

Приложение 1
к приказу ПАО «РусГидро»
от 20.02.2016 № 137



РусГидро

ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«ФЕДЕРАЛЬНАЯ ГИДРОГЕНЕРИРУЮЩАЯ КОМПАНИЯ-РУСГИДРО»
(ПАО «РУСГИДРО»)

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

**ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ
ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ. МЕТОДИЧЕСКИЕ
РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ
МНОГОФАКТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

СТО РусГидро 02.03.119-2015

Издание официальное

Москва - 2015

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27.12.2002 № 184-ФЗ «О техническом регулировании». Правила применения стандартов организаций установлены ГОСТ Р 1.4-2004 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организации. Общие положения.

Сведения о стандарте

1 РАЗРАБОТАН Некоммерческим Партнерством «Гидроэнергетика России» (НП "Гидроэнергетика России"), Акционерным обществом «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники имени Б.Е. Веденеева» (АО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева»)

2 ВНЕСЕН Департаментом развития и стандартизации производственных процессов ПАО «РусГидро» в соответствии с рекомендацией Рабочей группы по техническому регулированию ПАО «РусГидро» (протокол от 16.10.2015 № 87)

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ приказом ПАО «РусГидро»

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения

ПАО «РусГидро»

Содержание

1	Область применения.....	1
2	Нормативные ссылки.....	2
3	Термины, определения и сокращения	6
4	Общие положения.....	9
5	Требования по организации и составу работ, входящих в комплекс многофакторных исследований.....	13
5.1	Периодичность проведения исследований.....	13
5.2	Порядок проведения многофакторных исследований	13
5.3	Состав проводимых исследований для гидротехнических сооружений различного класса и назначения.....	15
5.3.1	Плотины и дамбы	15
5.3.2	Здания гидроэлектростанций, входящие в состав напорного фронта	21
5.3.3	Устои и подпорные стены, входящие в состав напорного фронта	23
5.3.4	Водосбросы, водоспуски и водовыпуски, входящие в состав напорного фронта	24
5.3.5	Деривационные, водоподводящие и отводящие каналы.....	25
5.3.6	Гидротехнические туннели.....	26
5.3.7	Напорные трубопроводы и уравнивательные резервуары	28
5.3.8	Напорные бассейны и бассейны суточного регулирования	28
6	Методические рекомендации по выполнению многофакторных исследований	29
6.1	Методы выполнения отдельных видов исследований	29
6.1.1	Инженерные изыскания	29
6.1.2	Обследования гидротехнических сооружений.....	32
6.1.3	Лабораторные испытания свойств материалов	38
6.1.4	Анализ результатов натурных наблюдений	41
6.1.5	Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения.....	47
6.1.6	Фильтрационные исследования	48
6.1.7	Расчетные исследования	50
6.2	Требования по учету особых условий территории размещения гидротехнических сооружений	53
6.2.1	Северная строительно-климатическая зона.....	53
6.2.2	Закарстованные территории	54

6.2.3	Наличие лессовых грунтов в основании	54
6.2.4	Оползнеопасные территории.....	55
6.2.5.	Сейсмоопасные территории	56
7	Требования по использованию результатов многофакторных исследований в ходе дальнейшей эксплуатации сооружений.....	58
	Библиография	61

Введение

Стандарт организации электроэнергетики «Гидротехнические сооружения гидроэлектростанций. Методические рекомендации по выполнению многофакторных исследований» (далее – Стандарт) разработан в соответствии с требованиями Федерального закона от 27.12.2002 № 184-ФЗ «О техническом регулировании».

Стандарт является нормативным документом ПАО «РусГидро» и устанавливает требования к оценке состояния напорных гидротехнических сооружений различного назначения, находящихся в эксплуатации 25 и более лет, при проведении многофакторных исследований.

Требования Стандарта основаны на положениях Федерального закона от 21.07.1997 № 117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений» и соответствуют требованиям нормативных документов федеральных органов исполнительной власти, уполномоченных в области безопасности гидротехнических сооружений. При разработке Стандарта использованы требования нормативных правовых, технических и информационных документов, относящихся к области применения Стандарта и действовавших в период его разработки.

В Стандарт включены апробированные многолетним опытом, широко используемые на практике организационные и методические требования к проведению исследовательских работ, входящих в состав многофакторных исследований.

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ ПАО «РусГидро»

**ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ.
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ
МНОГОФАКТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Дата введения _____

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт (далее – Стандарт) устанавливает основные правила, нормы и требования, относящиеся к методикам и процедурам оценки состояния гидротехнических сооружений (далее – ГТС) всех классов и различного назначения, находящихся в эксплуатации 25 и более лет, с применением многофакторных исследований.

1.2 Требования Стандарта распространяются на напорные гидротехнические сооружения гидроэлектростанций, в том числе:

- плотины всех типов;
- здания гидроэлектростанций, входящие в состав напорного фронта;
- устои и подпорные стены, входящие в состав напорного фронта;
- водосбросы, водоспуски и водовыпуски, входящие в состав напорного фронта;
- водоподводящие и отводящие каналы и сооружения на них;
- гидротехнические туннели;
- напорные трубопроводы (водоводы) и уравнильные резервуары;
- напорные бассейны и бассейны суточного регулирования.

1.3 Требования и нормы Стандарта могут быть применены для гидротехнических сооружений, не относящихся к объектам гидроэнергетики, в том числе:

- гидротехнических сооружений, входящих в состав комплексов инженерной защиты населенных пунктов и предприятий;
- гидротехнических сооружений накопителей жидких промышленных отходов, в том числе золошлакоотвалов.

1.4 Стандарт не распространяется на судоходные гидротехнические сооружения.

1.5 Требования и нормы Стандарта должны применяться при проведении многофакторных исследований ГТС.

1.6 Стандарт предназначен для обязательного применения в ПАО «РусГидро» (далее – Общество). Дочерние и зависимые общества ПАО «РусГидро» применяют требования Стандарта после его утверждения в установленном порядке в качестве локального нормативного документа дочерних и зависимых обществ ПАО «РусГидро».

1.7 В случае, если часть гидротехнических сооружений гидроузла (судоходный шлюз и др.) принадлежит иным собственникам, для которых требования Стандарта не являются обязательными, порядок проведения многофакторных исследований должен быть установлен договором между ПАО «РусГидро» и этими организациями-собственниками.

1.8 Требования Стандарта обязаны выполнять любые сторонние организации и физические лица, выполняющие работы (оказывающие услуги) в области его применения по договорам с Обществом и (или) с его филиалами, дочерними и зависимыми организациями, если это обязательство отражено в заключаемых с ними договорах.

1.9 Обязательность применения требований и норм Стандарта ограничена деятельностью на объектах, расположенных в Российской Федерации, владельцами или инвесторами (застройщиками) которых являются Общество и (или) дочерние и зависимые общества ПАО «РусГидро».

1.10 Применение требований Стандарта для целей зарубежной экономической деятельности определяется соответствующим международным соглашением.

1.11 При расхождении требований Стандарта с требованиями нормативной и технической документации, выпущенной до его утверждения, следует пользоваться требованиями Стандарта.

1.12 При введении в действие уполномоченными федеральными органами исполнительной власти новых нормативных правовых и методических документов, требования которых отличаются от приведенных в Стандарте, следует руководствоваться вновь введенными требованиями до внесения в Стандарт соответствующих изменений.

2 Нормативные ссылки

В Стандарте использованы нормативные ссылки на следующие документы:
Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ

Федеральный закон от 21.06.1997 № 117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений»

Федеральный закон от 27.12.2002 № 184-ФЗ «О техническом регулировании»

Федеральный закон от 30.12.2009 № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»

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

ГОСТ 2678-94 Материалы рулонные кровельные и гидроизоляционные. Методы испытаний

ГОСТ 3811-72 Материалы текстильные. Ткани, нетканые полотна и штучные изделия. Методы определения линейных размеров, линейной и поверхностной плотностей

ГОСТ 5180-84 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик

ГОСТ 6943.0-93 Стекловолокно. Правила приемки

ГОСТ 6943.17-94 Стекловолокно. Ткани. Нетканые материалы. Метод определения ширины и длины

ГОСТ 10060-2012 Бетоны. Методы определения морозостойкости

ГОСТ 12071-2000 Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов

ГОСТ 12248-2010 Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости

ГОСТ 12536-2014 Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава

ГОСТ 13587-77 Полотна нетканые и изделия штучные нетканые. Правила приемки и метод отбора проб

ГОСТ 17624-2012 Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности

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

ГОСТ 19912-2012 Грунты. Методы полевых испытаний статическим и динамическим зондированием

ГОСТ 20522-2012 Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний

ГОСТ 21153.3-85 Породы горные. Методы определения предела прочности при одноосном растяжении

ГОСТ 25100-2011 Грунты. Классификация

ГОСТ 25584-90 Грунты. Методы лабораторного определения коэффициента фильтрации

ГОСТ 28570-90 Бетоны. Методы определения прочности по образцам, отобраным из конструкций

ГОСТ 30256-94 Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности цилиндрическим зондом

ГОСТ 30416-2012 Грунты. Лабораторные испытания. Общие положения

ГОСТ 31937-2011 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния

ГОСТ Р 22.1.11-2002 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг состояния водоподпорных гидротехнических сооружений (плотин) и прогнозирование возможных последствий гидродинамических аварий на них. Общие требования

ГОСТ Р 50275-92 (ИСО 9862-90) Материалы геотекстильные. Метод отбора проб

ГОСТ Р 50276-92 (ИСО 9863-90) Материалы геотекстильные. Метод определения толщины при определенных давлениях

ГОСТ Р 52608-2006 Материалы геотекстильные. Методы определения водопроницаемости

ГОСТ Р 53226-2008 Полотна нетканые. Методы определения прочности

ГОСТ Р 53238-2008 Материалы геотекстильные. Метод определения характеристики пор

ГОСТ Р 55260.1.4-2012 Гидроэлектростанции. Часть 1-4. Сооружения ГЭС гидротехнические. Общие требования по организации и проведению мониторинга

ГОСТ EN 1928-2011 Материалы кровельные и гидроизоляционные гибкие битумосодержащие и полимерные (термопластичные или эластомерные). Метод определения водонепроницаемости

СП 14.13330.2014 Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81*

СП 23.13330.2011 Основания гидротехнических сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.02-85

СП 38.13330.2012 Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). Актуализированная редакция СНиП 2.06.04-82*

СП 39.13330.2012 Плотины из грунтовых материалов. Актуализированная редакция СНиП 2.06.05-84*

СП 40.13330.2012 Плотины бетонные и железобетонные. Актуализированная редакция СНиП 2.06.06-85

СП 41.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.06.08-87

СП 47.13330.2012 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96

СП 56.13330.2011 Производственные здания. Актуализированная редакция СНиП 31-03-2001

СП 58.13330.2012 Гидротехнические сооружения. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 33-01-2003

СП 126.13330.2012 Геодезические работы в строительстве. Актуализированная редакция СНиП 3.01.03-84

СТО 17330282.27.010.001-2008 Электроэнергетика. Термины и определения

СТО 70238424.27.010.011-2008 Здания и сооружения объектов энергетики. Методика оценки технического состояния

СТО 17330282.27.140.021-2008 Контрольно-измерительные системы и аппаратура гидротехнических сооружений ГЭС. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования

СТО 70238424.27.140.035-2009 Гидроэлектростанции. Мониторинг и оценка технического состояния гидротехнических сооружений в процессе эксплуатации. Нормы и требования

СТО РусГидро 02.01.121-2015 Гидроэлектростанции. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования

СТО РусГидро 02.01.80-2012 Гидротехнические сооружения ГЭС и ГАЭС. Правила эксплуатации. Нормы и требования

СТО 02.01.100-2014 Гидроэлектростанции. Пропуск льда через гидротехнические сооружения. Рекомендации для проектирования, строительства и эксплуатации

СТО РусГидро 02.01.109-2013 Подводно-техническое обследование состояния гидротехнических сооружений и примыкающих к ним участков неукрепленного русла

СТО РусГидро 02.03.131-2015 Гидроэлектростанции. Методика определения критериев безопасности для декларируемых гидротехнических сооружений

Примечание – при пользовании Стандартом целесообразно проверить действие всех ссылочных документов в информационной системе общего пользования, стандартов – на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю "Национальные стандарты", который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году, СТО ПАО "РусГидро" – по официальному регулярно обновляемому перечню применяемых нормативных документов. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании Стандартом следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный

документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины, определения и сокращения

В Стандарте применены понятия по Федеральному закону от 21.06.1997 № 117-ФЗ, Федеральному закону от 27.12.2002 № 184-ФЗ, термины – по ГОСТ 19185, ГОСТ 27.002, ГОСТ Р 22.1.11-2002, СП 58.13330.2012, СТО 17330282.27.010.001-2008, СТО 17330282.27.140.021-2008, СТО 70238424.27.140.035-2009, СТО РусГидро 02.01.80-2012, СТО РусГидро 02.01.109-2013, СТО РусГидро 02.01.121-2015, СТО РусГидро 02.03.131-2015, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 авария: Опасное техногенное происшествие, создающее угрозу жизни и здоровью людей и/или связанное с разрушением зданий, сооружений, оборудования, с нарушениями производственных процессов, а также с причинением вреда окружающей среде.

3.2 безопасность гидротехнических сооружений: Свойство гидротехнических сооружений выполнять предусмотренные проектом функции без нарушений условий жизни, здоровья и законных интересов людей, окружающей среды и хозяйственных объектов.

3.3 геосинтетические материалы: Материалы из синтетических или природных полимеров, неорганических веществ, контактирующие с грунтом или другими средами.

3.4 гидротехническое сооружение: Плотины, здания гидроэлектростанций, водосбросные, водоспускные и водовыпускные сооружения, туннели, каналы, насосные станции, сооружения, предназначенные для защиты от наводнений, разрушений берегов и дна водохранилищ, рек; устройства от размывов на каналах, а также другие сооружения, здания, устройства и иные объекты, предназначенные для использования водных ресурсов и предотвращения негативного воздействия вод и жидких отходов, за исключением объектов централизованных систем горячего водоснабжения, холодного водоснабжения и (или) водоотведения, предусмотренных Федеральным законом от 07.12.2011 № 416-ФЗ «О водоснабжении и водоотведении».

3.5 инструментальные наблюдения: Регулярные измерения тех или иных показателей физических процессов, происходящих в сооружении, осуществляемые с использованием специальной контрольно-измерительной аппаратуры.

3.6 контролируемые показатели: Измеряемые в натуральных условиях или вычисленные с использованием результатов этих измерений количественные

значения или качественные показатели состояния ГТС; из числа контролируемых показателей выбираются наиболее значимые для диагностики и оценки состояния ГТС диагностические показатели, для которых назначаются количественные или качественные критерии безопасности.

3.7 контрольно-измерительная аппаратура: Стационарные или переносные измерительные устройства, устанавливаемые на гидротехнических сооружениях для контроля их состояния.

3.8 критерии безопасности: Предельные значения количественных и качественных показателей состояния гидротехнического сооружения и условий его эксплуатации, соответствующие допустимому уровню риска аварии гидротехнического сооружения и утвержденные в установленном порядке федеральными органами исполнительной власти, уполномоченными на осуществление федерального государственного надзора в области безопасности гидротехнических сооружений.

3.9 многофакторное исследование: Оценка прочности, устойчивости и эксплуатационной надежности сооружений, их оснований и примыканий по результатам многолетних инструментальных и визуальных наблюдений диагностических показателей его работы и поверочным расчетам по действующим нормам проектирования и их уточненным расчетным схемам с использованием уточненных в период проведения исследований фактических действующих нагрузок и воздействий, физико-механических характеристик материалов, геометрических размеров, выявленных дефектов и (или) повреждений.

3.10 нормальная эксплуатация: Эксплуатация, осуществляемая в соответствии с действующей эксплуатационной документацией.

3.11 обеспечение безопасности гидротехнического сооружения: Разработка и осуществление мер по предупреждению аварий гидротехнического сооружения.

3.12 показатель состояния гидротехнического сооружения: Количественная или качественная характеристика, используемая при оценке технического состояния и/или уровня безопасности сооружения.

3.13 прогнозная математическая модель: Расчетная модель, позволяющая прогнозировать изменения значений тех или иных диагностических показателей состояния ГТС во времени и в различных условиях его эксплуатации; обычно используются два основных вида прогнозных математических моделей □ детерминированные (аналитические или численные), которые построены на основании результатов анализа сущности происходящих в сооружении физических процессов, и статистические (или эмпирические), полученные в виде уравнений регрессии по результатам статистической обработки натурных данных об

изменениях значений диагностических показателей за тот или иной период наблюдений за данным ГТС.

3.14 техническое (эксплуатационное) состояние гидротехнических сооружений: Характеристика технической надежности конструкции гидротехнического сооружения, определяемая на основе сопоставления фактических значений диагностических показателей его состояния с критериальными значениями.

3.15 чрезвычайная ситуация: Обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии гидротехнического сооружения, которая может повлечь или повлекла за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или ущерб окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

3.16 эксплуатирующая организация: Государственное или муниципальное унитарное предприятие либо организация любой другой организационно-правовой формы, на балансе которой находится гидротехническое сооружение.

3.17 эксплуатационная надежность гидротехнического сооружения: Свойство гидротехнического сооружения без отказов и в полной мере выполнять предусмотренные проектом функции в течение всего срока его эксплуатации в проектном режиме при поддержке ремонтпригодности.

В Стандарте использованы следующие сокращения:

ВЭЗ – вертикальное электрическое зондирование;

ВЭЗ МДС – вертикальное электрическое зондирование методом вызванной поляризации;

ГАЭС – гидроаккумулирующая электростанция;

ГСМ – геосинтетические материалы;

ГЭС – гидроэлектростанция;

ДДЗ – данные дистанционного зондирования;

ЕП – метод естественного электрического поля;

КИА – контрольно-измерительная аппаратура;

МЗТ - метод заряженного тела;

МПВ – сейсморазведка по методу преломленных волн;

КМПВ – метод корреляционный преломленных волн;

МРЗ – максимальное расчетное землетрясение;

МФИ – многофакторное исследование;

ОСР - общее сейсмическое районирование;

ПЗ – проектное землетрясение;

ПО – программное обеспечение;
СМР - сейсмическое микрорайонирование;
ССКЗ – северная строительно-климатическая зона;
ЭП – электропрофилирование;
ЭТ – электротомография.

4 Общие положения

4.1 Стандарт на основании правил [8] определяет основные понятия, регламентирует процедуру проведения многофакторных исследований, определяет виды исследовательских работ, входящих в состав многофакторных исследований для гидротехнических сооружений различного класса и назначения, а также порядок проведения многофакторных исследований и требования по использованию результатов многофакторных исследований в ходе дальнейшей эксплуатации ГТС.

4.2 Многофакторные исследования (МФИ) должны проводиться специализированной организацией, имеющей свидетельства (лицензии) о допуске к работам, соответствующим проводимым видам исследований, в том числе о допуске к видам работ, которые оказывают влияние на безопасность особо опасных, технически сложных и уникальных объектов, перечень которых установлен Градостроительным кодексом РФ, а также обладающей опытом проведения подобных работ на гидротехнических объектах.

4.3 Организация-исполнитель должна соответствовать следующим требованиям:

- иметь собственную лабораторную базу, а также необходимое в проведении исследований сертифицированное оборудование и приборы, имеющие метрологические аттестаты;

- иметь необходимое лицензионное программное обеспечение;

- иметь в своем штате сотрудников с высшим профессиональным образованием по профилю выполняемых исследований, со стажем работы по специальности не менее 5 лет.

- сотрудники организации-исполнителя, участвующие в выполнении работ по МФИ, должны иметь свидетельства установленного образца об аттестации специалистов в сфере безопасности гидротехнических сооружений объектов энергетики.

4.4 Работа персонала специализированных организаций на гидротехнических сооружениях должна быть организована в соответствии с правилами [1] (пункт 3.8).

У персонала, выполняющего работы в зоне действующих электроустановок, должна быть группа по электробезопасности, соответствующая правилам по охране труда [2].

4.5 При выполнении многофакторных исследований следует осуществлять расчетную оценку прочности, устойчивости и надежности ГТС после 25 лет их эксплуатации независимо от их технического состояния. В поверочных расчетах используются данные комплексного анализа многолетних наблюдений для уточнения фактического состояния ГТС, расчетных схем, нагрузок и воздействий.

4.6 В соответствии с разработанным в Стандарте подходом, при оценке состояния эксплуатируемых ГТС различного назначения, выполняемой на основе многофакторных исследований, должны решаться следующие основные задачи:

- соответствие эксплуатационных параметров сооружения, его основания и примыканий значениям, заложенным в проекте с учётом его последующих изменений, а также требованиям современных нормативных документов, обязательных к применению в рамках требований законодательства о безопасности ГТС;
- соответствие фактических характеристик материалов сооружения и основания проектным значениям;
- соответствие показателей состояния ГТС их критериальным значениям и обоснованность назначения критериев безопасности ГТС;
- оценка достаточности контрольно-измерительной аппаратуры и достоверности ее показаний;
- соответствие нагрузок и уровней природных и техногенных воздействий, расчетным значениям, принятым в проекте.

4.7 С целью определения физико-механических характеристик материалов тела и основания сооружений, проводятся инженерно-геологические изыскания, инструментальные обследования сооружений и их конструктивных элементов в соответствии с требованиями действующих нормативных документов.

4.8 При оценке состояния эксплуатируемых ГТС необходимо учитывать следующие данные:

- материалы геотехконтроля при возведении сооружений;
- протоколы прочности бетона в период строительства (независимая лаборатория);
- материалы актов скрытых работ;
- исполнительную документацию за весь период строительства (в том числе журналы работ);

– материалы натуральных наблюдений при возведении и эксплуатации сооружения.

4.9 В ходе проведения многофакторных исследований обязательной оценке подлежат все изменения параметров конструкций элементов, свойств материалов и режимов эксплуатации ГТС, произошедшие за весь период эксплуатации ГТС.

4.10 При проведении многофакторных исследований состояния гидротехнических сооружений необходимо учитывать изменения природных условий и техногенных воздействий, произошедшие в период эксплуатации ГТС.

В состав природных условий и техногенных воздействий, подлежащих уточнению при проведении многофакторных исследований рекомендуется включать:

– изменения геологических и гидрогеологических условий - уровня режима, физико-механических свойств грунтов, химизма подземных вод, засоления грунтов;

– изменения гидрологических параметров водотока и условий эксплуатации водохранилищ;

– изменения хода руслового процесса, трансформации русла нижних бьефов, заиления и переработки берегов водохранилищ;

– изменений термического и ледового режимов в бьефах, бассейнах ГЭС и ГАЭС, в том числе образование протяженных полыней, усиление заторно-зажорных явлений;

– изменения сейсмологической обстановки – прежде всего, частоты и интенсивности землетрясений, их распределения;

– влияние микроклиматических изменений в районе создания водохранилища и нижнего бьефа гидроэлектростанции – температурного режима и влажности воздуха, количества и режима ветров и осадков и т.п. на инженерно-геологические процессы и свойства пород оснований;

– изменения мерзлотно-температурного режима территории – повышения или понижения температур пород, формирования и развития таликовых зон в ложе, берегах водохранилища, основаниях (среде) и примыканиях напорных сооружений; днище и бортах долины в нижнем бьефе гидроузла; особое внимание следует уделять выявлению сквозных водовыводящих таликов, обуславливающих локальные пути сосредоточения фильтрационных потерь воды из водохранилища, либо водоподводящих таликов, обеспечивающих активизацию водообмена между водохранилищем и подземными водами, обладающими другими температурами, химическим составом, иногда минерализованными, в частности, отрицательно-температурными рассолами;

- влияние техногенных воздействий, произошедших в период эксплуатации ГТС, в результате проведения ремонтных работ; действия транспортных нагрузок производства взрывных, буровых работ и др.;

- последствия аварий и чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

4.11 При проведении многофакторных исследований технического состояния гидротехнических сооружений следует учитывать развитие и активизацию (и, как следствие, возможное их негативное влияние на техническое состояние ГТС) следующих физико-геологических, геодинамических и гидрометеорологических процессов:

- повышение активности ближайших сейсмогенерирующих разломов;
- суффозию пород основания;
- возникновение и активизацию оползневых явлений;
- просадочные деформации оснований, сложенных лессовыми грунтами;
- осадки при оттаивании пород в основаниях сооружений напорного фронта и ложа водохранилища;

- изменение температурного режима системы сооружение-основание и физико-механических, теплофизических и фильтрационных свойств пород оснований и материалов сооружений при их переходе из мерзлого состояния в талое и наоборот;

- влияние литолого-геохимических особенностей пород на распространение в подземных водах элементов, способных вызвать развитие кольматажа (Fe, Mn и др.);

- образование наледей;

- криогенное (морозное) пучение.

4.12 При проведении многофакторных исследований необходимо выполнять оценку прочности, устойчивости и долговечности гидротехнических сооружений и их оснований с учетом выявленных по результатам анализа изменений характеристик материалов и интенсивности расчетных нагрузок и воздействий, произошедших за период эксплуатации ГТС.

4.13 По результатам многофакторных исследований дается оценка эксплуатационной надежности ГТС, а в случае необходимости разрабатываются мероприятия по обеспечению надежности ГТС.

4.14 Многофакторные исследования должны предшествовать или входить в состав работ по комплексной модернизации и реконструкции действующих сооружений.

5 Требования по организации и составу работ, входящих в комплекс многофакторных исследований

5.1 Периодичность проведения исследований

5.1.1 Первый цикл проведения многофакторных исследований и анализа прочности, устойчивости и водопроницаемости ГТС назначается после 25 лет с момента начала эксплуатации независимо от их технического состояния. Началом эксплуатации ГТС следует считать момент пуска первого гидроагрегата.

5.1.2 Периодичность проведения повторных многофакторных исследований составляет не более 25 лет.

5.2 Порядок проведения многофакторных исследований

5.2.1 В ходе выполнения многофакторных исследований следует выделять 4 основных этапа работ:

1. Подготовительный.

2. Полевые работы и их камеральная обработка.

3. Комплексное исследование состояния ГТС.

4. Оценка технического состояния и разработка предложений по технологическим решениям, позволяющим повысить их безопасность и надежность до нормативного уровня.

5.2.2 Этап 1. Подготовительный, выполняется Аналитическим центром Общества и содержит:

а) сбор, систематизацию и анализ исходных данных за период эксплуатации ГТС, включающих в себя:

– утвержденную проектную и рабочую документацию (чертежи, пояснительные записки и др.) со всеми последующими изменениями, в том числе проект натурных наблюдений и исследований;

– технические паспорта ГТС;

– исполнительные чертежи, в том числе по размещению контрольно-измерительной аппаратуры;

– правила эксплуатации водохранилищ и правила использования водных ресурсов водохранилища;

– инструкции по эксплуатации ГТС и их механического оборудования;

– данные инструментальных и визуальных наблюдений за ГТС и их отдельными элементами;

- материалы обработки и анализа данных наблюдений за ГТС, а также их основаниями и примыканиями (информационных и аналитических записок, годовых технических отчетов);

- акты специализированных комиссий по освидетельствованию ГТС и их элементов, отчетных материалов о натурных исследованиях, испытаниях и наладочных работах, проведенных привлеченными организациями;

- результаты исследовательских работ, выполненных специализированными организациями;

- утвержденные декларации безопасности за предыдущие периоды.

б) определение минимально необходимого (с учетом ранее выполненных работ, особенностей изменения условий эксплуатации и возможных изменений природно-климатических условий) объема проводимых инженерных изысканий и исследований и разработка программы многофакторных исследований ГТС, утверждаемой Заказчиком.

5.2.3 Этап 2. Полевые работы и их камеральная обработка:

- проведение визуальных обследований ГТС и их примыканий;

- проведение инструментальных обследований ГТС;

- проведение инженерных изысканий.

Состав полевых работ, выполняемых в составе МФИ для ГТС различного класса и назначения изложен в п. 5.3.

5.2.4 Этап 3. Комплексное исследование состояния ГТС по результатам натурных исследований и математического моделирования ГТС, включающее:

- анализ данных натурных наблюдений за поведением ГТС, их основаниями и примыканиями при различных уровнях режимах;

- лабораторные испытания материалов конструкций ГТС, а также их оснований и примыканий;

- расчетные исследования ГТС и, при необходимости, их отдельных элементов, оснований и примыканий (перечень расчетных исследований, выполняемых для каждого сооружения, определяется на стадии разработки программы многофакторных исследований на этапе 1 и уточняется по результатам инженерных изысканий и анализа данных натурных наблюдений).

Состав исследований, выполняемых в составе МФИ для ГТС различного класса и назначения изложен в п. 5.3.

5.2.5 Этап 4. Оценка технического состояния, включающий:

- оценку технического состояния и безопасности ГТС;

- разработку рекомендаций по обеспечению безопасности ГТС и требуемого нормативными документами уровня их надежности;

5.2.6 В целях своевременного определения объемов финансирования, необходимого для проведения комплекса многофакторных исследований, 1 подготовительный этап этих работ следует проводить за 2 года до начала выполнения основных этапов многофакторных исследований.

5.3 Состав проводимых исследований для гидротехнических сооружений различного класса и назначения

5.3.1 Плотины и дамбы

Бетонные плотины

5.3.1.1 В общем случае для бетонных плотин в состав основных элементов диагностирования при проведении многофакторного исследования должны включаться: бетонные массивы, примыкающие к напорной и низовой граням, контрфорсы, быки, устои, турбинные водоводы и другие значимые элементы конструкции; противофильтрационные элементы и дренажные устройства в основании и береговых примыканиях; крепления водобойных колодцев; зоны сопряжения сооружения с основанием и берегами; анкерные крепления элементов конструкций; деформационные и строительные швы и др. Для каждого конкретного гидротехнического сооружения состав элементов диагностирования его работы и состояния должен уточняться в зависимости от конструктивных особенностей, условий эксплуатации и возможных последствий при повреждениях.

5.3.1.2 Состав проводимых исследований состояния бетонных плотин должен включать:

а) анализ проектной, исполнительной, технологической и эксплуатационной документации, архивных материалов, отчетов о работах, ранее выполненных специализированными организациями;

б) визуальные обследования, результатом проведения которых являются оценка характера, интенсивности и возможных причин, как выявленных ранее, так и зафиксированных впервые в ходе текущего обследования негативных явлений и процессов, изложенных в 6.1.2.9.

Программа визуальных обследований в составе многофакторных исследований должна быть составлена с учетом анализа многолетних данных визуальных наблюдений, проводимых службой мониторинга согласно СТО 70238424.27.140.035-2009.

в) инструментальные обследования, к которым относятся:

- инструментальное определение механических характеристик бетона;
- инструментальная оценка степени коррозии арматуры, закладных и облицовок;

- инструментальное определение размеров дефектов бетонной кладки;
- инструментальное выявление зон дефектов бетонной кладки;
- наблюдения за химическим составом воды, фильтрующейся через основание;
- инструментальная оценка загазованности галерей и шахт гидротехнических сооружений (при необходимости).

Инструментальные обследования бетонной плотины и ее элементов в составе многофакторных исследований должны проводиться по специально разработанной программе.

г) подводно-технические обследования (при необходимости, в минимально-необходимом объеме, установленном программой МФИ).

д) лабораторные испытания свойств бетона, предназначенные для получения данных о физико-механических и прочностных свойствах бетона как материала для характерных зон плотины и основных конструктивных элементов;

е) комплексный анализ результатов натуральных наблюдений: состав контролируемых на объекте параметров должен позволять оценивать прочность, устойчивость и водонепроницаемость плотины, а также действующие на сооружение нагрузки и воздействия.

Для оценки технического состояния бетонных и железобетонных плотин I-III классов в состав диагностических показателей, анализируемых в ходе проведения многофакторных исследований, в минимально необходимом объеме (в зависимости от класса) должны быть включены следующие контролируемые показатели:

- напряжения и деформации в теле плотины и в основании;
- усилия в арматуре в ответственных железобетонных элементах: фундаментные плиты, быки, устои, оголовки плотин, турбинные водоводы, подпорные стены, а также усилия в анкерах;
- противодействие воды на подошву плотины;
- фильтрационные расходы, напоры и градиенты напоров в областях фильтрации;
- отложения донных наносов грунта;
- осадки плотины и основания;
- горизонтальные перемещения гребня;
- раскрытия швов и трещин;
- размывы в нижнем бьефе;
- данные сейсмометрических наблюдений (в районах, где это необходимо).
- состояние строительных и деформационных швов;

- состояние контрольно-измерительной аппаратуры.
- образование трещин, деструкция бетона.

Для оценки технического состояния оснований:

- осадка основания;
- напряжения и деформации в грунте основания на контакте с сооружением;
- фильтрационные напоры и градиенты напора в основании;
- фильтрационные расходы через основание и береговые примыкания;
- мутность профильтровавшей через основание воды;
- поровое давление воды в глинистых грунтах;
- химический состав воды, фильтрующейся через основание;
- проявления очагов сосредоточенной фильтрации, суффозии грунта, локальных выпоров грунта и оползней на береговых склонах.

Для оценки технического состояния бетонных и железобетонных плотин в состав диагностических показателей, анализируемых в ходе проведения многофакторных исследований, в дополнение к изложенным выше, должны быть включены контролируемые показатели, установленные в Программе наблюдений за ГТС и в Декларации безопасности ГТС, утвержденные в установленном порядке.

Основные положения, в соответствии с которыми должен выполняться комплексный анализ, приведены в 6.1.4;

ж) определение состава нагрузок и воздействий на бетонную плотину: действующими нагрузками на бетонную плотину и ее основание, подлежащими уточнению в ходе многофакторных исследований являются: собственный вес сооружения, включая вес постоянного технологического оборудования; гидростатическое давление воды на напорную и низовую грани; волновая и ледовая нагрузки; фильтрационное противодействие на подошву сооружения; давление воды на дно водохранилища и борта; температурные воздействия на сооружение;

з) расчетные исследования: расчетную оценку прочности устойчивости и надежности сооружений после 25 лет их эксплуатации, в соответствии с 4.3, следует выполнять независимо от их технического состояния. Поверочные расчеты выполняются с применением уточненных на основании обследований и комплексного анализа многолетних наблюдений расчетных схем, нагрузок и воздействий.

Грунтовые плотины и дамбы

5.3.1.3 Техническая диагностика состояния любых ГТС, в том числе и плотин из грунтовых материалов, выполняемая в ходе МФИ, должна быть направлена на решение следующих задач:

- оценку современного состояния и эксплуатационной надежности ГТС;
- прогноз возможных изменений состояния и безопасности ГТС во времени.

Решение перечисленных задач базируется на совместном использовании результатов анализа данных инструментальных и визуальных натурных наблюдений, полученных за прошедшее время эксплуатации ГТС, а также результатов расчетных исследований физических процессов, происходящих в ГТС.

5.3.1.4 Состав проводимых исследований состояния грунтовых плотин и дамб должен включать:

а) анализ проектной, исполнительной, технологической и эксплуатационной документации, архивных материалов, отчетов о работах, выполненных специализированными организациями;

б) визуальные обследования, результатом проведения которых являются оценка характера, интенсивности и возможных причин, как выявленных ранее, так и зафиксированных впервые в ходе текущего обследования негативных явлений и процессов, изложенных в 6.1.2.10.

Результаты визуального обследования плотины должны быть сопоставлены с результатами многолетних визуальных наблюдений с целью оценки стабилизации контролируемых процессов и состояния плотины по данным визуальных наблюдений, а также сохранения сезонного характера реакции сооружения на основные статические нагрузки.

в) инструментальные обследования: инструментальные обследования грунтовой плотины и ее элементов в составе многофакторных исследований должны проводиться по специально разработанной программе.

К числу инструментальных способов обследования относятся:

- инструментальное исследование фильтрационного режима в теле плотины;
- инструментальное определение геометрического профиля плотины;
- наблюдения за химическим составом воды, фильтрующейся через тело плотины и основание.

г) подводно-технические обследования (при необходимости (см. п. 6.1.2.19)).

д) инженерно-геологические изыскания и лабораторные исследования свойств материалов: необходимо получить уточненные данные о следующих физических, фильтрационных, механических и теплофизических свойствах грунтов, представленных в теле плотин и их основаниях:

- показатели физических свойств (плотность частиц, плотность грунта, влажность грунта и др.);

- показатели фильтрационной проницаемости (коэффициенты фильтрации и консолидации), фильтрационной прочности (критические значения градиентов напора и скоростей фильтрации и др.);
- показатели деформируемости (модули деформации, коэффициенты уплотнения и поперечного расширения и др.);
- показатели механической прочности (на сдвиг: угол внутреннего трения, и удельное сцепление, на одноосное растяжение и на трещиностойкость и др.);
- показатели механической прочности и деформируемости при воздействии динамической нагрузки (динамические модуль деформации, угол внутреннего трения, удельное сцепление и др.);
- при необходимости выполнения температурных расчетов – весь набор теплофизических характеристик (коэффициенты теплопроводности, температуропроводности и объемной теплоемкости, значения температур начала замерзания и оттаивания грунтов и др.).

Отбор образцов грунтов из тела плотин и их оснований, а также экспериментальное определение расчетных значений характеристик их свойств должны выполняться в соответствии с 6.1.3.

В связи с существенными различиями работы грунтов в испытательных устройствах и в теле существующей плотины, в условиях, сформировавшихся за длительное время ее эксплуатации, значения расчетных характеристик фильтрационных, физико-механических и теплофизических свойств грунтов должны быть обязательно откалиброваны на основании сопоставления результатов пробных расчетов на детерминистической модели с имеющимися данными натурных наблюдений за поведением плотины и ее основания в период эксплуатации.

е) комплексный анализ результатов натурных наблюдений: состав контролируемых на объекте параметров должен позволять оценивать прочность, устойчивость и водонепроницаемость плотины, а также действующие на сооружение нагрузки и воздействия.

В состав диагностических показателей состояния грунтовых плотин (дамб), подлежащих комплексному анализу в рамках проведения МФИ входят:

- осадки гребня и основания;
- горизонтальные перемещения гребня (берм);
- фильтрационные (пьезометрические) напоры в области фильтрации;
- положение поверхности депрессии фильтрационного потока;
- фильтрационный расход через плотину и основание;

- градиенты фильтрационных напоров в теле плотины, на противофильтрационных элементах, в основании;
- проявления очагов сосредоточенной фильтрации, суффозии грунта, трещин и просадок грунта, повреждений волновых креплений откосов, заилений дренажных устройств;
- мутность, температура (а в ряде случаев - химический состав) профильтровавшейся воды.

Для оценки технического состояния грунтовых плотин в состав диагностических показателей, анализируемых в ходе проведения многофакторных исследований, в дополнение к изложенным выше, должны быть включены контролируемые показатели, установленные в Программе наблюдений за ГТС и в Декларации безопасности ГТС, утвержденные в установленном порядке.

Основные положения, в соответствии с которыми должен выполняться комплексный анализ, приведены в 6.1.4;

ж) определение состава нагрузок и воздействий на грунтовую плотину: действующими нагрузками на плотину и ее основание, подлежащими уточнению в ходе многофакторных исследований являются: собственный вес сооружения, включая вес постоянного технологического оборудования; гидростатическое давление воды на напорную и низовую грани; волновая и ледовая нагрузки; температурные воздействия на сооружение;

з) расчетные исследования: основной задачей расчетных исследований грунтовых плотин является создание адекватных детерминированных расчетных моделей основных физических процессов (фильтрация, теплоперенос и деформации) и уточнение с помощью этих моделей значений количественных диагностических показателей состояния системы плотина - основание, позволяющих на основании результатов их сопоставления с данными натурных наблюдений однозначно определять техническое состояние и эксплуатационную безопасность плотин, а также прогнозировать изменения этих показателей во времени.

Согласно СП 39.13330.2012 (раздел 9), в расчетных исследованиях по оценке состояния плотин из грунтовых материалов I и II классов детерминированные модели необходимо использовать для выполнения следующих расчетов:

- фильтрации и фильтрационной прочности грунтов;
- устойчивости откосов плотин, экранов и защитных слоев;
- напряжений и деформаций основных элементов плотин;
- осадок тела плотины и основания;
- горизонтальных смещений;

- защиты откосов плотин от действия волн, льда и др.;
- консолидации порового давления в ядрах или экранах из глинистых грунтов;

- трещиностойкости элементов из глинистых грунтов;
- сейсмостойкости (для плотин, расположенных в сейсмических районах).

Для плотин III и IV классов необходимо выполнять расчеты:

- фильтрации и фильтрационной прочности;
- устойчивости откосов, экрана и защитного слоя;
- осадок тела плотины и основания;
- сейсмостойкости (для плотин, расположенных в сейсмических районах);
- защиты откосов плотин от действия волн, льда и др.

Все перечисленные расчеты следует выполнять для характерных поперечных и продольных сечений плотин, выбираемых с учетом конструктивных особенностей ГТС, а также результатов выполненных изысканий и анализа данных натурных наблюдений, проведенных на предшествующих этапах МФИ.

Расчетную оценку состояния ГТС надлежит выполнять с использованием уточненных физических, фильтрационных, механических и теплофизических свойств грунтов, представленных в теле плотин и их основаниях.

5.3.2 Здания гидроэлектростанций, входящие в состав напорного фронта

5.3.2.1 В состав работ, выполняемых при проведении многофакторных исследований зданий гидроэлектростанций, входит анализ проектной, исполнительной, технологической и эксплуатационной документации, архивных материалов, отчетов о работах, ранее выполненных специализированными организациями, в том числе, результатов инженерных изысканий в основании здания ГЭС.

5.3.2.2 Визуальное обследование проводят с целью оценки технического состояния строительных конструкций по внешним признакам. По результатам проведения визуального обследования:

- составляются схемы и ведомости дефектов и повреждений с фиксацией их мест и характера;

- выполняются описания, фотографии повреждений в конструкциях;

- устанавливаются аварийные участки (при наличии);

- производится предварительная оценка технического состояния строительных конструкций, определяемая по степени повреждений и характерным признакам дефектов.

5.3.2.3 На основании результатов инструментального обследования должны быть определены:

- размеры конструкций и их сечений, сопоставления фактических размеров конструкций с проектными значениями;
- параметры дефектов и повреждений (трещин, отколов и разрушений), месторасположения, характера трещин и ширины их раскрытия;
- состояние защитных покрытий;
- прогибы и деформации конструкций;
- признаки нарушения сцепления арматуры с бетоном;
- предварительные прочностные характеристики конструкции
- степень коррозии бетона и арматуры.

5.3.2.4 Лабораторные исследования материалов следует проводить с целью определения: прочности, морозостойкости, водонепроницаемости, карбонизации бетона, состояния арматуры, толщины защитного слоя бетона в соответствии с ГОСТ 28570.

5.3.2.5 Подводно-технические обследования проводятся при необходимости (см. п. 6.1.2.19), в минимально-необходимом объеме, установленном программой МФИ.

5.3.2.6 Комплексный анализ результатов натуральных наблюдений: состав контролируемых на объекте параметров должен позволять оценивать прочность и устойчивость здания ГЭС, а также действующие на него нагрузки и воздействия.

В состав диагностических показателей состояния зданий ГЭС и ГАЭС, подлежащих комплексному анализу в рамках проведения МФИ входят:

- осадки и перекосы агрегатных блоков;
- раскрытия швов и трещин;
- противодавление воды на фундаментную плиту;
- приточная фильтрация (расход);
- прочность бетона;
- вибрации конструкций зданий.

5.3.2.7 Определение состава нагрузок и воздействий на здание ГЭС.

5.3.2.8 Выполнение поверочных расчетов здания ГЭС производится в случае обнаружения дефектов и повреждений категории опасности "А", либо при существенном изменении проектных нагрузок.

Примечание – в Стандарте использована классификация дефектов и повреждений по следующим категориям опасности:

"А" - дефекты и повреждения основных несущих конструкций, представляющие непосредственную опасность их разрушения.

"Б" - дефекты и повреждения, не представляющие при их обнаружении непосредственную опасность разрушения их несущих конструкций, но способные в дальнейшем вызвать повреждения других элементов и узлов или при развитии повреждения перейти в категорию "А".

"В" - дефекты и повреждения локального характера, которые при последующем развитии не могут оказать влияния на основные несущие конструкции здания и сооружения.

5.3.3 Устои и подпорные стены, входящие в состав напорного фронта

5.3.3.1 При оценке состояния устоев и подпорных стен, входящих в состав напорного фронта, должны быть оценены следующие показатели:

- осадки, раскрытие швов;
- горизонтальные перемещения и наклоны;
- усилия в арматуре;
- боковое давление грунта обратных засыпок;
- фильтрационные напоры, дренажные расходы в массивах обратных засыпок (для стенок, работающих под напором воды);
- наличие и характер трещин в бетонном массиве;
- деструкция бетона;
- просадки грунта вдоль подпорной стены (устоя).

5.3.3.2 В состав необходимых исследований, проводимых в комплексе МФИ для сооружений данного типа входят:

- визуальное обследование с целью оценки технического состояния строительных конструкций по внешним признакам;
- инструментальное обследование с целью выявления и регистрации основных видов повреждений конструктивных элементов: несоответствия фактических размеров конструкций проектным значениям, параметров дефектов и повреждений (трещин, отколов и разрушений), месторасположения, характера трещин и ширины их раскрытия, состояние защитных покрытий, наличия разрыва арматуры, степень коррозии бетона и арматуры;
- комплексный анализ данных натурных наблюдений;
- выполнение поверочных расчетов производится в случае обнаружения дефектов и повреждений категории опасности "А", либо при существенном изменении проектных нагрузок.

5.3.3.3 В состав диагностических показателей состояния устоев и подпорных стен, подлежащих комплексному анализу в рамках проведения МФИ входят:

- осадки, раскрытие швов;
- горизонтальные перемещения и наклоны;
- усилия в арматуре, деструкция бетона;

- боковое давление грунта обратных засыпок;
- фильтрационные напоры, дренажные расходы в массивах обратных засыпок (для стенок, работающих под напором воды);

5.3.4 Водосбросы, водоспуски и водовыпуски, входящие в состав напорного фронта

5.3.4.1 В составе работ по контролю состояния водосбросных сооружений и нижнего бьефа, входящих в комплекс МФИ, надлежит проводить обобщение результатов следующих наблюдений и исследований:

- измерения скоростей течения и определение расхода воды в нижнем бьефе, а при технической возможности – в пределах сооружения;
- определения уровней воды в пределах подходного участка, сооружения и в нижнем бьефе;
- изучения изменения связи расходов и уровней в нижнем бьефе;
- наблюдений за гидравлическим режимом в пределах водосбросного сооружения, на подходе к нему и в зоне нижнего бьефа, непосредственно прилегающей к сооружению;
- геодезических и гидрометрических съемок рельефа дна и берегов на участке местных деформаций русла, а при необходимости на большем удалении от гидроузла;
- осмотра обтекаемых потоком поверхностей, в том числе и скальных (без обделки), по всей трассе сооружения, включая и подводный участок, и фиксации их состояния с помощью различных съемок (фотографическая, геодезическая, стереофотограмметрическая и т.п.);
- подводного обследования находящихся под водой участков сооружения (водолазное и с применением современной аппаратуры с записью показаний);
- измерений осредненной и пульсационной составляющих давления, проводимых в целях оценки:
 - а) потери напора;
 - б) нагрузки на обтекаемые поверхности;
 - в) осредненного уровня режима (во многих случаях иные способы фиксации уровня крайне затруднительны);
- фиксации аэрации потока в пределах сооружения;
- оценки кавитационной и абразивной эрозии, а также иных повреждений бетонных поверхностей;

- наблюдений за образованием наледей в пределах водосбросных сооружений с фиксацией их нарастаний в течение морозного периода;
- наблюдений за состоянием ледяного покрова на подходе к водосбросу и на участке энергогасящих сооружений (водобойные колодцы различных типов).

5.3.4.2 Подводно-технические обследования водосбросов проводятся при необходимости (см. п. 6.1.2.19), в минимально-необходимом объеме, установленном программой МФИ.

5.3.4.3 В состав диагностических показателей состояния водосбросных сооружений, подлежащих комплексному анализу в рамках проведения МФИ входят:

- осадки, раскрытие швов и трещин;
- горизонтальные перемещения;
- усилия в арматуре, деструктивные разрушения бетона;
- противодействие на подошву сооружений;
- фильтрационные расходы;
- состояние механического оборудования.

5.3.4.4 В состав расчетных исследований водосбросных сооружений входит: расчетная оценка соответствия фактической пропускной способности водосбросных сооружений действующим нормативным требованиям по пропуску максимальных паводков с учетом возможных изменений гидрологических характеристик речного стока и водохранилища [6].

5.3.4.5 В состав работ по контролю состояния водосбросных гидротехнических сооружений должна входить проверка и прогноз состояния и работоспособности основных и ремонтных затворов и их подъемных механизмов, в том числе при пропуске максимальных расчетных расходов воды. Должен быть выполнен анализ возможных ограничений при пропуске расходов вследствие ограниченной работоспособности затворов и подъемных механизмов, а также вследствие внешних природных и техногенных факторов, и намечены корректирующие мероприятия.

5.3.5 Деривационные, водоподводящие и отводящие каналы

5.3.5.1 При оценке состояния водоподводящих и отводящих каналов и сооружений на них, включенных в программу многофакторных исследований ГТС, средствами инструментальных наблюдений и расчетными методами должна быть выполнена оценка соответствия ГТС следующим проектным параметрам: заложения откосов каналов; фактических скоростей в канале допустимым значениям (предельные скорости по размыву, по заилению, по зарастанию, по зимнему режиму работы канала); фактической пропускной способности канала.

При проведении МФИ каналов необходимо оценить результаты визуальных наблюдений, выполненных как в период проведения МФИ (при наличии возможности), так и в предшествующие периоды (проведенные при осушенном тоннеле или с плавсредств) с целью оценки характера, интенсивности и возможных причин, как выявленных ранее, так и зафиксированных впервые в ходе текущего обследования негативных явлений и процессов, изложенных в 6.1.2.12.

5.3.5.2 В случае выполнения ограждающих дамб канала в насыпи и при обнаружении в ходе эксплуатации деформаций крепления откосов, оползней, оплывов, свидетельствующих о снижении устойчивости системы "ограждающая дамба-основание", в ходе МФИ необходимо выполнить инженерно-геологические изыскания тела и основания сооружения, а также поверочные расчеты устойчивости конструкции.

5.3.5.3 При размещении трассы канала в пределах косогора, при обнаружении в ходе эксплуатации явлений, свидетельствующих о смещении вмещающего ГТС грунтового массива, в ходе МФИ необходимо провести инженерно-геологические изыскания массива косогора и выполнить расчетное исследование его устойчивости.

5.3.5.4 При обнаружении в ходе эксплуатации деформаций крепления откосов, связанных с размывами течением и/или волновыми воздействиями, в ходе МФИ необходимо проведение расчетной оценки состояния конструкции крепления откосов.

5.3.5.5 В случае размещения на конструкциях канала работоспособной контрольно-измерительной аппаратуры следует провести комплексный анализ данных натурных наблюдений.

5.3.6 Гидротехнические туннели

5.3.7.1 В рамках МФИ гидротехнических туннелей надлежит выполнять:

- анализ проектно-технической документации, архивных материалов, данных предыдущих обследований и расчетных исследований сооружений, актов скрытых работ, журнала технической эксплуатации, ремонтов, усиления строительных конструкций;

- комплексный анализ многолетних данных натурных наблюдений с оценкой достоверности натурных данных и выявлением характера изменения контролируемых показателей состояния ГТС в ходе эксплуатации;

- разработку программы комплексных детальных обследований трубопроводов на основе результатов выполненного анализа.

5.3.6.2 При проведении МФИ туннелей необходимо оценить результаты визуальных наблюдений, выполненных как в период проведения МФИ (при наличии

возможности), так и в предшествующие периоды (проведенные при осушенном тоннеле или с плавсредств) с целью оценки характера, интенсивности и возможных причин, как выявленных ранее, так и зафиксированных впервые в ходе текущего обследования негативных явлений и процессов, изложенных в 6.1.2.11.

5.3.6.3 Оценке также подлежат следующие результаты инструментальных наблюдений и обследований, выполненных как в период проведения МФИ (при наличии возможности), так и в предшествующие периоды:

- показатели усилий в анкерной крепи облицовки туннеля, полученные с использованием измерительных преобразователей силы,
- показатели фильтрационного давления за облицовкой,
- показатели деформации и температуры породы за облицовкой, тангенциальных деформаций облицовки,
- показатели усилий в арматуре железобетонных облицовок;
- данные замеров уровней воды, в том числе их колебаний, на входе, выходе и на тракте туннелей;
- данные замеров скоростей воды;
- данные замеров осредненной и пульсационной составляющей давления, выполняемых в целях определения следующих характеристик гидравлических условий работы гидротехнических туннелей:
 - а) гидродинамических нагрузок на внутреннюю их поверхность;
 - б) потерь напора;
 - в) уровня режима (заполнение поперечного сечения туннелей, существенные колебания уровней воды, например, в уравнильных резервуарах и бассейнах, появление частично напорных режимов течения);
 - г) появления кавитации;
- результаты оценки эрозии: кавитационной и абразивной.
- результаты определения наличия пустот за облицовкой с использованием мобильных средств измерения методами неразрушающего контроля (георадар);
- результаты определения методами разрушающего и неразрушающего контроля фактических прочностных и физико-механических характеристик железобетонных конструктивных элементов (при необходимости).

5.3.6.4 Необходимость выполнения поверочных расчетов определяется по результатам изучения ранее выполненных работ и обследований и проведения анализа, изложенного в 5.3.6.2 и 5.3.6.3.

5.3.7 Напорные трубопроводы и уравнильные резервуары

5.3.7.1 В рамках МФИ напорных водоводов различной конструкции надлежит выполнять:

- анализ проектно-технической документации, архивных материалов, данных предыдущих обследований и расчетных исследований сооружений, актов скрытых работ, журнала технической эксплуатации, ремонтов, усиления строительных конструкций;

- комплексный анализ многолетних данных натуральных наблюдений с оценкой достоверности натуральных данных и выявлением характера изменения контролируемых показателей состояния ГТС в ходе эксплуатации;

- разработку программы комплексных детальных обследований трубопроводов на основе результатов выполненного анализа.

5.3.7.2 В состав диагностических показателей состояния напорных водоводов, подлежащих комплексному анализу в рамках проведения МФИ входят:

- напряжения в оболочках (сталь, железобетон);

- раскрытие швов и трещин в оболочках;

- осадки и смещения анкерных опор;

- коррозионный и абразивный износ стенок;

5.3.7.3 Комплексные обследования напорных водоводов в полном объеме должны осуществляться по индивидуально разработанным для ГЭС программам в рамках специализированных исследований и не входят в состав обязательных исследований при проведении МФИ.

5.3.7.4 Требования к составу исследований для уравнильных резервуаров аналогичны представленным в 5.3.7.1 и 5.3.7.3.

5.3.8 Напорные бассейны и бассейны суточного регулирования

5.3.8.1 При оценке состояния напорных бассейнов и бассейнов суточного регулирования выбор показателей состояния ГТС производится в зависимости от конструкции бассейна (бетонной или грунтовой), в общем случае оценке подлежат следующие показатели:

- осадка дамб, ограждающих чашу бассейна;

- фильтрационные расходы;

- дефекты и повреждения конструкций дамб, размывы и просадки;

- степень заиления бассейна;

- состояние прилегающей к бассейну территории (выходы фильтрации, размывы, просадки).

5.3.8.2 В случае выполнения ограждающих дамб бассейнов из грунтовых материалов, состав проводимых исследований аналогичен представленному в 5.3.1.3 - 5.3.1.7.

5.3.8.3 Если ограждающие конструкции бассейна выполнены в бетоне или железобетоне, состав проводимых исследований, в зависимости от конструкции, аналогичен приведенному в 5.3.3.

6 Методические рекомендации по выполнению многофакторных исследований

6.1 Методы выполнения отдельных видов исследований

6.1.1 Инженерные изыскания

Инженерно-геодезические изыскания

6.1.1.1 Инженерно-геодезические изыскания, выполняемые в составе МФИ, должны проводиться по разработанной в ходе выполнения работ по 1 этапу МФИ программе.

6.1.1.2 В общем случае объем инженерно-геодезических изысканий, проводимых в составе МФИ, включает проведение топографической съемки береговых примыканий ГТС и территории их размещения, построение характерных профилей гидротехнических сооружений и береговых склонов водохранилища.

В программу инженерно-геодезических изысканий не следует включать наблюдения по геодезической КИА, проводимые в составе регулярного эксплуатационного контроля состояния ГТС.

6.1.1.3 При проведении исследований инженерно-геодезическими методами следует, прежде всего, дать оценку соответствия состояния геодезической сети гидроузла требованиям СП 47.13330.2012, СП 126.13330.2012 и правилам [3].

Инженерно-геологические изыскания

6.1.1.4 Инженерно-геологические изыскания, требующие больших затрат и времени, должны определяться программой работ, составленной в ходе первого этапа МФИ на основе всей совокупности имеющихся сведений о сооружениях, содержащихся в эксплуатационной документации.

Для бетонных ГТС состав инженерно-геологических изысканий, методы выполнения и объемы отдельных видов работ назначают с учётом класса сооружения, типа грунтов основания, результатов натурных наблюдений, геофизических исследований оснований и т.д.

Для грунтовых ГТС состав инженерно-геологических изысканий, методы выполнения и объемы отдельных видов работ назначают с учётом класса и конструктивных особенностей, природно-климатических условий, условий возведения сооружения, результатов геотехконтроля, результатов натурных наблюдений и т.д.

6.1.1.5 Для целей МФИ могут быть использованы результаты ранее выполненных инженерно-геологических изысканий и геофизических исследований. Инженерно-геологические изыскания в составе МФИ в обязательном порядке должны проводиться на участках ГТС, срок давности проведения последних изысканий на которых составляет:

- более 10 лет – в случае подтверждения результатами последних изысканий соответствия инженерно-геологических условий проектным характеристикам;
- более 5 лет – в случае выявления по результатам последних изысканий неблагоприятных процессов в теле (основании) ГТС, отклонения (ухудшения) инженерно-геологических условий от проектных показателей.

6.1.1.6 В программе изысканий должны быть установлены участки и количество точек отбора проб грунта для испытаний, методы отбора, объем отбираемых проб, состав, объем и методы полевых и лабораторных исследований.

6.1.1.7 Расположение буровых скважин, шурфов, точек зондирования и пр. устанавливаются по результатам натурных наблюдений, визуального обследования, геофизических исследований. Для опробования следует выбрать не менее двух поперечных сечений ГТС, одно из которых согласно оценке приведенных выше данных является типичным для сооружения, а другое (другие) – с проявлениями отклонения фактических значений диагностических показателей от критериальных значений, в случае отсутствия отклонений, выбирается сечение, отвечающее максимальным наблюдаемым значениям диагностических показателей.

6.1.1.8 Инженерно-геологические исследования следует выполнять в соответствии с СП 47.13330.2012 для определения характеристик грунтов ГТС и их оснований, приведенных в 5.3.1.4 д).

6.1.1.9 Пробы следует отбирать из каждого грунтового элемента ГТС (плотины) и его основания в количестве, необходимом для статистической обработки результатов испытаний в соответствии с ГОСТ 20522.

6.1.1.10 Отбор проб песчаных и глинистых грунтов следует выполнять в соответствии с ГОСТ 12071 из буровых скважин, пройденных на всю высоту конструктивного элемента сооружения.

6.1.1.11 Отбор проб крупнообломочных грунтов следует выполнять методом шурфа в соответствии с ГОСТ 12071.

6.1.1.12 Объем пробы крупнообломочного грунта следует назначать согласно ГОСТ 12071 в зависимости от размера частиц самой крупной фракции, присутствующей в грунте.

6.1.1.13 Ввиду невозможности отбора проб ненарушенного сложения в крупнообломочных грунтах, их плотность следует определять в полевых условиях методом шурфа (лунки) в соответствии с документом [4].

6.1.1.14 Определение коэффициента фильтрации грунтов полевыми методами следует выполнять в соответствии с методическими указаниями [5].

6.1.1.15 Для грунтов сооружений I–III класса и их оснований наряду с бурением скважин и проходкой шурфов рекомендуется проводить испытания в полевых условиях методами статического и динамического зондирования согласно ГОСТ 19912.

6.1.1.16 Для ГТС IV класса физико-механические характеристики грунтов допустимо определять косвенными методами с использованием результатов статического и динамического зондирования.

6.1.1.17 Уточнение гидрогеологических условий на участке размещения сооружения следует проводить с использованием следующих методов:

а) фильтрационное опробование скважин (экспресс-опыты, одиночные откачки и наливов, кустовые откачки), позволяющее выполнить:

- оценку работоспособности пьезометров;
- оценку работоспособности и эффективности дрен;
- определение фильтрационных характеристик вмещающего массива;

б) миграционные запуски индикаторов в фильтрационный поток, проводимые с целью:

- определения направления фильтрации;
- определения скоростей фильтрации.

в) телеметрическое обследование, выполняемое с целью:

- обследования полостей пьезометров, вертикальных и горизонтальных дрен;
- оценки состояния водоприемной части пьезометров и дрен;
- оценки технического состояния конструкции пьезометров и дрен;

г) термокаротаж скважин с целью определения природы фильтрационных вод и путей фильтрации.

6.1.2 Обследования гидротехнических сооружений

Визуальные обследования

6.1.2.1 Визуальные обследования ГТС в комплексе многофакторных исследований следует проводить на гидротехнических сооружениях всех классов.

6.1.2.2 Визуальные обследования ГТС, входящие в состав МФИ, имеют разовый характер, но при анализе их результатов должны учитываться данные систематических натуральных визуальных наблюдений и обследований.

6.1.2.3 Задачей визуальных наблюдений и обследований является оценка состояния сооружения, его основных конструктивных элементов и прилегающей к сооружению территории; выявление дефектов и наличия неблагоприятных процессов, снижающих эксплуатационную надежность сооружения; определение вида и объемов повреждений. Состав и порядок визуальных наблюдений должен соответствовать СТО 70238424.27.140.035-2009, СТО РусГидро 02.01.80-2012, СТО 17330282.27.140.015-2008, ГОСТ Р 55260.1.4.

6.1.2.4 Основной целью обследований является анализ динамики развития повреждений и неблагоприятных процессов, оценка степени их опасности для надежности дальнейшей эксплуатации сооружения и обоснование состава исследований, направленных на установление причин и прогноз дальнейшего развития неблагоприятных процессов.

6.1.2.5 В состав визуального обследования входят следующие работы:

– предварительный осмотр объектов обследования и выявление необходимости проведения дополнительных мероприятий по обеспечению техники безопасности при проведении визуального обследования, в случае необходимости таких мероприятий, заказчик обеспечивает их проведение;

– детализация программы визуального обследования, разработанной на первом этапе МФИ, применительно к конкретному объекту обследования;

– предварительный осмотр объектов обследования и выявление необходимости проведения дополнительных мероприятий по обеспечению техники безопасности при проведении визуального обследования. В случае необходимости таких мероприятий, Заказчик обеспечивает их проведение;

– выявление повреждений и дефектов объектов обследования, а также отступлений от проектных или нормативных значений эксплуатационных характеристик сооружений;

– выявление признаков неблагоприятных для сооружения процессов, аномально больших осадок, деформаций, перемещений, а также зон и участков

разрушения материала конструктивных элементов, открытых выходов фильтрационного потока и т.п.;

- оценка состояния установленной КИА;
- оценка эффективности выполненных ремонтных мероприятий;
- проведение измерений параметров, характеризующих дефекты и повреждения бетонных сооружений, а также ухудшения их эксплуатационных характеристик;
- фиксация выявленных дефектов и повреждений путем фотографирования, составления карт и ведомостей дефектов и повреждений;
- определение мест проведения специализированных исследований, входящих в программу, разработанную в ходе проведения первого этапа МФИ.

6.1.2.6 Минимально необходимый объем обследований и визуальных наблюдений должен соответствовать составу контролируемых качественных диагностических показателей (признаков) состояния сооружения, назначенных с учетом его класса, конструктивных особенностей, природно-климатических условий и условий эксплуатации, наличия и характера дефектов и неблагоприятных процессов в сооружении.

6.1.2.7 Объектами визуального обследования сооружений должны быть все основные конструктивные элементы, от состояния каждого из которых может зависеть безопасность сооружения, а также близлежащая территория и береговые примыкания.

6.1.2.8 В общем случае на гидроузле, имеющем в составе напорного фронта бетонные и грунтовые плотины, здание ГЭС, водосбросные сооружения и т.п., в число объектов визуального обследования следует включать:

- гребень, бермы, откосы (границы) плотин;
- дренажные устройства;
- водосливные поверхности водосбросных сооружений;
- конструктивные элементы этих сооружений со стороны нижнего бьефа, включая водобойный колодец и стенки, гасители энергии, рисберму и ковш (в пределах, доступных для осмотра);
- турбинные водоводы, включая анкерные опоры; уравнивательные резервуары;
- бычки, разделительные стены, устои, подпорные стенки;
- зоны примыкания бетонных сооружений к грунтовым сооружениям и к берегам;
- галереи, устроенные в теле плотины, в берегах и в основании;
- подводящие и отводящие каналы;

- подземные сооружения и выработки;
- участки береговых склонов и территории, примыкающие к низовому откосу (границы) плотины, зданию ГЭС, низовым порталам туннелей, судоходным сооружениям и др.;
- абразивные зоны берегов в верхнем и нижнем бьефах в пределах 500 м от береговых примыканий;
- контрольно-измерительная аппаратура, установленная на ГТС;
- противоволновые и другие крепления откосов.

Для конкретных сооружений объекты визуального обследования определяются в ходе разработки программы МФИ на первом этапе проведения МФИ и уточняются на месте в ходе проведения обследования.

6.1.2.9 Обследования бетонных и железобетонных ГТС следует проводить в целях:

- выявления и оценки механических, кавитационных, коррозионных и химических повреждений и разрушения бетона сооружения и его ответственных элементов, в особенности находящихся в зонах замораживания-оттаивания и в зоне переменного уровня воды, а также поверхностей водосливов;
- регистрации образований и оценки характера трещин в бетонной кладке и в несущих на нагрузку элементах, вызванных различными факторами;
- контроля необратимых заметных раскрытий швов;
- выявления и оценки повреждений защитного слоя бетона (карбонизации, отслоения);
- оценки процесса коррозии и механических повреждений арматуры и стальной облицовки;
- контроля необратимых заметных раскрытий швов (температурных и деформационных);
- регистрации очагов и оценки интенсивности процессов выщелачивания бетона (вымывание извести фильтрующейся водой);
- контроля протечек воды через швы, трещины, бетон.
- регистрации выходов фильтрационных вод через основание и берега сооружений, наличия суффозионных выносов из бетона сооружений, основания и берегов;
- регистрации повреждения шпонок деформационных швов;
- регистрации засорения дренажных устройств в основании и теле плотины;
- регистрации повреждений приборов КИА, установленных на ГТС;

– регистрации повреждений механического оборудования ГТС, повреждения которого могут отразиться на состоянии плотины.

6.1.2.10 Обследования грунтовых плотин и дамб следует проводить в целях:

– выявления и оценки не контролируемых выходов фильтрации через сооружения, основание, берега, сопряжения;

– регистрации и оценки очагов фильтрационно-суффозионных выносов грунта из сооружения, основания, береговых и пойменных массивов примыкающих к сооружению;

– контроля за работой и состоянием дренажей, водоотводящих выпусков, канав и кюветов;

– контроля за общими деформациями и фильтрацией в зонах сопряжения грунтового сооружения с бетонными сооружениями и берегами;

– фиксирования мест заболачивания территории, примыкающей к подошве сооружения в нижнем бьефе;

– выявления и оценки местных деформаций откосов, гребня и берм плотин (дамб), а также береговых склонов в примыканиях;

– выявления, регистрации и оценки развития всевозможных трещин на гребне, откосах и бермах;

– контроля состояния креплений верхового и низового откосов, крепления берегов (если таковые имеются);

– выявления признаков эрозии берегов водохранилища;

– наблюдения за образованием наледей и проталин на низовом откосе и прилегающей территории, за ледовым и температурным режимами и мутностью воды водоемов, образовавшихся в нижнем бьефе вследствие фильтрации;

– выявления признаков морозного выветривания материалов тела плотины (дамбы);

– выявления признаков размывов и подмывов сооружения и берегов со стороны нижнего бьефа;

– выявления наличия древесно-кустарниковой растительности, травяного покрова и ходов землеройных животных на плотине (дамбе);

– оценки состояния КИА, установленной на сооружении.

6.1.2.11 Обследования гидротехнических туннелей следует проводить в целях:

– определения локальных повреждений поверхности обделки туннеля; мест истирания защитного слоя, образования раковин, каверн и других нарушений, приводящих к ослаблению несущей способности обделок и уменьшению

водопроницаемости вследствие повышения шероховатости поверхности обделки;

- выявления отслоений защитного слоя бетона от арматуры, выпучиваний, повреждений и коррозии арматуры;
- регистрации разрывов или "выдергиваний" стальных анкеров крепления облицовок и горной породы;
- регистрации и оценки деформаций и раскрытия трещин в облицовках стенок и сводов и в других бетонных конструкциях, раскрытия тектонических трещин и трещин отдельностей во вмещающем скальном массиве;
- фиксирования мест и оценки величины приточности фильтрационной воды в помещениях;
- контроля состояния аварийных выходов, освещения и вентиляции;
- проверки работоспособности дренажных устройств и насосных станций откачки дренажных вод.
- выявления наличия коррозии металлических облицовок;
- выявления наличия обрастания обтекаемых поверхностей;
- определения мест коррозии бетона (вымывания цементного камня, проявлений химической коррозии);
- определения областей повышенной фильтрации из окружающей породы и из гидротехнических туннелей - в окружающую породу;
- выявления наличия местных разрушений облицовки и обмера контура разрушения и определить объем вывалившейся породы;
- выявления наличия деформаций контура облицовки и измерения характерных поперечных размеров внутренней поверхности туннеля (сближение стен, вертикальное сжатие).

В северных районах следует определить места обмерзания облицовки туннеля, в которых возникает опасность разрушения обделки в результате давления льда в окружающей породе.

6.1.2.12 Обследования каналов следует проводить в целях:

- регистрации и оценки повреждений облицовок, локальных просадок, морозного пучения и мест оползания грунта откосов канала;
- выявления и оценки развития фильтрационно-суффозионных проявлений на конструкциях канала;
- выявление признаков нарушений работы дренажной системы (при наличии);

- фиксации повреждений конструкций деформационных швов крепления канала;
- выявление заилиения, зарастание канала влияющие на гидравлический режим работы канала;
- выявления мест и оценку объемов сползания с бортов грунта в русло канала, отложения "баров";
- оценки сбойности потока, состояния гасителей энергии и наличия размывов русла канала и берегов в нижнем бьефе;
- регистрации появлений плавающих торфяных полей в верхнем бьефе ГЭС;
- оценка состояния контрольно-измерительной аппаратуры, установленной на конструкциях канала.

6.1.2.13 Результаты визуального обследования ГТС должны быть сопоставлены с данными многолетних визуальных наблюдений с целью оценки направленности (затухания или развития) деструктивных процессов и их влияния на состояние сооружения, а также проверки адекватности реакции сооружения на сезонные изменения основных статических нагрузок и воздействий.

6.1.2.14 Обследования гидротехнических сооружений при необходимости должны сопровождаться контрольными (поверочными) измерениями по КИА, тестовыми (контрольными) испытаниями и расчетами, цели и объемы которых определяются программой работы комиссии, проводящей обследование.

В ходе обследования должна быть также проверена работоспособность контрольно-измерительной аппаратуры, установленной на ГТС.

Инструментальные обследования

6.1.2.15 При проведении инструментальных исследований бетонных конструкций используются методы неразрушающего контроля фактических физико-механических характеристик железобетонных конструктивных элементов по СТО 70238424.27.010.011-2008, ГОСТ 17624, ГОСТ 28570, ГОСТ 31937.

6.1.2.16 Инструментальное обследование водопроводящих трактов выполняется в соответствии с Федеральным законом от 30.12.2009 № 384-ФЗ, СТО 70238424.27.010.011-2008, СТО 70238424.27.140.035-2009, СП 56.13330.2011 и нормативных документов [8], [9], [10].

6.1.3 Лабораторные испытания свойств материалов

Грунтовые материалы

6.1.3.1 Показатели физических свойств грунтов следует определять в соответствии с ГОСТ 5180. Гранулометрический состав следует определять согласно ГОСТ 12536.

6.1.3.2 Классификацию грунтов следует выполнять в соответствии с ГОСТ 25100.

6.1.3.3 Показатели фильтрационной проницаемости – коэффициент фильтрации и коэффициент консолидации - следует определять в соответствии с ГОСТ 25584 и ГОСТ 12248.

6.1.3.4 Прочностные и деформационные характеристики песчаных, глинистых и крупнообломочных грунтов следует определять по ГОСТ 12248 с учетом зернового состава грунтов, плотности, влажности, температуры и напряженно-деформированного состояния, в котором грунты находятся в сооружении и его основании в процессе эксплуатации.

6.1.3.5 Для сооружений I и II класса определение механических характеристик крупнообломочных грунтов следует проводить в крупномасштабных установках трехосного сжатия.

6.1.3.6 При испытании образцов крупнообломочного грунта в лабораторных условиях необходимо выдерживать соотношение максимального размера частиц грунта в образце и размера рабочей камеры прибора, удовлетворяющее требованию ГОСТ 30416 (пункт 4.5).

6.1.3.7 При испытаниях крупнообломочных грунтов допускается применение моделирования гранулометрического состава и методов, включающих получение экспериментальных зависимостей характеристик прочностных и деформационных свойств испытуемого грунта от параметров плотности сложения и гранулометрического состава, по ГОСТ 30416. Крупность частиц грунта в таких смесях необходимо уменьшать в соответствии возможностями испытательного оборудования, сохраняя при этом соотношение содержания фракций.

6.1.3.8 Показатели деформируемости и механической прочности скальных пород следует определять по ГОСТ 21153.3 и ГОСТ 12248.

6.1.3.9 Теплопроводность грунтов следует определять по ГОСТ 30256, учитывая, что размер частиц грунта и пустот не должен превышать пяти диаметров зонда.

6.1.3.10 Определение нормативных и расчетных значений физико-механических характеристик грунтовых материалов следует выполнять на основе

статистической обработки результатов согласно ГОСТ 20522, принимая значение односторонней доверительной вероятности α равной 0,95. Все испытания выполняют в количестве, достаточном для статистической обработки по ГОСТ 20522, при минимальном количестве определений не менее шести.

6.1.3.11 Полученные путем статистической обработки расчетные значения характеристик должны быть проанализированы и сопоставлены с контрольными значениями показателей. Результаты лабораторных испытаний в дальнейшем должны быть использованы в расчетах для оценки состояния гидротехнического сооружения.

Геосинтетические материалы

6.1.3.12 Основной задачей при проведении исследований ГСМ в ходе выполнения МФИ является оценка надежности выполнения элементами конструкции ГТС, выполненными из ГСМ, следующих функций: армирование, фильтрация, дренирование, гидроизоляция, теплоизоляция.

6.1.3.13 В ходе выполнения МФИ надлежит проводить испытания ГСМ, расположенных в наиболее ответственных зонах ГТС: противофильтрационных элементах, дренажных системах, упорных призмах грунтовых ГТС.

6.1.3.14 При проведении испытаний ГСМ следует определять следующие основные нормируемые характеристики ГСМ: физические, механические собственных, механические внешних воздействий, фильтрационные, термические.

6.1.3.15 Характеристики ГСМ, нерегламентированные в настоящее время нормативно-технической базой РФ, подлежат определению с использованием действующих международных стандартов (имеется около 30 стандартов ISO и более 60 европейских стандартов EN) или разработанных в РФ отраслевых стандартов, документа [11] и др.

6.1.3.16 Отбор проб геотекстильных материалов должен производиться в соответствии с ГОСТ Р 50275 (ИСО 9862); изделий из стекловолокнистой продукции – в соответствии с ГОСТ 6943.0; гидроизоляционных полимерных материалов – в соответствии с ГОСТ 6943.0. Отбор точечных и объединенных проб осуществляется в соответствии с ГОСТ 13587, ГОСТ 3811. Размеры элементарных проб должны соответствовать требованиям к конкретному способу производства, областям применения и составу сырья нетканых полотен и изделий из них.

6.1.3.17 Линейные размеры (ширину и длину) образцов геотекстильных материалов следует определять в соответствии с ГОСТ 3811; образцов из стекловолокнистой продукции – в соответствии с ГОСТ 6943.17; образцов гидроизоляционных полимерных материалов – в соответствии с ГОСТ 2678.

6.1.3.18 Для ГСМ, относящихся к области геотекстильных материалов, толщина должна быть определена по ГОСТ Р 50276 (ИСО 9863), характеристики пор – по ГОСТ Р 53238, водопроницаемость – по ГОСТ Р 52608, прочность по ГОСТ Р 53226.

6.1.3.19 Методы испытаний гидроизоляционных полимерных материалов приведены в ГОСТ 2678, ГОСТ EN 1928.

6.1.3.20 Для проведения испытаний при определенных условиях в широком интервале температур надлежит применять специальные климатические камеры, обеспечивающие поддержание необходимых условий.

6.1.3.21 При планировании и проведении лабораторных испытаний, моделирующих условия эксплуатации конструкций с использованием ГСМ и грунтов плотины и ее основания, следует учитывать:

- высотное расположение и пространственную ориентацию ГСМ в теле сооружения (основании);
- направление движения фильтрационного потока в теле сооружения (основании);
- возможность работы ГСМ при разнонаправленном движении воды, например при подпоре воды, на входе в дренажную призму и при спаде на выходе из нее;
- особенности работы фильтрующего ГСМ в зоне раздела вода-воздух;
- возможность "самопромывки" пор геосинтетического материала;
- величины избыточных давлений, действующих на противофильтрационный ГСМ;
- методы выполнения швов противофильтрационного ГСМ и их пространственное расположение в теле сооружения;
- способы анкерной заделки краев противофильтрационного ГСМ;

6.1.3.22 Полученные расчетные значения характеристик ГСМ должны быть проанализированы и сопоставлены со значениями показателей, приведенными в технических условиях (паспортах) ГСМ. Результаты лабораторных испытаний в дальнейшем используются в расчетах для оценки состояния гидротехнического сооружения.

Бетон

6.1.3.23 При проведении МФИ необходимо использовать наиболее достоверные и надежные способы оценки физико-механических свойств бетона – испытание образцов, отобранных из конструкции.

6.1.3.24 При проведении МФИ физико-механическими характеристиками бетона, подлежащими определению в лабораторных условиях, как правило, являются:

- для внутренних зон - прочность и плотность;
- для подводной зоны - водонепроницаемость и прочность;
- для зоны переменного уровня - морозостойкость, водонепроницаемость и прочность;
- для надводных зон бетона - прочность и морозостойкость.

6.1.3.25 Перечень определяемых на основе лабораторных испытаний физико-механических характеристик бетона назначается в соответствии с требованиями к бетону различных зон плотины.

6.1.3.26 Прочностные характеристики бетона определяют в соответствии с ГОСТ 17624, а также ГОСТ 28570.

6.1.3.27 Морозостойкость бетона определяют в соответствии с ГОСТ 10060.

6.1.3.28 Количество кернов для лабораторных испытаний зависит от многих факторов: длительности эксплуатации сооружения, наличия деструктивных процессов в бетоне, данных об испытаниях бетона, выполненных в процессе эксплуатации, и определяется специальной программой. Программа составляется на основании анализа данных о состоянии сооружения за период эксплуатации и учетом результатов визуального обследования выполняемого в ходе МФИ.

6.1.3.29 Установление мест отбора проб бетона путем выбуривания кернов должно обязательно предшествовать детальное изучение проектной документации, относящейся к конкретному сооружению или конкретной конструкции, и ознакомление с актами всех предыдущих обследований.

6.1.3.30 При значительной неоднородности качества бетона в обследуемых конструкциях или при неясности причины дефектов рекомендуется определять места отбора проб с учетом результатов оценки состояния бетона таких конструкций одним из неразрушающих методов испытания.

6.1.4 Анализ результатов натуральных наблюдений

6.1.4.1 В комплексе многофакторных исследований анализ результатов натуральных наблюдений за работой и состоянием ГТС должен проводиться на основе массива данных, полученных за весь период эксплуатации ГТС, т.е. ретроспективно.

6.1.4.2 В общем случае анализом данных натуральных наблюдений гидротехнических сооружений должны быть решены следующие основные задачи:

- оценка значений диагностических показателей работы и технического состояния сооружений и степени их соответствия требованиям норм, проектным положениям и соответствующим критериям безопасности;
- оценка опасности для сооружений неблагоприятных процессов, явлений и тенденций в работе, выявленных в результате наблюдениями и обследованиями;
- установление возможных причин возникновения неблагоприятных процессов, явлений и тенденций в работе сооружений и оснований;
- оценка адекватности реакции сооружений и их элементов на изменения нагрузок и воздействий.

6.1.4.3 Анализ данных многолетних натуральных наблюдений и обследований гидротехнических сооружений должен предусматривать оценку влияния на работу сооружений допущенных в процессе их строительства отклонений от первоначальных проектных решений; выявление имевших место повреждений, отказов и предаварийных ситуаций на стадии строительства и временной эксплуатации, а также в начальный период эксплуатации при полных проектных нагрузках.

6.1.4.4 В ходе проведения исследований должны быть установлены отклонения от проектных требований: конструктивных и компоновочных решений сооружений; геометрических размеров элементов сооружений; конструкций противофильтрационных и дренажных устройств; типов волновых креплений и гасителей энергии водотоков; физико-механических и расчетных характеристик материалов сооружений (грунты, бетон); геологии основания; фактической пропускной способности водосбросных сооружений, сейсмичности района и других показателей.

6.1.4.5 В результате исследований должен быть выявлен характер повреждений отдельных элементов сооружений, установлены причины их возникновения (по данным заключений комиссий, актов обследования и специальных исследований сооружений).

6.1.4.6 В целях выявления возможных медленно развивающихся неблагоприятных процессов и нарушений нормальной работы сооружений при комплексном анализе данных наблюдений следует оценивать изменения диагностических показателей состояния сооружений во времени, используя метод их сравнения при идентичных граничных условиях (по нагрузкам, напору, температуре, уровенному режиму водохранилища и т.п.). При выполнении работ следует учитывать требования СТО 70238424.27.140.035-2009.

6.1.4.7 В рамках многофакторных исследований на основании анализа многолетних (ретроспективных) данных натуральных наблюдений технического

состояния различных типов эксплуатируемых гидротехнических сооружений должно быть сделано заключение о динамике развития наблюдаемых процессов, периодичности повторения того или иного явления, изменении характеристик выявленной дефектной зоны, дана оценка развитию техноприродных процессов в зоне взаимодействия сооружения и основания и определена их значимость для безопасности. По результатам анализа данных натуральных наблюдений должно быть установлено:

а) для грунтовых плотин и дамб:

– адекватность изменения положения поверхности депрессии в зависимости от отметок уровней бьефов, наличие (отсутствия) выходов фильтрационного потока на поверхность низового откоса выше дренажа;

– закономерность изменения фильтрационного расхода через плотину и основание от действующего напора, наличие явлений изменения расходов, не мотивированных изменениями напора;

– значения действующих средних градиентов напора в области фильтрации, включая зоны разгрузки фильтрационного потока в дренаж, на дневную поверхность, в прослойки грунтов относительно большей водопроницаемости в основании и др., соотношение натуральных значений градиентов напора с допустимыми;

– динамика изменения в действующих очагах фильтрации и в дренажах мутности профильтровавшейся воды во времени и в зависимости от действующего напора на плотину;

– соответствие фактических отметок гребня проектным отметкам;

– закономерность хода осадки плотины и основания, наличие (отсутствии) тенденции к ее затуханию во времени;

– закономерность изменения горизонтальных перемещений гребня плотины в зависимости от действующего напора, наличие и характер затухания необратимой составляющей перемещений;

– динамика развития во времени, а также в зависимости от действующего напора, просадочных воронок, наметившихся оползней на откосах и берегах, трещин различных ориентаций на гребне, откосах и бермах;

– соотношение уровней нормальных сжимающих напряжений (для сооружений I и II классов) в противофильтрационных элементах плотины (в ядре, экране, диафрагме и т.п.) с величинами удельного геостатического и гидростатического давлений в контролируемых сечениях; наличие и местоположение в сооружении зон растягивающих напряжений, соотношение этих напряжений с показателями прочности материала на растяжение;

- характер и размеры повреждений волновых креплений откосов плотины, соответствие проекту крупности камня и конструкции крепления;
- работоспособность дренажных устройств плотины и основания, наличие признаков их засорения, зарастания, перемерзания;
- характер развития суффозионных процессов в теле и основании плотины;
- влияние температурного режима тела плотины, ядра и основания на фильтрационную устойчивость, параметры напряжённо-деформированного состояния, а также на развитие деформационных и суффозионных процессов, особенно для плотин с мерзлотным ядром или построенных в местностях с наличием вечномёрзлых грунтов;
- местоположение и размеры образующихся зимой наледей, проталин очагов парения на низовом откосе, береговых склонах и на прилегающей территории нижнего бьефа, как следствие выхода на поверхность профильтровавшейся воды;
- б) для бетонных плотин и других сооружений:
 - фактическая реакция сооружения на разные сочетания действующих нагрузок и воздействий с оценкой причин его непроектного поведения;
 - степень соответствия уровня измеренных нормальных напряжений в бетоне и арматуре их расчетным значениям и нормативным (расчетным) сопротивлениям; зоны действия и уровень растягивающих напряжений в бетоне;
 - наличие и оценка влияния на состояние сооружения и схему его работы нарушений сплошности среды в системе "сооружение-основание" (наличие и величины раскрытия трещин в бетонных элементах, зон разуплотнения) в основании, характер поведения трещин при изменении внешних нагрузок и воздействий;
 - закономерность хода осадки, горизонтальных перемещений и наклонов сооружения во времени в зависимости от изменения действующих нагрузок и воздействий, наличие и характер затухания необратимой составляющей горизонтальных перемещений гребня сооружения;
 - степень соответствия фактических (полученных измерениями напоров) эпюр противодействия по подошве сооружения и в горизонтальных швах проектным значениям; причины и динамика изменения противодействия в случае непроектного поведения сооружения;
 - характер поведения строительных, температурных, осадочных и контактных швов под действием изменяющихся нагрузок и температуры, характер фильтрации воды через швы и трещины, развитие процессов выщелачивания бетона;

- динамика коррозии, кавитационных разрушений и абразивного износа поверхностного бетона, степень снижения его прочности в зонах переменных уровней воды, соответствие фактической прочности бетона в ответственных зонах сооружения требованиям проекта и норм;

- наличие и характер развития суффозионных процессов в основании, фильтрационная прочность основания;

- соответствие фактических показателей гашения напора на противофильтрационных элементах, соответствие схем работы дренажных устройств и значений дренажных расходов требованиям проекта;

- наличие и характер изменения необратимых деформаций элементов сооружения после сейсмических или техногенных динамических воздействий, а также вследствие ползучести стареющего бетона;

- наличие и характер деформаций дна и береговых склонов долины реки в створе сооружений и в зоне водохранилища (для высоких плотин);

- динамика изменения температурного режима плотины и основания и влияние температурного режима на параметры напряжённо-деформированного состояния;

- динамика деградации вечной мерзлоты окружающего массива (для сооружений, расположенных в зоне вечной мерзлоты).

в) для подземных сооружений (туннелей):

- наличие и характер деформирования вмещающих скальных массивов по тектоническим трещинам и разломам;

- развитие конвергенции скальных стенок и сводов (конвергенций) камер машинных залов и других горных выработок для сооружений в зависимости от нагрузок, температурного режима и тектоники;

- значения и динамика развития измеренных усилий в анкерах крепления стенок и сводов камер горных выработок, соотношение их с проектными расчетными значениями;

- степень соответствия уровня нормальных напряжений в бетоне и усилий в арматуре железобетонных обделок стен и сводов горных выработок их проектным и нормативным значениям;

- значения и характер изменения во времени давления воды на обделки креплений горных выработок (водоводов, машинных залов, щитовых помещений и др.);

- эффективность работы противофильтрационных элементов и дренажных устройств вокруг горных выработок подземных сооружений (цементационные завесы, дренажные штольни и скважины и т.п.);

- динамика деградации вечной мерзлоты в скальном массиве, вмещающем подземные сооружения (для сооружений, расположенных в зоне вечной мерзлоты);
- г) для подводящих и отводящих каналов:
 - характер и размеры повреждений креплений откосов канала;
 - наличие (отсутствие) размывов, оплываний, локальных обрушений, просадок или пучения грунта откосов;
 - закономерность хода осадки гребней дамб, ограждающих русло канала, соответствие фактических отметок гребней проектным значениям;
 - целостность уплотнений в швах между бетонными плитами крепления напорных откосов, состояние бетона плит;
 - наличие и характер развития фильтрации воды из канала через ограждающие дамбы, тенденция изменения положения поверхностей депрессии и величины фильтрационных расходов;
 - особенности эксплуатации канала при резких изменениях режимов работы ГЭС, в осенне-зимние периоды шугохода, при очень низких температурах воздуха и т.п.;
 - условия нарушения скоростного и уровня режимов работы каналов ГЭС.

6.1.4.8 При наличии не стабилизировавшихся процессов в работе гидротехнических сооружений следует на основании результатов количественного анализа данных наблюдений и выполненных ретроспективных расчетов сооружения составить прогноз изменений диагностических показателей на период дальнейшей эксплуатации.

6.1.4.9 При оценке состояния гидротехнических сооружений по результатам анализа данных наблюдений и исследований должна быть установлена степень соответствия значений диагностических показателей состояния проектным, нормативным и критериальным показателям и оценена адекватность реакции сооружений и их элементов на изменения нагрузок и воздействий. В общих случаях методика оценки технического состояния гидротехнических сооружений должна отвечать требованиям СТО 17230282.27.010.001-2007, СТО 70238424.27.140.035-2009

6.1.4.10 Анализ результатов натуральных наблюдений должен включать также оценку соответствия объекта наблюдения требованиям СТО 70238424.27.140.035-2009, относящимся к:

- составу контролируемых диагностических показателей сооружений и критериям их безопасности;

- составу инструментальных и визуальных наблюдений за сооружениями в период эксплуатации;
- оснащению гидротехнических сооружений техническими средствами контроля их состояния;
- периодичности регулярных наблюдений (мониторинга) сооружений.

6.1.5 Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения

6.1.5.1 При проведении МФИ необходимо выполнить оценку изменения за период эксплуатации ГТС всех нагрузок и воздействий на гидротехнические сооружения, подлежащих учету при выполнении расчетной оценки состояния ГТС в соответствии с СП 58.13330.2012: постоянных, временных (длительных, кратковременные) и особых.

6.1.5.2 Постоянные и временные нагрузки и воздействия, подлежащие уточнению в ходе проведения МФИ, согласно СП 58.13330.2012 включают:

- собственный вес конструкции и сооружения;
- вес постоянного технологического оборудования;
- давление воды непосредственно на поверхность сооружения и основания;
- противодействие на подошву сооружений;
- вес грунта и его боковое давление; горное давление; давление грунта;
- давление отложившихся наносов;
- нагрузки от предварительного напряжения конструкций;
- нагрузки, вызванные избыточным поровым давлением;
- температурные воздействия;
- нагрузки от перегрузочных и транспортных средств и складированных грузов;
- нагрузки и воздействия от волн при расчетном шторме;
- нагрузки и воздействия от льда и ледяного покрова;
- снеговые и ветровые нагрузки;
- нагрузки от подъемных и других механизмов;
- нагрузки от гидравлического удара в период нормальной эксплуатации;
- динамические нагрузки при пропуске расходов по водоводам.

6.1.5.3 Особые нагрузки и воздействия, подлежащие уточнению в ходе проведения МФИ:

- давление воды непосредственно на поверхности сооружения и основания;
- силовое воздействие фильтрующейся воды;
- температурные воздействия;
- нагрузки и воздействия от волн для особых условий волнения;

- нагрузки и воздействия от ледяного покрова при прорыве заторов и зажоров;
- давление от гидравлического удара при полном сбросе нагрузки;
- динамические нагрузки при пропуске расходов по водоводам;
- сейсмические воздействия;
- динамические нагрузки от взрывов;
- гидродинамическое и взвешивающее воздействия, обусловленные цунами.

6.1.5.4 Расчеты ГТС, расположенных в сейсмических районах, следует выполнять на основе результатов уточненной сейсмичности района сооружения и соответствующих сейсмических нагрузок.

6.1.5.5 Для определения нагрузок и воздействий от ветровых волн должен использоваться СП 38.13330.2012. Расчетные элементы волн и ледовых условий на открытых и огражденных акваториях следует принимать на основе результатов инженерно-гидрометеорологических изысканий периодов строительства и эксплуатации ГТС, уточненных за период эксплуатации ГТС данных многолетних натурных наблюдений и лабораторных исследований. Правила выполнения указанных изысканий приведены в правилах [7].

6.1.5.6 В зависимости от вида ледового воздействия и конструкции сооружений ледовые нагрузки определяются в соответствии с СП 38.13330.2012.

6.1.5.7 Нагрузки и воздействия волн на сооружения необходимо уточнять на основе многолетних натурных исследований.

6.1.5.8 В случае наличия ледового воздействия ледовые нагрузки на гидротехнические сооружения должны определяться на основе статистических данных о гидрометеорологических и ледовых условиях в районе расположения сооружения (в том числе, полученных за многолетний период эксплуатации ГТС), исходя из их ежегодной вероятности превышения (обеспеченности), устанавливаемых в зависимости от класса сооружений в соответствии с СП 38.13330.2012.

6.1.5.9 Фактические значения нагрузок и воздействий на сооружение или его отдельные элементы должны использоваться при оценке реакции элементов на эти нагрузки, при корректировке расчетных схем и математических моделей сооружения, в ходе проведения расчетной оценки состояния ГТС, а также при установлении и последующем уточнении критериев безопасности.

6.1.6 Фильтрационные исследования

6.1.6.1 Исследования фильтрационного режима грунтовых плотин, их оснований и примыканий, проводимые в рамках многофакторных исследований

включают:

- визуальный осмотр;
- анализ данных натуральных наблюдений о напорах и расходах, температуре и гидрохимии грунтовых вод на сооружении (структурно-генетический, статистический как внутри годовых циклов, так и по многолетним трендам);
- исследование температурной расслоенности фильтрационного потока в годовом разрезе: с целью уточнения направления и скорости движения грунтовых вод на потенциально опасных участках в напорного фронта сооружения, где можно ожидать максимальных градиентов напора, выявить наличие скрытых разрушений крепления верхового откоса, ядра, экрана;
- обследование дренажей (вынос грунта, участки притока и непритока, путевые расходы, температурный режим дренажного стока в годовом цикле, процессы химического и биохимического кольматажа дренажных элементов, эффективность дренажа в снижении и фиксации депрессионной поверхности в теле грунтовой плотины, в снятии избыточных напоров в основании);
- гидрогеохимические исследования – при наличии в основании минерализованных подземных вод в сочетании или с химической суффозией, опасностью карстообразования и т.п., или с процессами хемогенного кольматажа и заиления дренажей. Сопровождаются составлением карт, схем гидрохимической специализации водных объектов и грунтовых потоков на территории гидротехнического сооружения или тесно связанных с ней.

6.1.6.2 В отдельных случаях могут быть использованы специализированные натурные методы исследований отдельных показателей фильтрационного режима:

- натурные исследования фильтрации миграционными методами: проводятся на отдельных участках сооружения или основания, а также в придренных зонах с целью уточнения фильтрационных свойств грунта, скорости и направления фильтрата в суффозионно-опасных местах;
- изотопно-гидрохимические исследования и трассерные эксперименты:
 - а) оценка фильтрационных свойств грунтов основания;
 - б) оценка разгрузки фильтрационных потоков грунтовых (верхних) и подземных (глубинных) вод;
 - в) оценка связи русловых потоков и грунтовых вод;
 - г) оценка темпов деградации многолетнемерзлых грунтов в области влияния водохранилищ и русел;
 - д) исследование механизма образования наледей.

6.1.6.3 Исследования фильтрационного режима оснований бетонных плотин, проводимые в рамках многофакторных исследований включают:

- визуальный осмотр (фиксация наличия очагов самопроизвольной фильтрации, неорганизованные фильтрационные выходы, обходная фильтрация);
- анализ данных режимных наблюдений о напорах и расходах, температуре и гидрохимии грунтовых вод в основании сооружения (структурно-генетический, статистический как внутри годовых циклов, так и по многолетним трендам);
- обследование скважин (дренажных, пьезометрических) с открытым стволом с целью оценки изменений в процессе фильтрации по системе трещин в основании и по контакту скала-бетон по мере старения сооружения и основания; в результате механической и химической суффозии; хемогенного кольматажа;
- при необходимости:
 - а) гидрогеохимические исследования с составлением карт, схем гидрохимической специализации водных объектов и грунтовых потоков на участке сооружения;
 - б) натурные исследования фильтрации миграционными методами;
 - в) изотопно-гидрохимические исследования и трассерные эксперименты.

6.1.7 Расчетные исследования

6.1.7.1. Многофакторный анализ прочности, устойчивости и эксплуатационной надежности ГТС включает в себя проведение расчетной оценки состояния ГТС, выполняемой с учетом произошедших изменений конструктивных решений, свойств материалов ГТС и условий их эксплуатации.

6.1.7.2. Расчетная оценка состояния ГТС является завершающей стадией исследовательских работ, проводимых в составе комплекса многофакторных исследований, и выполняется с учетом данных натуральных наблюдений, визуального обследования, результатов проведенных изысканий, гидравлических пр. исследований выполненных на предыдущих стадиях МФИ. Расчетные створы и состав расчетных случаев устанавливаются (обосновываются) с учетом особенности компоновки сооружения, данных визуального обследования и результатов анализа данных натуральных наблюдений, при этом должны быть удовлетворены основные требования действующих нормативных документов.

6.1.7.3. Основные параметры расчетных схем и моделей должны корректироваться на основании данных наблюдений, полученных за период эксплуатации ГТС, уточнения реальных нагрузок и воздействий, характеристик материалов и т.п. Должна осуществляться "калибровка" расчетных моделей, чтобы обеспечить достаточную степень согласования при сопоставлении натуральных и расчетных значений диагностических показателей состояния сооружения.

6.1.7.4. При выполнении поверочных расчетов прочности и устойчивости бетонных плотин, выполняемых в комплексе МФИ, должны быть удовлетворены основные требования СП 40.13330.2012, СП 41.13330.2012, СП 23.13330.2011.

6.1.7.5. Расчеты фильтрации в теле и основании грунтовых плотин и дамб следует выполнять численными методами в плоской (при расчетах плотин и дамб большой протяженности) и пространственной (при расчетах плотин в узких каньонах) постановках с учетом:

наличия в теле и основании сооружения областей мерзлых грунтов, способных привести к подъему депрессионной поверхности перед ними;

фактического состояния (целостности и работоспособности) дренажных устройств и противофильтрационных элементов;

возможного изменения положения депрессионной поверхности вследствие капиллярного поднятия;

возможного временного выхода депрессионной поверхности на низовой откос сооружения.

Расчеты фильтрации через береговые примыкания сооружения следует проводить в трехмерной постановке.

При проведении исследований в обязательном порядке производится определение интенсивности хемогенного заиления дренажных систем.

6.1.7.6. Расчеты напряженно-деформированного состояния грунтовых плотин и дамб следует выполнять с использованием современных расчетных моделей грунтов, максимально учитывающих реальные свойства грунта (например, модель упруго-пластического грунта, модель упрочняющегося грунта, вязко-упруго-пластическую модель и др.). При этом обязательному учету подлежат:

фактическое положение депрессионной поверхности и поровое давление в грунтах в теле и основании плотины (в случае наличия в теле и основании плотины толщи водонасыщенных глинистых грунтов и незатухающем характере осадок сооружения, выявленном по данным натурных наблюдений);

изменение температурного состояния грунтов по данным натурных измерений и возможность существенных деформаций просадки или пучения, произошедшие за длительный период эксплуатации при их оттаивании или замерзании;

наличие в теле и основании плотины различных специальных конструкций и элементов (анкеров, ряжей, габионов, георешеток и др.).

6.1.7.8. Методики, детали и примеры выполнения расчетов фильтрационных процессов, напряженно-деформированного состояния и устойчивости грунтовых плотин и дамб различных типов приведены в СП 39.13330.2012 (Раздел 9, приложения А, Д, Е, Ж, И, К).

6.1.7.9. Расчеты температурного состояния грунтовых плотин следует выполнять с учетом:

происходящих в теле сооружения нестационарных процессов, таких как тепломассоперенос при фильтрации воды через сооружение и естественная конвекция воздуха в низовых упорных призмах;

теплозащиты дневной поверхности сооружения снежным покровом или иными естественными и искусственными покрытиями;

наличия в теле и основании плотин сезонно и постоянно действующих охлаждающих устройств или искусственных источников тепла.

В случае если противофильтрационное устройство плотины сложено слабопроницаемыми грунтами, допустимо выполнять расчеты конвекции воздуха в низовой призме отдельно от остальных конструктивных элементов сооружения.

6.1.7.10. Расчеты устойчивости грунтовых откосов в рамках проведения МФИ следует выполнять с использованием апробированных программных комплексов и методов, учитывающих напряженно-деформированное состояние сооружения.

6.1.7.11. В расчетах устойчивости грунтовых откосов, выполняемых в составе МФИ, помимо факторов, изложенных в СП 39.13330.2012 (раздел 9), следует учитывать уточненные по данным инженерно-геологических изысканий, реологические свойства грунтов тела и основания сооружения.

6.1.7.12. Расчеты гидротехнических туннелей выполняются с использованием математических моделей системы "окружающая порода-облицовка гидротехнического туннеля". Для туннелей 1 и 2 класса, расположенных в зоне тектонических разломов, рекомендуется использовать программы решения пространственной задачи с учетом влияния тектонических зон и смежных выработок.

6.1.7.13. Расчетную оценку напряженно-деформированного состояния окружающей породы и облицовки гидротехнического туннеля следует выполнять с учетом структуры окружающей породы, систем характерных трещин и свойств их заполнителей, данных визуальных и инструментальных наблюдений за состоянием облицовки.

6.1.7.14 Расчетную оценку состояния конструкции зданий ГЭС, устоев, подпорных стен, напорных трубопроводов (водоводов) и уравнильных резервуаров следует проводить в случае выявления в ходе проведения обследования данных сооружений дефектов категории "А" (см. 5.3.2.8 и 5.3.3.2).

6.1.7.15. Расчетная оценка ограждающих сооружений бассейнов суточного регулирования в зависимости от их конструкции выполняется в соответствии с требованиями:

подпунктов 6.1.7.5 – 6.1.7.11 в случае выполнения ограждающих дамб бассейнов из грунтовых материалов;

подпунктов 6.1.7.4 и 6.1.7.14, если ограждающие конструкции бассейна выполнены в бетоне или железобетоне.

6.1.7.16. Поверочные расчеты устойчивости конструкции ограждающих дамб каналов в насыпи выполняются в случае обнаружении в ходе эксплуатации деформаций крепления откосов, оползней, оплывов, свидетельствующих о снижении устойчивости системы "ограждающая дамба-основание". Требования к выполнению расчетов аналогичны изложенным в подпунктах 6.1.7.5 – 6.1.7.11.

6.1.7.17. При размещении трассы канала в пределах косогора, при обнаружении в ходе эксплуатации явлений, свидетельствующих о смещении вмещающего ГТС грунтового массива, в ходе МФИ необходимо провести расчетное исследование его устойчивости с учетом требований, изложенных в подпунктах 6.1.7.10 и 6.1.7.11.

6.2 Требования по учету особых условий территории размещения ГТС

6.2.1 Северная строительно-климатическая зона

6.2.1.1 При проведении многофакторных исследований для гидротехнических сооружений, расположенных в северной строительно-климатической зоне (ССКЗ) следует учитывать возможные изменения за истекший период эксплуатации физико-механических, теплофизических и фильтрационных свойств пород оснований и материалов сооружений при их переходе из мерзлого состояния в талое и наоборот, а также возможные деформации сооружения в процессе оттаивания сооружения и его основания.

6.2.1.2 Особенности расчетных исследований грунтовых плотин в ССКЗ заключаются в необходимости выполнения (дополнительно к перечисленным в 6.1.6):

- анализа изменения температурного режима тела и основания ГТС, а также береговых примыканий, проводимого с использованием многолетних данных натуральных наблюдений

- расчетов по оценке соответствия фактического и проектного температурных режимов плотины и ее основания;

- расчетов по оценке необходимости продления срока работы установленных в плотине и ее основании специальных охлаждающих устройств, изменения режима или прекращения их работы, в связи с достижением стационарного температурного состояния.

6.2.2 Закарстованные территории

6.2.2.1 При проведении МФИ следует учитывать выявленные на основе данных инженерных изысканий неравномерно-пониженную прочность и несущую способность закарстованных пород, покрывающих грунтов и отложений, заполняющих поверхностные и погребенные карстовые формы (воронки и т.п.);

6.2.2.2 При проведении МФИ в обязательном порядке выполняется анализ развития карстовых процессов в зоне взаимодействия оснований и сооружений ГЭС, произошедшего период эксплуатации ГЭС, в том числе:

- возникновение и развитие карстовых деформаций в толще грунтов и на земной поверхности (провалов, локальных и общих оседаний);
- активизация карстовых процессов и явлений, в том числе в результате техногенного воздействия.

6.2.2.3 В ходе МФИ следует выполнять анализ данных натуральных наблюдений за карстовыми процессами, в том числе:

- параметров фильтрационного потока в основании и береговых примыканиях плотины;
- химического состава природных подземных вод.

6.3.2.4 При проведении МФИ в карстовых районах необходимо использовать:

- индикаторные и индикационно-диагностические методы определения путей и скоростей движения подземных вод, опознавания различных типов этих вод, выявления зон их питания и разгрузки, в том числе зон активной инфильтрации на дне водохранилища;
- гидрохимические методы наблюдений за процессами взаимодействия природных подземных вод с водами фильтрационного потока из водохранилища, выщелачивания и растворения грунтов основания;
- термометрические наблюдения для выявления зон активной фильтрации, изучения динамики фильтрационных процессов и др.

6.2.3 Наличие лессовых грунтов в основании

6.2.3.1 При проведении исследований на территории распространения просадочных грунтов следует устанавливать и отражать в отчете:

- наличие внешних признаков проявления просадочности грунтов (просадочные блюдца, поды, ложбины и пр.);
- изменение деформационных и прочностных характеристик грунтов за период эксплуатации;

- изменения показателей свойств по простиранию и глубине просадочной толщи;
- проявление и характер источников замачивания лессовой толщи в ходе эксплуатации ГТС;
- аварийные ситуации, ремонтные или восстановительные работы, связанные с развитием просадочных явлений в период эксплуатации ГТС;
- применявшиеся типы и конструкции фундаментов, зданий и сооружений, их техническое состояние, наличие и характер деформаций, вызванных просадочными явлениями;
- применявшиеся при строительстве в районе работ методы полного или частичного устранения просадочности грунтов (противофильтрационные мероприятия, применение тяжелых трамбовок, искусственное закрепление грунтов, предварительное замачивание и др.) с оценкой их эффективности.

6.2.3.2 В состав инженерно-геологических исследований на территории распространения лессовых грунтов, проводимых в комплексе МФИ входит:

- сбор и обработка материалов изысканий прошлых лет и другие архивные, фондовые и литературные источники, характеризующие инженерно-геологические условия исследуемого района, участки современного и древнего интенсивного увлажнения, сведения о свойствах просадочных грунтов, о развитии и внешних проявлениях просадочности грунтов, сведения об опыте изысканий и строительства, связанного с опытным замачиванием толщ просадочных грунтов в разных условиях их залегания;
- маршрутные наблюдения: в процессе рекогносцировочного обследования и инженерно-геологической съемки следует фиксировать признаки просадочности лессовых грунтов. В процессе маршрутных наблюдений следует документировать выходы источников подземных вод, заболоченность, глубину стояния воды в колодцах с целью установления распространения и глубины положения зеркала подземных вод, определяющих нижнюю границу толщи просадочных грунтов;

6.2.4 Оползнеопасные территории

6.2.4.1 В ходе МФИ надлежит проводить уточнение границ оползнеопасных территорий, которые могут влиять на безопасность ГТС по данным комплексных инженерных изысканий, выполненных в период эксплуатации ГТС, результатов расчетов устойчивости склонов, и материалов сравнительного инженерно-геологического анализа различных лет.

6.2.4.2 Динамика и сфера проявления оползня за период эксплуатации ГТС должна быть уточнена по результатам анализа данных дистанционного

зондирования – ДДЗ (повторных космических, аэросъемок, лазерного сканирования и др.), многолетних геодезических и визуальных наблюдений.

6.2.4.3 Оценка влияния гидрогеологической ситуации, прежде всего подтопления, на условия переформирования берегов водохранилищ и нижних бьефов ГЭС, произошедшего за период эксплуатации ГЭС должна выполняться на основе анализа данных многолетних геофильтрационных наблюдений. Для этого на участках развития оползней следует уточнять режим, а в необходимых случаях и состав подземных вод и их изменения во времени.

6.2.4.4 Анализ наблюдений за оползнеопасными территориями в комплексе МФИ должны проводиться в целях:

- выявления существующих и потенциальных участков нарушения устойчивости бортов;
- оценки масштабов и интенсивности наблюдаемых и возможных смещений;
- выработки рекомендаций по предотвращению смещений оползней и контролю устойчивости склонов в зоне влияния водохранилища.

6.2.4.5 В ходе МФИ должен проводиться анализ данных многолетних наблюдений за динамикой оползней, сохранностью и устойчивостью сооружений на оползнеопасном участке.

При этом следует выполнять:

- детальную инженерно-геодезическую съемку;
- разведочные работы (горные, буровые, геофизические);
- стационарные режимные наблюдения;
- анализ ДДЗ;
- детальную инженерно-геодезическую съемку;
- лабораторные и расчетные исследования.

6.2.4.6 По результатам выполненных МФИ должно быть составлено заключение об устойчивости берегового склона или оползня и, при необходимости, приведен перечень противооползневых мероприятий.

6.2.5 Сейсмоопасные территории

6.2.5.1 Визуальные обследования

При обследовании в ходе проведения МФИ гидротехнических сооружений, подвергавшихся в период эксплуатации землетрясениям силой более 5 баллов, должна быть дана оценка состояния: гребневых зон и откосов сооружений; конструкций в зонах возможной концентрации напряжений; швов и зон примыкания сооружений к основанию, берегам и другим сооружениям; дренажных устройств

и насосных станций откачки дренажных вод, водопропускных и водосбросных сооружений и их механического оборудования; берегов и берегоукрепительных конструкций в водохранилище и в нижнем бьефе.

6.2.5.2 Инженерно-геологические изыскания и лабораторные испытания свойств материалов

В случае недостаточного для выполнения расчетной оценки состояния ГТС объема сведений о динамических свойствах грунтов, представленных в материалах изысканий, проведенных в период эксплуатации ГТС, надлежит проводить лабораторные исследования по определению динамических характеристик грунтов (в том числе динамического модуля деформации и динамического коэффициента поперечной деформации).

6.2.5.3 Анализ данных сейсмологических и сейсмометрических наблюдений

В ходе проведения МФИ на ГТС, расположенных в сейсмически опасных районах, следует выполнять анализ данных сейсмологических и сейсмометрических наблюдений за весь период строительства и эксплуатации гидроузла. Как правило, такие наблюдения на ГТС и площадках их размещения выполняются специализированными организациями. В таком случае в рамках МФИ выполняется обзор отчетов о наблюдениях и формулируются выводы.

6.2.5.4 Расчетные исследования

а) Расчеты ГТС, расположенных в сейсмических районах, следует выполнять в соответствии с СП 14.13330.2014. Расчетная сейсмичность площадки размещения ГТС определяется на основании уточненной сейсмичности района и с учетом данных результатов СМР (сейсмического микрорайонирования). В рамках МФИ такие исследования не предусматриваются, для назначения расчетной сейсмичности используются либо данные ранее выполненных исследований, либо карты ОСР-97.

б) Все ГТС должны рассчитываться на два уровня сейсмических воздействий: максимальное расчетное землетрясение (МРЗ) и проектное землетрясение (ПЗ);

в) водоподпорные сооружения следует рассчитывать методами динамической теории сейсмостойкости (ДТ), водоподпорные сооружения III и IV классов допускается рассчитывать методами линейно-спектральной теории сейсмостойкости (ЛСТ).

г) в расчетах ГТС и оснований учитывают следующие сейсмические нагрузки:

- распределенные по объему сооружения и основания инерционные силы;
- распределенные по поверхности контакта сооружения с водой гидродинамическое давление, вызванное инерционным влиянием колеблющейся с сооружением жидкости;
- гидродинамическое давление, вызванное возникшими при землетрясении волнами на поверхности водоема.

Учитывают также последствия связанных с землетрясением явлений, таких как:

- смещения по тектоническим разломам;
- проседание грунта;
- обвалы и оползни;
- разжижение грунта.

д) Расчеты сейсмической устойчивости и прочности бетонных плотин следует выполнять с использованием моделей, предусматривающих возможность выполнения нелинейного анализа.

е) Расчеты сейсмической устойчивости грунтовых плотин следует выполнять с использованием моделей, учитывающих разуплотнение грунтов в процессе землетрясения, а также наличие в теле и основании сооружения областей мерзлого грунта и конструктивных элементов, предназначенных для повышения сейсмической устойчивости (армирующих конструкций, сейсмоизоляции).

7 Требования по использованию результатов многофакторных исследований в ходе дальнейшей эксплуатации сооружений

7.1 Основными результатами выполненных МФИ является:

- заключение о техническом состоянии с перечнем дефектов и повреждений, их классификации по степени опасности, причинами возникновения и мерами по их устранению;
- заключение об эксплуатационной надежности комплекса ГТС объекта;
- прогнозная математическая модель (в случае необходимости) развития возможных неблагоприятных природных воздействий на техническое состояние ГТС, с учётом анализа тенденций их развития;
- перечень мероприятий по обеспечению дальнейшей безопасной эксплуатации ГТС, а также приведению состояния ГТС в соответствие с требованиями нормативных документов и условиями проекта (в случае необходимости).

7.2 В соответствии с изложенным выше, полученные результаты исследований позволяют более точно оценить состояние сооружений и уровень их безопасности, результаты МФИ должны быть учтены в ходе последующего декларирования безопасности ГТС, а также при проведении преддекларационного обследования и технического освидетельствования ГТС в течение 5-летнего периода после завершения МФИ.

7.3 Выбор первоочередных мероприятий из комплекса мероприятий, сформированного по результатам МФИ, осуществляется эксплуатирующей организацией на основе ранжирования по уровню риска, связанного с их невыполнением. При этом первоочередными следует считать мероприятия, невыполнение которых способно повлечь возникновение чрезвычайных ситуаций на ГТС объекта.

7.4 Эксплуатирующая организация должна в полном объеме выполнить комплекс первоочередных работ по обеспечению дальнейшей безопасной эксплуатации ГТС, необходимость проведения которых выявлена в ходе проведения многофакторных исследований в т.ч:

- проведение необходимых ремонтно-восстановительных работ;
- проведение мероприятий по замене неработоспособной КИА и других элементов, выработавших свой ресурс;
- проведение необходимых дополнительных исследований;
- уточнение проектных параметров ГТС;
- корректировку эксплуатационной документации;
- переподготовку работников (персонала).

7.5 В случае выявления в ходе исследований необходимости реконструкции ГТС или их элементов, должна быть осуществлена разработка соответствующего проекта (инвестиционной программы).

7.6 В случае выявления в ходе исследований необходимости внесения изменений в режимы эксплуатации ГТС и систему мониторинга их состояния, осуществляется согласование данных изменений с генпроектировщиком с разработкой проектной документации (в случае необходимости).

7.7 Эксплуатирующей организацией должен быть обеспечен необходимый объем контроля состояния ГТС, установленный по результатам выполненных многофакторных исследований.

7.8 Все изменения в параметры конструкции ГТС, режимы эксплуатации и систему мониторинга их состояния, внесенные по результатам реализации рекомендаций МФИ, в обязательном порядке вносятся в эксплуатационную документацию ГЭС.

7.9 В случае проведения МФИ в период, не превышающий 5 лет до истечения расчетного срока службы сооружения, результаты МФИ должны рассматриваться в качестве результатов всестороннего обследования ГТС, согласно СП 58.13330.2012 (пункт 8.20), и включать рекомендации по необходимости разработки проектной документации усиления (реконструкции) объекта или его ликвидации.

7.10 В случае выявления в ходе исследований отклонений, оказывающих влияние на надежность и безопасность ГТС, через 3 года после реализации мероприятий по обеспечению надежности и безопасности ГТС, рекомендованных по результатам МФИ, в обязательном порядке следует провести исследования по оценке эффективности выполненных мероприятий.

Библиография

- [1] РД 153-34.0-03.205-2001 Правила безопасности при обслуживании гидротехнических сооружений и гидромеханического оборудования энергоснабжающих организаций. Утверждены Министерством энергетики Российской Федерации, приказ от 13.04.2001 № 113
- [2] Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок. Утверждены приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 24.07.2013 № 328н.
- [3] СП 11-104-97 Инженерно-геодезические изыскания для строительства
- [4] РД 34 15.073-91 Руководство по геотехническому контролю за подготовкой оснований и возведением грунтовых сооружений в энергетическом строительстве. Утвержден и введен в действие Главтехстроем Министерства энергетики и электрификации СССР от 09.02.1990
- [5] РД 153-34.1-21.325-98 Методические указания по контролю за режимом подземных вод на строящихся и эксплуатируемых тепловых электростанциях. Утверждены департаментом стратегии развития и научно-технической политики РАО «ЕЭС России» 01.12.1999
- [6] СП 33-101-2003 Определение основных расчетных гидрологических характеристик
- [7] СП 11-103-97 Инженерно-гидрометеорологические изыскания для строительства
- [8] Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. Утверждены приказом Минэнерго России № 229 от 19.06.2003; зарегистрированы в Министерстве юстиции Российской Федерации 20.06.2003 за № 4799
- [9] РД 153-34.0-20.340-98 Методические указания по контролю за состоянием металлических напорных трубопроводов гидроэлектростанций. Утверждены департаментом стратегии развития и научно-технической политики РАО «ЕЭС России» 05.03.1998

- [10] РД 22-01397 Требования к проведению оценки безопасности эксплуатации производственных зданий и сооружений поднадзорных промышленных производств и объектов (обследования строительных конструкций специализированными организациями). Институт ЦНИИПРОЕКТ-СТАЛЬКОНСТРУКЦИЯ, г. Москва, 10.12.1997
- [11] ОДМ 218.5.006-2010 Рекомендации по методикам испытаний геосинтетических материалов в зависимости от области их применения в дорожной отрасли

УДК _____

МКС _____

код продукции

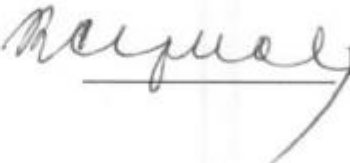
Ключевые слова: гидротехнические сооружения, гидроэлектростанции, методические рекомендации, выполнение многофакторных исследований.

**Руководитель организации-разработчика
НП «Гидроэнергетика России»**

Исполнительный директор


Р.М. Хазиахметов

Руководитель разработки,
главный эксперт
по технической политике, к.т.н.


В.С. Серков

СОИСПОЛНИТЕЛИ

**Руководитель организации-разработчика
ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева»**

Генеральный директор


Е.Н. Беллендир

Руководитель разработки,
Руководитель департамента
«Информационно-аналитический центр
по безопасности ГТС», к.т.н.


Е.А. Филиппова

Заведующий отделом
«Научно-техническое обеспечение
эксплуатации КЗС СПб
от наводнений, к.т.н.


А.Г. Василевский

Заведующий отделом
«Анализ и оценка состояния ГТС»


Ю.Г. Ротченко

