностью не менее одной бригадо-смены. Для проверки состояния пьезометра опытная откачка или налив проводятся не менее чем при двух изменениях уровня воды. Продолжительность откачки не менее 1—5 суток на каждое понижение. Затем выполняется систематическое наблюдение за снижением или восстановлением уровней воды во времени до ста-

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

8.3.2 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;
- отметка верха пьезометрической трубы;
- отметка устья водоприемника, длина водоприемника;
- глубина отстойника;
- длина пьезометрической скважины, угол ее наклона к вертикали;
- диаметр пьезометрической скважины и водоприемной части пьезометра;
- диаметр пьезометрической трубы;
- кривая зависимости снижения уровня воды в пьезометре при его первичном заполнении водой;
- диаметр и длина защитной трубы оголовка пьезометра.

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

8.4 Щелемеры

8.4.1 Вводом щелемера в эксплуатацию является момент выполнения первого измерения, принимаемого за начальный отсчет.

8.4.2 В паспорте щелемера должны быть указаны его координаты, начальные отсчеты с указанием даты, температуры наружного воздуха и других внешних условий в момент снятия отсчетов, формула для расчета перемещений (раскрытий).

8.4.3 При повреждении одной или нескольких марок щелемера производится новая закладка и обетонирование марок.

8.4.4 Первое измерение по вновь установленным маркам щелемера делается не ранее, чем через 3—5 дней после обетонирования закладных элементов щелемера.

8.5 Приборы для специальных наблюдений

8.5.1 Вводом в эксплуатацию закладной КИА является момент выполнения первого измерения после установки в сооружение, принимаемого за начальный отсчет. Обработка данных с дистанционных приборов начинается с перевода показаний вторичных приборов в физические величины (деформации, перемещения, раскрытия швов, температура и др.). При наличии флуктуаций (скачков) необходимо провести их анализ для исключения ошибок и выявления объективных аномальных показаний, связанных с раскрытием трещин, динамическими нагрузками и т. п.

8.5.2 Достоверность показаний датчиков проверяется несколькими способами:

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

8.5.3 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.

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

9 Требования к созданию автоматизированной контрольно-измерительной системы и автоматизированной системы опроса контрольно-измерительной аппаратуры

9.1 Общие положения, назначение автоматизированной системы опроса контрольно-измерительной аппаратуры

9.1.1 АСО КИА, основанная на показаниях измерительных устройств, предназначена для автоматизации процесса измерений по контрольной аппаратуре и постоянного наблюдения за состоянием ГТС электростанции.

9.1.2 Программно-технический комплекс АСО КИА создается на основе современных микропроцессорных устройств (модулей сбора данных) и датчиков серийного (промышленного) производства, а при необходимости и на основе индивидуально разработанных средств измерения. АСО КИА может являться самостоятельной системой контроля ГТС либо являться составной частью автоматизированной системы диагностического контроля ГТС (АСДК ГТС).

9.1.3 АСДК ГТС представляет собой интегрированную систему, включающую в себя АСО КИА и ИДС контроля безопасности ГТС. При необходимости АСДК ГТС интегрируется с автоматизированной системой электростанции или с автоматизированной системой вышестоящего уровня управления. При этом АСО КИА выступает как подсистема дистанционного контроля состояния ГТС в составе АСДК ГТС.

9.1.4 Создание АСО КИА включает в себя следующие основные этапы:

- разработка технического задания на АСО КИА по ГОСТ 34.602;
- согласование и утверждение технического задания заказчиком системы;
- разработка рабочего проекта и сметной документации АСО КИА;
- комплектация, изготовление, закупка аппаратуры и оборудования для АСО КИА;
- строительно-монтажные работы по реализации рабочего проекта АСО КИА;
- разработка программного обеспечения, пуско-наладочные работы;
- выполнение работ по интеграции АСО КИА с ИДС контроля безопасности ГТС, а при необходимости также с автоматизированными системами вышестоящего уровня;
- опытно-промышленные работы (временная эксплуатация АСО КИА для ее испытания) и подготовка исполнительной и эксплуатационной документации согласно ГОСТ 27300 и ГОСТ Р 2.601;
- сдача системы заказчику в промышленную эксплуатацию.

9.1.5 Техническое задание на АСО КИА является основным документом, определяющим условия создания, технические требования, порядок разработки, осуществления, испытаний и приемки при вводе системы в действие по ГОСТ 34.602.

9.1.6 Техническое задание на АСО КИА разрабатывается как на систему (подсистему), предназначенную для работы самостоятельно или в составе АСДК ГТС.

9.1.7 В требованиях к АСО КИА должны указываться этапы разработки и внедрения АС, допустимые пределы развития и модернизации системы, показатели ее использования в составе мониторинга за безопасностью ГТС.

9.1.8 АСО КИА должна обеспечивать минимально необходимый уровень контроля технического состояния ГТС.

9.1.9 Исходные данные для разработки АСО КИА на строящейся и/или реконструируемой электростанции должны включать в себя сведения о размещении КИА, результаты натурных наблюдений по КИА, подлежащей автоматизации, за весь период наблюдений, ожидаемые условия эксплуатации КИА и техническое задание заказчика на создание АСО КИА.

9.1.10 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 [7]), условия эксплуатации КИА и другие сведения, необходимые для проектирования системы.

9.1.11 АСО КИА предназначена для автоматизации инструментальных наблюдений по КИА путем ее периодического опроса и передачи данных измерений в ИДС контроля безопасности ГТС ГЭС.

9.1.12 В разделе «Назначение АСО КИА» технического задания и рабочего проекта системы указываются перечни объектов контроля и КИА, которая подлежит автоматизации.

9.1.13 При создании АСО КИА на реконструируемой ГЭС должна использоваться существующая сеть измерительных устройств, эксплуатируемых на ГТС электростанции, а при необходимости авто-

матизация КИА может осуществляться одновременно с модернизацией и расширением существующей сети КИА.

9.1.14 АСО КИА в составе АСДК ГТС должна обеспечивать 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.

9.1.15 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 сооружений ГЭС);
- снижение трудозатрат и исключение ошибок в процессе опроса КИА и ввода результатов измерений в базу данных АСДК ГТС.

9.2 Общие требования к автоматизированной системе опроса контрольно-измерительной аппаратуры

9.2.1 Основные технические требования к АСО КИА:

- надежность;
- функциональность;
- открытость;
- совместимость с другими подсистемами контроля ГТС;
- самоконтроль датчиков и аппаратуры;
- удобство при техническом обслуживании, возможность проведения блочной замены аппаратуры;
- обеспечение эксплуатационной проверки работоспособности датчиков и каналов связи;
- надежность результатов, получаемых при обработке измерительной информации;
- ремонтопригодность и возможность замены вышедших из строя КИА и отдельных элементов АСО КИА;
- обеспечение безопасного проведения наблюдений, эксплуатационного и технического обслуживания КИС и КИА, включая их ремонт и замену.

9.2.2 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 ГЭС.

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

- использование, как правило, серийных датчиков промышленного производства с унифицированным выходным сигналом для выполнения инструментальных наблюдений различного вида (в отдельных случаях, при необходимости, могут использоваться измерительные устройства индивидуального изготовления, при условии, что они также имеют унифицированный выходной сигнал);
- применение системы автоматизированного контроля «открытого» типа, позволяющей наращивать АСО КИА по мере необходимости с применением датчиков и аппаратуры от различных изготовителей.

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

9.2.5 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 ИДС контроля ГТС, которая автоматически передает результаты измерений в общую базу данных АСДК ГТС.

9.2.6 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, соответствующих требованиям Федерального закона «Об отходах производства и потребления» [9].

9.2.7 ИДС должна быть программно-совместимой с АСО КИА, обеспечивать архивацию и хранение полученной информации, содержать ранее разработанные блоки действующих на станции информационно-диагностических подсистем.

9.2.8 АСО КИА должна быть «открытой системой», то есть построенной на основе стандартов, поддерживаемых большим числом изготовителей аппаратуры, и удовлетворяющей требованиям по функциональности, точности, совместимости, взаимозаменяемости и информационной безопасности [4].

9.2.9 Открытая система автоматизации должна обладать следующими свойствами:

- взаимодействие — применение «открытых» протоколов обмена информацией, обеспечивающих возможность расширения системы и ее модернизации;
- совместимость — возможность построения работоспособной сети на основе компонентов и устройств от разных изготовителей;
- взаимозаменяемость — возможность замены компонентов аналогичными устройствами от других изготовителей.

9.2.10 Технические требования к функциональности АСО КИА:

- система должна обеспечивать автоматизированный опрос датчиков, сбор информации, ее хранение, обработку, передачу и анализ в 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;
- при эксплуатации АСО КИА должны соблюдаться нормы по защите получаемой информации в соответствии с требованиями Федерального закона «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» [4].

9.3 Требования к техническим средствам автоматизированной системы опроса контрольно-измерительной аппаратуры

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

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

9.3.3 В качестве первичных датчиков (измерительных преобразователей) должны использоваться датчики серийного (промышленного) типа, удовлетворяющие требованиям по точности, диапазону измерений, долговременной стабильности, защищенности от внешних воздействующих факторов, соответствующих условиям эксплуатации.

9.3.4 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.

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

- периодический опрос датчиков аналоговых сигналов с требуемой частотой опроса, предусмотренной программой натурных наблюдений;
- проверка достоверности полученной информации;
- формирование инициативных сигналов при выходе измеряемых параметров за граничные значения.

9.3.6 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.

9.4 Требования к программно-техническому комплексу

9.4.1 Программно-технические комплекс, 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.

9.4.2 Средства программно-технического комплекса должны обеспечивать уровень надежности, соответствующий требованиям технического задания на АСО КИА.

9.4.3 Процедура обмена информацией с удаленными датчиками должна управляться программой, установленной на сервере в центральном пульте сбора информации.

9.4.4 Центральный пульт системы автоматического сбора данных должен находиться, как правило, в серверном помещении, имеющемся на ГЭС и обеспечивающем необходимые условия по электропитанию, температуре, влажности, помехозащищенности и др. Сервер используется как средство сбора и 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 систему управления базами данных для работы ИДС контроля безопасности ГТС, обеспечивать передачу информации на рабочие места эксплуатационной и/или технической служб ГЭС и при необходимости в компьютерную сеть вышестоящего уровня.

9.5 Требования к видам обеспечения

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

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

9.5.2 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 автоматизированных системах, а также требования к конструкторской технической документации и ее согласованию с заказчиком.

9.5.3 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 автоматизированными системами, к защите данных от разрушений при сбоях в электропитании, к контролю за хранением, обновлением и восстановлением архивов информации.

9.5.4 В требованиях к метрологическому обеспечению согласно Федеральному закону «Об обеспечении единства измерений» [3], ГОСТ Р 8.596 и [11] устанавливают:

- требования к погрешности и диапазону измерений;
- требования к метрологическим характеристикам средств измерений;
- требования к метрологической экспертизе технической документации;
- требования к совместимости метрологических характеристик средств измерений.

9.5.5 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 автоматизированных систем, независимости программных средств от версии операционной системы, согласования разрабатываемых программ для разных модулей системы.

Для предотвращения несанкционированных настроек и вмешательств в программное обеспечение при необходимости следует провести испытание программного обеспечения по Р 50.2.077—2014 [12].

9.5.6 Организационно-методическое обеспечение достигается за счет требований к структуре подразделений, эксплуатирующих и поддерживающих АСО КИА, требований к составу технической документации компонентов системы и их сертификации.

9.6 Состав работ при создании автоматизированной системы опроса контрольно-измерительной аппаратуры

При создании АСО КИА необходимо обеспечить выполнение следующих работ:

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

9.6.2 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.

9.6.3 Провести анализ данных натурных наблюдений за максимально возможный период измерений (на давно эксплуатируемых ГЭС до 20…25 последних лет), установить перечень КИА, подлежащей автоматизации с определением необходимых пределов измерений первичных датчиков.

9.6.4 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.

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

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

9.6.7 Разработать предложения к проекту производства работ и сметно-финансовые расчеты для реализации каждого этапа АСО КИА.

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

9.6.9 Выполнить на объекте строительно-монтажные работы, шефмонтаж, авторский надзор, пуско-наладочные работы, разработку и отладку программного обеспечения.

9.6.10 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.

9.7 Требования к эксплуатационной документации

9.7.1 В соответствии с ГОСТ 27300 комплект эксплуатационной документации АСО КИА 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 составу оборудования системы;
- исполнительную документацию, сборочные и габаритные чертежи измерительных устройств;
- заводские паспорта измерительных преобразователей и всех компонентов системы;
- методику и программу проведения пусковых испытаний;
- комплект программных средств на внешних электронных носителях со средствами инсталляции;
- комплекты структурных, функциональных и монтажных схем системы, схем подключения датчиков и телекоммуникаций;
- методические указания и инструкцию по техническому обслуживанию для эксплуатационного персонала, в которой должны быть отражены необходимые операции по техническому обслуживанию, выводу в ремонт, ремонту, вводу в работу, испытаниям компонентов системы;
- регламент выполнения технического обслуживания и планово-профилактических ремонтов, в том числе перечень возможных неисправностей и способы их устранения, потребность в расходных материалах;
- действующие в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений документы органов Росстандарта об утверждении типа средств измерений, методики поверки средств измерений, заводские документы о первичной поверке измерительных средств. Для средств измерений, не относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, в добровольном порядке могут быть представлены сертификаты калибровки;
- условия утилизации технических средств.

10 Требования к размещению приборов и устройств для измерения параметров, влияющих на состояние гидротехнических сооружений, и контроля режимов работы гидроэлектростанции

10.1 Для измерения параметров, влияющих на состояние ГТС, и контроля режима 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;
- температура воды и воздуха.

10.2 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 5Н от гребня водосливной плотины (Н — 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.

10.3 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.

10.4 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.

11 Метрологическое обеспечение средств измерения в составе контрольно-измерительной системы, контрольно-измерительной аппаратуры и автоматизированной системы опроса контрольно-измерительной аппаратуры

11.1 Применение определенных типов и количества средств измерения (СИ) в составе КИС, КИА и АСО КИА с необходимыми метрологическими характеристиками и состав работ по метрологическому обеспечению средств измерения должны определяться проектной документацией на создаваемые или реконструируемые ГТС и требованиями действующих норм и правил [2], [3], [6], [7], [11].

11.2 Предназначенные для контроля состояния ГТС СИ должны отвечать требованиям нормативных правовых актов в области обеспечения единства измерений [3] и иметь предусмотренные в нормах документы. Сфера государственного регулирования обеспечения единства измерений распространяется на средства измерений, к которым установлены обязательные метрологические требования.

11.3 Применяемые средства измерений, относящиеся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, должны быть утвержденного типа, внесены в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений, соответствовать обязательным метрологическим требованиям, иметь при поставке соответствующие эксплуатационные документы, в том числе подтверждающие проведение первичной поверки.

11.4 СИ, не предназначенные для применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, могут подвергаться поверке и/или калибровки в добровольном порядке [3]. Периодичность калибровки и методика их проведения для таких СИ определяются документами, утверждаемыми техническим руководителем станции.

11.5 Метрологическое обеспечение системы АСО КИА как автоматизированной контрольно-измерительной системы на этапах разработки (проектирования), производства (изготовление, монтаж и наладка на объекте эксплуатации) должно осуществляться согласно ГОСТ Р 8.596 и ГОСТ Р 8.563.

11.6 Шкалы применяемых вторичных средств измерений должны быть выражены в единицах величин, допущенных к применению Федеральным законом «Об обеспечении единства измерений» [3].

Библиография

[1] Федеральный закон от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации»

[2] Федеральный закон от 21 июля 1997 г. № 117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений»

[3] Федеральный закон от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений»

[4] Федеральный закон от 27 июля 2006 г. № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации»

[5] Постановление Правительства Российской Федерации от 2 ноября 2013 г. № 986 «О классификации гидротехнических сооружений»

[6] Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации (утверждены приказом Минэнерго России от 19 июня 2003 г. № 229)

[7] Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29 декабря 2004 г. № 190-ФЗ

[8] Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов. ГКИНП (ГНТА)-03-010-03 (утверждена приказом Роскартографии от 25 декабря 2003 г. № 181-пр)

[9] Федеральный закон от 24 июня 1998 г. № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления»

[10] Инструкция о порядке контроля и приемки геодезических, топографических и картографических работ. ГКИНП (ГНТА)-17-004-99 (утверждена приказом Роскартографии от 29 июня 1999 г. № 86-пр)

[11] Порядок проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке (утвержден приказом Минпромторга от 2 июля 2015 г. № 1815)

[12] Р 50.2.077—2014 Государственная система обеспечения единства измерений. Испытания средств измерений в целях утверждения типа. Проверка защиты программного обеспечения

УДК 621.22:006.354 ОКС 27.140

Ключевые слова: гидроэлектростанция, гидротехнические сооружения, ГТС, контрольно-измерительные системы, контрольно-измерительная аппаратура, виды наблюдений, инструментальный контроль, измерительное устройство, автоматизированная система опроса КИА, автоматизированная система диагностического контроля

БЗ 12—2019/47

Редактор *Н.В. Верховина*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *Е.Д. Дульнева*
Компьютерная верстка *Е.А. Кондрашовой*

Сдано в набор 05.12.2019. Подписано в печать 16.12.2019. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 4,18. Уч.-изд. л. 3,76.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru