Некоммерческое Партнерство «Инновации в электроэнергетике»



СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ **СТО 70238424.27.140.026-2009**

Гидроэлектростанции
Оценка и прогнозирование рисков возникновения аварий гидротехнических сооружений
Нормы и требования

Дата введения – 2009-12-31

Издание официальное

Москва
2009

gost.e-ecolog.ru

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», а содержание и оформление стандартов – ГОСТ Р 1.5-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные Российской Федерации. Правила построения, изложения, оформления и обозначения».

Сведения о стандарте

1. РАЗРАБОТАН Некоммерческим Партнерством «Гидроэнергетика России», ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева»

2. ВНЕСЕН Комиссией по техническому регулированию НП «ИНВЭЛ»

3. УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом НП «ИНВЭЛ» от 04.12.2009 № 88

4. ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

© НП «ИНВЭЛ», 2009

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

Введение

Стандарт организации «Гидроэлектростанции. Оценка и прогнозирование рисков возникновения аварий гидротехнических сооружений. Нормы и требования» (далее – Стандарт) разработан в соответствии с требованиями Федерального закона № 184-ФЗ «О техническом регулировании».

Настоящий стандарт является нормативным техническим документом, устанавливающим, в соответствии с Федеральным законом «О безопасности гидротехнических сооружений», основные правила, нормы и требования, относящиеся к процедуре анализа, оценки и прогнозирования риска аварий гидротехнических сооружений гидроэлектростанций - ГЭС и ГАЭС.

Настоящий стандарт входит в группу стандартов «Гидроэлектростанции» и регулирует названные выше процессы и процедуры, дополняя в этой области общие требования, изложенные в стандартах организации СТО 70238424.27.140.002-2008 «Гидротехнические сооружения ГЭС и ГАЭС. Условия создания. Нормы и требования», СТО 70238424.27.140.003-2008 «Гидротехнические сооружения ГЭС и ГАЭС. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования», СТО 70238424.27.140.015-2008 «Гидроэлектростанции. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования», СТО 70238424.27.140.017-2008 «Механическое оборудование гидротехнических сооружений ГЭС. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования».

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 2
3 Термины и определения 4
4 Обозначения и сокращения 6
5 Основные нормы и требования к проведению анализа, оценки и прогнозирования риска аварий гидротехнических сооружений гидроэлектростанций 6
6 Методы проведения анализа, оценки и прогнозирования риска аварий гидротехнических сооружений гидроэлектростанций 20
7 Особенности анализа, оценки и прогнозирования риска аварий гидротехнических сооружений гидроэлектростанций на разных стадиях жизненного цикла 29
8 Предложения по оценке эффективности мер управления риском аварий гидротехнических сооружений гидроэлектростанций 29
9 Оформление результатов анализа, оценки и прогнозирования риска аварий гидротехнических сооружений гидроэлектростанций 30
10Требования, обеспечивающие безопасность гидротехнических сооружений гидроэлектростанций на основе анализа, оценки и прогнозирования риска аварий 31
11Требования к качеству 32
Приложение А (справочное) Рекомендуемые значения коэффициентов вариации 34
Приложение Б (справочное) Пример выполнения анализа и оценки риска аварий ГТС Чирюртских ГЭС 36
Библиография 45

ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИ

ОЦЕНКА И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РИСКОВ ВОЗНИКНОВЕНИЯ АВАРИЙ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

НОРМЫ И ТРЕБОВАНИЯ

Дата введения – 2009-12-31

1 Область применения

1.1 Стандарт устанавливает основные правила, нормы и требования, относящиеся к процедуре анализа, оценки и прогнозирования риска аварий гидротехнических сооружений (ГТС) гидроэлектростанций (ГЭС).

1.2 Требования Стандарта распространяются на здания ГЭС, плотины, каналы, бассейны, водоподводящие и водоотводящие сооружения, а также на механическое оборудование ГЭС.

1.3 Стандарт регулирует общие вопросы анализа, оценки допустимости риска аварий ГТС, установленные нормативными документами, а также прогнозирования риска аварий ГТС при принятии решений о проектировании, строительстве, ремонте, реконструкции, консервации и ликвидации ГТС.

1.4 Результаты анализа, оценки и прогнозирования риска аварий ГТС гидроэлектростанций должны применяться:

- при идентификации ГТС, подлежащих обязательному декларированию безопасности;
- при разработке и экспертизе деклараций безопасности ГТС;
- при назначении критериев безопасности ГТС;
- при расчетах вероятного вреда, который может быть причинен жизни, здоровью физических лиц, имуществу физических и юридических лиц в результате аварии ГТС;
- при обосновании страховых тарифов и ставок для заключения договоров страхования гражданской ответственности владельцев ГТС за вред, причиненный при аварии ГТС;
- при выборе и оптимизации организационных и технических решений по управлению риском аварий ГТС на всех стадиях их жизненного цикла;
- при выборе и оптимизации организационных и технических решений по обеспечению безопасности сложных природно-технических систем, формируемых на базе ГТС гидроэлектростанций.

1.5 Стандарт предназначен для применения гидрогенерирующими компаниями (эксплуатирующими организациями) (далее – компания (организация), а также организациями, привлекаемыми для выполнения проектных, научно-исследовательских и других работ (предоставления услуг),

связанных с обеспечением безопасности гидротехнических сооружений и с поставкой технических средств и программного обеспечения в этих целях.

1.6 Требования Стандарта могут быть применены при выполнении процедуры анализа, оценки и прогнозирования риска аварий ГТС гидроаккумулирующих гидроэлектростанций (ГАЭС) и малых гидроэлектростанций с учетом состава сооружений и особенностей их компоновки.

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

1.8 Стандарт не учитывает все возможные особенности исполнения его требований на конкретных гидроэлектростанциях. В развитие настоящего Стандарта для применения на конкретных гидроэлектростанциях компаниями (организациями) могут быть в установленном порядке разработаны и утверждены для каждой гидроэлектростанции индивидуальные стандарты организации, учитывающие особенности компоновки, конструкции и условий эксплуатации оборудования и сооружений, не противоречащие действующим нормативным документам, и не снижающие уровень требований к безопасности гидротехнических сооружений, предъявляемых этими документами, Стандартом и проектной (конструкторской) документацией.

1.9 Стандарт должен быть пересмотрен в случаях ввода в действие новых федеральных законов, технических регламентов и национальных стандартов, содержащих не учтенные в Стандарте требования, а также при необходимости введения новых требований и рекомендаций, обусловленных правовыми нормативными документами федеральных органов исполнительной власти, уполномоченных в соответствующей области, а также развитием науки и техники.

2 Нормативные ссылки

В Стандарте использованы нормативные ссылки на следующие законодательные акты, стандарты и классификатор:

Федеральный Закон Российской Федерации от 27.12.2002 № 184-ФЗ «О техническом регулировании»

Водный кодекс Российской Федерации. Федеральный закон от 03.06.2006 № 74-ФЗ

Градостроительный кодекс Российской Федерации. Федеральный закон от 29.12.2004 № 190-ФЗ

Федеральный закон Российской Федерации от 21.07.97 № 117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений» (ред. 18.12.2006)

Федеральный закон Российской Федерации от 21.12.94 № 68 «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»

Федеральный закон Российской Федерации от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды»

Федеральный закон Российской Федерации от 26.03.2003 № 35-ФЗ «Об электроэнергетике» (с изменениями на 14.07.2008)

Постановление Правительства Российской Федерации от 16.11.1998 № 1303 «Об утверждении Положения о декларировании безопасности гидротехнических сооружений»

Постановление Правительства Российской Федерации от 21.05.2007 № 304 «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»

Постановление Правительства Российской Федерации от 18.12.2001 № 876 Правила определения величины финансового обеспечения гражданской ответственности за вред, причиненный в результате аварии гидротехнического сооружения.

Постановление Правительства Российской Федерации от 30.12.2008 № 1077 «О внесении изменений в положение о декларировании безопасности гидротехнических сооружений»

ГОСТ 21964-76 Внешние воздействующие факторы. Номенклатура и характеристики

ГОСТ Р 22.0.01-94 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Основные положения

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 27.310-95 Надежность в технике. Анализ видов, последствий и критичности отказов. Основные положения

ГОСТ Р 51901.1-2002 Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем

ГОСТ Р 51901.5-2005 Менеджмент риска. Руководство по применению методов анализа надежности

ГОСТ Р 51901.11-2005 Менеджмент риска. Исследование опасности и работоспособности. Прикладное руководство

ГОСТ Р 51901.13-2005 Менеджмент риска. Анализ дерева неисправностей

ГОСТ Р 51901.16-2005 Менеджмент риска. Повышение надежности. Статистические критерии и методы оценки

СТО 70238424.27.140.003-2008. Гидротехнические сооружения ГЭС и ГАЭС. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования

СТО 70238424.27.140.002-2008. Гидротехнические сооружения ГЭС и ГАЭС. Условия создания. Нормы и требования

СТО 70238424.27.140.037-2009 Гидроэлектростанции. Научное обоснование создания гидроэнергетических объектов. Нормы и требования

СТО 70238424.27.140.043-2009 Гидроэнергетическое строительство. Инженерные изыскания при разработке схем территориального планирования и проектной документации. Нормы и требования

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

Нормы и требования

ОК (МК (ИСО/ИНФКО МКС) 001-96) 001-2000 Общероссийский классификатор стандартов

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

3 Термины и определения

В Стандарте использованы основные понятия по федеральным законам от 21.06.97 № 117-ФЗ, от 27.12.2002 № 184-ФЗ, от 26.03.2003 № 35-ФЗ и применены термины по ГОСТ 22.0.03, ГОСТ 22.0.05, ГОСТ 27.002, ГОСТ 19179, ГОСТ 26883, ГОСТ Р 22.0.02, ГОСТ Р 22.10.01, ГОСТ 27.310, ГОСТ Р 51238, ГОСТ Р 51897, ГОСТ Р 51898, ГОСТ Р 51901.1, СТО 70238424.27.140.003-2008, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 авария: Опасное техногенное происшествие, создающее на объекте угрозу жизни и здоровью людей и приводящее к разрушению зданий, сооружений, оборудования, нарушению производственного процесса, а также нанесению ущерба окружающей природной среде.

3.2 авария гидродинамическая: Авария на гидротехническом сооружении, связанная с распространением с большой скоростью воды и создающая угрозу возникновения техногенной чрезвычайной ситуации.

3.3 анализ риска аварии гидротехнического сооружения: Процесс идентификации опасностей и оценки (качественной и/или количественной) частоты (вероятности) и последствий аварии гидротехнического сооружения для здоровья, жизни людей, имущества и окружающей природной среды.

3.4 безопасность гидротехнических сооружений: Свойство гидротехнических сооружений обеспечивать защиту жизни, здоровья и законных интересов людей, окружающей среды и хозяйственных объектов.

3.5 вред: Физический ущерб или урон здоровью, имуществу или окружающей среде.

3.6 вероятный вред: Оцененный в рублях максимальный вред, который может быть причинен жизни, здоровью физических лиц, имуществу физических и юридических лиц или окружающей среде в результате аварии гидротехнического сооружения.

3.7. гидрогенерирующая компания: Компания (организация), в состав объектов собственности (активов) которой входят гидроэлектростанции.

3.8. гидротехническое сооружение: Сооружение, подвергающееся воздействию водной среды, предназначенное для использования и охраны водных

ресурсов, предотвращения вредного воздействия вод, в том числе загрязненных жидкими отходами.

3.9. декларация безопасности гидротехнического сооружения: Документ, в котором обосновывается безопасность гидротехнического сооружения, и определяются меры по обеспечению безопасности гидротехнического сооружения с учетом его класса.

3.10 допустимый уровень риска аварии гидротехнического сооружения: Значение риска аварии гидротехнического сооружения, установленное нормативными документами.

3.11 жизненный цикл гидротехнического сооружения - Определенный промежуток времени с начала проектирования до момента ликвидации гидротехнического сооружения; данный промежуток времени включает в себя, как правило, стадии проектирования, строительства, ввода в эксплуатацию, эксплуатации, вывода из эксплуатации, а также реконструкции, капитального ремонта, восстановления или консервации.

3.12 идентификация опасностей аварии гидротехнического сооружения: Процесс выявления и признания существования опасностей возникновения аварии гидротехнического сооружения и определения характеристик выявленных опасностей.

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

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

3.15 опасность аварии гидротехнического сооружения: Угроза, возможность причинения вреда здоровью, жизни людей, имуществу и окружающей природной среде вследствие аварии гидротехнического сооружения.

3.16 организация эксплуатирующая: Юридическое лицо независимо от его организационно-правовой формы, владеющее и использующее объект электроэнергетики на праве оперативного управления, хозяйственного ведения, аренды или иных законных основаниях.

3.17 оценка безопасности гидротехнического сооружения: Определение соответствия состояния гидротехнического сооружения и квалификации работников эксплуатирующей организации нормам и правилам, утвержденным в порядке, определенном Федеральным Законом «О безопасности гидротехнических сооружений».

3.18 оценка риска аварии гидротехнического сооружения: Процесс, используемый для определения частоты (вероятности) и степени тяжести последствий реализации опасностей аварии гидротехнического сооружения для здоровья, жизни людей, имущества и окружающей природной среды; оценка риска аварии гидротехнического сооружения включает оценку частоты (вероятности) и последствий возможной аварии гидротехнического сооружения и

сравнение полученных результатов с допустимым уровнем риска аварии гидротехнического сооружения.

3.19 реципиенты риска: Объекты хозяйства, население и окружающая природная среда, подвергающиеся аварийному воздействию.

3.20 риск аварии на гидротехническом сооружении: Мера опасности, характеризующая возможность возникновения аварии гидротехнического сооружения и тяжесть ее последствий для здоровья, жизни людей, имущества и окружающей природной среды.

3.21 управление риском аварии гидротехнического сооружения: Реализация оптимальной системы законодательных, экономических, технических, организационных и социально-психологических мер, направленных на снижение риска аварии гидротехнического сооружения.

3.22 ущерб от аварии гидротехнического сооружения: Потери (убытки) в производственной и непроизводственной сфере жизнедеятельности человека, вред окружающей природной среде, причиненные в результате аварии гидротехнического сооружения и исчисляемые в натуральном и/или денежном эквиваленте.

3.23 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 окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

3.24 эксплуатирующая организация: Юридическое лицо независимо от его организационно-правовой формы, владеющее и использующее объект электроэнергетики на праве оперативного управления, хозяйственного ведения, аренды или иных законных основаниях.

4 Обозначения и сокращения

ГАЭС – гидроаккумулирующая электростанция;
ГИС – геоинформационная система;
ГТС – гидротехническое сооружение;
ГЭС – гидроэлектростанция;
ПАО – предварительный анализ опасностей;
ЧС – чрезвычайная ситуация.

5 Основные нормы и требования к проведению анализа, оценки и прогнозирования риска аварий гидротехнических сооружений гидроэлектростанций

5.1 Общие требования к проведению анализа, оценки и прогнозирования риска аварий гидротехнических сооружений гидроэлектростанций

5.1.1 Анализ, оценка и прогнозирование риска аварий ГТС – часть системного подхода к управлению риском аварий ГТС – принятию и реализации оптимальной системы законодательных, экономических, технических, организационных и социально-психологических мер, направленных на снижение

риска их аварий. Управление риском аварий ГТС должно осуществляться на всех стадиях жизненного цикла гидротехнических сооружений, определенных Положением о декларировании безопасности гидротехнических сооружений, включая научное обоснование создания гидроэнергетических объектов, порядок которого установлен СТО 70238424.27.140.037-2009.

5.1.2 На этапе проектирования целью анализа риска аварий ГТС гидроэлектростанций должны быть:

- идентификация возможных опасностей и априорная сравнительная оценка риска аварий ГТС для различных вариантов его размещения и проектных решений при обосновании оптимального варианта;
- обоснование допустимости (приемлемости) риска аварий проектируемого ГТС для персонала, населения, имущества и окружающей природной среды территории;
- обеспечение информацией для разработки инструкций по обеспечению безопасности проектируемого ГТС, планов ликвидации аварийных ситуаций, планов действий в чрезвычайных ситуациях (ЧС) и т.д.;
- разработка декларации безопасности проектируемого ГТС;
- обоснование страховых тарифов и ставок для заключения договора страхования гражданской ответственности владельца ГТС.

5.1.3 На этапе ввода в эксплуатацию целью анализа риска аварий ГТС гидроэлектростанций должны быть:

- идентификация возможных опасностей и оценка риска аварий, возможных на этапе ввода ГТС в эксплуатацию, уточнение оценок риска, полученных на этапе проектирования ГТС;
- корректировка графика завершения строительства ГТС и уточнение степени готовности сооружений к вводу в эксплуатацию;
- проверка соответствия условий ввода ГТС в эксплуатацию требованиям безопасности;
- разработка и уточнение инструкций по вводу в эксплуатацию ГТС;
- уточнение плана мероприятий по предотвращению аварийных ситуаций на ГТС, локализации и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций;
- обоснование страховых тарифов и ставок для заключения договора страхования гражданской ответственности владельца ГТС.

5.1.4 На этапе эксплуатации и реконструкции целью анализа риска аварий ГТС гидроэлектростанций должны быть:

- уточнение информации об основных опасностях (например, при изменении социально-экономической инфраструктуры в нижнем и верхнем бьефах гидроузла);
- оценка соответствия состояния ГТС и условий его эксплуатации современным нормам и правилам;
- определение приоритетных мер по ремонту и реконструкции ГТС, обоснование эффективности затрат на ремонт и реконструкцию;
- разработка декларации безопасности эксплуатируемого ГТС;
- расчет вероятного вреда, который может быть причинен в результате аварии ГТС, обоснование страховых тарифов и ставок;
- квалифицированное расследование причин имевших место аварий и неполадок на ГТС;

- разработка рекомендаций по организации безопасной эксплуатации ГТС, взаимодействию с органами надзора, страховыми компаниями;

- совершенствование планов локализации аварийных ситуаций и действий в чрезвычайных ситуациях;

- обоснование страховых тарифов и ставок для заключения договора страхования гражданской ответственности владельца ГТС.

5.1.5 На этапе вывода из эксплуатации и консервации целью анализа риска аварий ГТС гидроэлектростанций должны быть:

- обоснование необходимых и достаточных мер по выводу из эксплуатации и консервации объекта, обеспечивающих его безопасность на указанных стадиях жизненного цикла ГТС;

- обоснование возможности размещения новых объектов на территории законсервированного ГТС.

5.1.6 Для проведения анализа, оценки и прогнозирования риска аварий конкретного ГТС или комплекса ГТС необходимо построить все возможные сценарии возникновения и развития аварий конкретного ГТС и обусловленных ими чрезвычайных ситуаций с оценкой частот и масштабов последствий каждого из построенных сценариев.

5.1.7 Для этого необходимо решить следующие основные задачи:

- выявить все возможные нежелательные явления, процессы и события, способные привести к аварии анализируемого ГТС (идентификация опасностей); по результатам идентификации опасностей разрабатывается максимально полный перечень сценариев аварий, возможных на ГТС;

- оценить (качественно и/или количественно) среднегодовые вероятности реализации сценариев аварий, возможных на ГТС (анализ частоты);

- оценить (качественно и/или количественно) ожидаемый ущерб (вред) от возможных на ГТС аварий, наносимый персоналу ГТС, населению, имуществу и окружающей природной среде (анализ последствий);

- сравнить полученные показатели с допускаемыми нормами значениями риска аварий ГТС данного класса (оценка риска); цель оценки риска – оценка его приемлемости и принятие решения о необходимости управления риском;

- дать прогноз риска на определенный момент времени в будущем с учетом тенденций изменения риска аварий анализируемого ГТС.

5.2 **Организация работ по проведению анализа, оценки и прогнозирования риска аварий гидротехнических сооружений ГЭС и ГАЭС**

5.2.1 Порядок организации работ по проведению анализа, оценки и прогнозирования риска аварий ГТС гидроэлектростанций должен включать:

- формирование экспертной группы по проведению анализа, оценки и прогнозирования риска аварий ГТС;

- определение объекта (конкретное ГТС, комплекс ГТС, сложная природно-техническая система, формируемая на базе ГТС гидроэлектростанции) проведения анализа, оценки и прогнозирования риска аварий ГТС;

- определение целей и задач анализа, оценки и прогнозирования риска аварий ГТС;

- сбор исходных данных для проведения процедуры анализа, оценки и прогнозирования риска аварий ГТС;

- проведение анализа, оценки и прогнозирования риска аварий ГТС.

5.2.2 Состав экспертной группы по проведению процедуры анализа, оценки и прогнозирования риска аварий конкретного ГТС утверждается приказом компании (организации). В состав участников экспертной группы следует включать:

- эксперта компании (организации), отвечающего за планирование ремонтов ГТС,
- экспертов дочерних зависимых обществ компании (организации), в том числе -

а) экспертов, отвечающих за проведение анализа и оценки риска аварий ГТС,

б) экспертов, отвечающих за оценку состояния ГТС.

5.2.3 Руководителем экспертной группы по проведению анализа, оценки и прогнозирования риска аварий ГТС на стадиях проектирования и вывода ГТС из эксплуатации назначается главный инженер проекта; на других стадиях жизненного цикла ГТС – эксперт компании (организации).

5.2.4 К объектам исследований при проведении анализа, оценки и прогнозирования риска аварий ГТС следует относить:

- конкретное ГТС согласно п. 1.2 Стандарта;
- комплекс ГТС конкретной гидроэлектростанции;
- природно-техническую систему, формируемую на базе ГТС конкретной гидроэлектростанции.

5.2.5 Цели и задачи анализа, оценки и прогнозирования риска аварий конкретного ГТС на этапе организации и планирования работ должны быть определены исходя из причин и проблем, вызвавших необходимость проведения анализа риска аварий ГТС.

5.2.6 Сбор и формирование блока исходных данных для проведения процедуры анализа, оценки и прогнозирования риска аварий ГТС гидроэлектростанции осуществляется участниками экспертной группы с привлечением:

- специалиста гидроэлектростанции, отвечающего за эксплуатацию и мониторинг безопасности ГТС,
- специалиста гидроэлектростанции, отвечающего за охрану труда и технику безопасности,
- специалиста гидроэлектростанции, отвечающего за подготовку к действиям в чрезвычайных ситуациях;
- специалистов, участвовавших в обследовании технического состояния сооружений.

5.2.7 Блок исходных данных, формируемый для проведения процедуры анализа, оценки и прогнозирования риска аварий ГТС должен включать:

- материалы проекта, в том числе генеральный план гидроэлектростанции, основные чертежи, картографические материалы;
- исполнительную документацию по ГТС;
- схему размещения контрольно-измерительной аппаратуры на ГТС;
- правила эксплуатации ГТС;
- правила эксплуатации водохранилищ, образованных ГТС гидроэлектростанции (с учетом их расположения в каскаде);
- проект мониторинга безопасности ГТС;

- комплект документов декларирования безопасности ГТС, включая декларацию, критерии безопасности и расчет вероятного вреда, согласованные и утвержденные в установленном порядке;
- план ликвидации аварийных ситуаций на ГТС;
- журналы контроля состояния ГТС;
- ежегодные отчеты о состоянии ГТС;
- материалы (акты обследований, предписания и др.) отраслевой системы надзора за состоянием ГТС;
- сведения об авариях и неполадках, имевших место на ГТС за весь период эксплуатации;
- материалы обследований сооружений и механического оборудования, выполненные специализированными организациями, характеризующие современное техническое состояние ГТС;
- показатели социально-экономического развития района размещения ГТС гидроэлектростанции.

5.2.8 При отсутствии хотя бы части перечисленных выше материалов необходимо:
- зафиксировать ограничения исходных данных, определяющие в дальнейшем глубину, полноту и детальность процедуры анализа, оценки и прогнозирования риска аварий ГТС (комплекса ГТС);
- оформить и направить запросы на получение отсутствующей информации, необходимой для проведения анализа, оценки и прогнозирования риска аварий ГТС (комплекса ГТС);
- сформулировать предложения по проведению дополнительного обследования современного технического состояния сооружений и их механического оборудования с привлечением специализированных организаций.

5.2.9 Цели и задачи анализа, оценки и прогнозирования риска аварий конкретного ГТС, с учетом стадии его жизненного цикла, существующих ограничений в получении исходных данных, финансовых ресурсов и других факторов, по результатам формирования блока исходных данных должны быть уточнены и зафиксированы в протоколе.

5.3 **Основные этапы процедуры анализа, оценки и прогнозирования риска аварий гидротехнических сооружений гидроэлектростанций**

5.3.1 Идентификация опасностей аварий гидротехнических сооружений

5.3.1.1 Идентификация опасностей аварий ГТС – это выявление и фиксация всех возможных опасных факторов (опасностей) - явлений, процессов и событий, способных инициировать аварии ГТС. Основные шаги выполнения процедуры анализа риска аварий ГТС гидроэлектростанции приведены на рис. 1.

5.3.1.2 В общем случае опасные факторы, способные инициировать аварии ГТС, рекомендуется подразделять на природные и техногенные, внешние и внутренние опасности.

5.3.1.3 К природным опасностям аварий ГТС следует относить следующие процессы и явления: ветровые, волновые, ледовые; температурные и сейсмические воздействия; ливни, оползни, сели, наличие слабых грунтов в основании; карстовые, суффозионные и криогенные процессы.

5.3.1.4 К техногенным опасностям аварий ГТС следует относить взрывы, пожары на промышленных объектах, расположенных в районе размещения ГТС, крупные аварии на автомобильном или железнодорожном транспорте, на трубопроводах транспортировки природного газа и нефтепродуктов и других пожаро- и взрывоопасных веществ, падения самолетов и т.д. Кроме того, к техногенным факторам опасности аварий ГТС следует отнести и аварии, возможные на ГТС, расположенных выше и ниже анализируемого ГТС в каскаде.

5.3.1.5 К внешним, по отношению к ГТС, опасностям аварий ГТС следует относить природные воздействия – ветровые, волновые, ледовые, сейсмические, ливневые, оползневые, селевые и т.д., а также воздействия техногенного характера от опасных объектов, расположенных в районе расположения конкретного ГТС.

5.3.1.6 К внутренним опасностям аварий ГТС следует относить опасности – природные и техногенные, присущие самим ГТС:

- человеческий фактор (ошибки изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации конкретного ГТС, неправильные действия или бездействие персонала в аварийных ситуациях и т.д.);
- изменение свойств материалов сооружений и их оснований;
- статические и динамические нагрузки на сооружения и их основания,
- переменные температурные воздействия;
- суффозионные процессы и т.д.



Рисунок 1 - Основные шаги процедуры анализа риска аварий гидротехнических сооружений

5.3.1.7 При идентификации опасностей аварий конкретного ГТС природные и техногенные опасные факторы, свойственные району его расположения и характерные для конкретного ГТС для стадии проектирования и строительства сооружений определяются согласно СТО 70238424.27.140.043-2009, стандарту организации [1].

5.3.1.8 Опасные факторы, влияющие на состояние гидротехнических сооружений в процессе эксплуатации, в том числе и опасности, уже имевшие место при неполадках и авариях на ГТС (комплексе ГТС) определяются согласно СТО 70238424.27.140.035-2009.

5.3.2 Формирование перечня сценариев аварий, возможных на гидротехнических сооружениях

5.3.2.1 Для формирования перечня сценариев необходимо выполнить декомпозицию ГТС гидроэлектростанции на элементы, значимые для анализа и оценки риска. Детальность декомпозиции следует определять целями и задачами анализа, оценки и прогнозирования риска аварий конкретного ГТС, а также степенью полноты и достоверности исходных данных о сооружении.

5.3.2.2 Формирование перечня сценариев аварий, возможных на ГТС должно производиться по результатам идентификации опасностей аварий путем заполнения таблицы, примерный вид которой приведен в таблице 1.

5.3.2.3 На данном этапе процедуры анализа, оценки и прогнозирования риска аварий ГТС рекомендуется форма представления сведений с качественными оценками уровня последствий аварий и их вероятности.

5.3.3 Ранжирование аварий гидротехнических сооружений по уровню риска для основных групп реципиентов, выбор и обоснование сценариев наиболее тяжелой и наиболее вероятной аварий гидротехнических сооружений

5.3.3.1 Ранжирование аварий, возможных на ГТС по уровню риска для основных групп реципиентов, выбор и обоснование сценариев наиболее тяжелой и наиболее вероятной аварий ГТС гидроэлектростанции должно производится:

- с применением таблицы 1, графы 4 и 5 которой дополняются ранговыми оценками показателей риска; система рангов для выполнения данного этапа процедуры анализа, оценки и прогнозирования риска аварий исследуемого объекта может быть назначена рабочей группой произвольным образом; как правило, используется балльная система рангов;
- с применением матрицы «частота – тяжесть последствий», примерный вид которой приведен в таблице 2; число рангов в матрице при этом также определяется рабочей группой и, как правило, составляет от 3 до 5 уровней.

Таблица 1 - Примерная форма таблицы результатов предварительного анализа опасностей (ПАО) аварий ГТС

Нумерация сценариев аварий	Перечень элементов ГТС	Нежелательные явления, процессы, события, инициирующие аварию ГТС	Ожидаемые последствия реализации каждой из опасностей	Предварительная оценка вероятности реализации
1	Левобережная грунтовая плотина			
1.1	Сопряжение с бетонным водосбросом	Потеря фильтрационной прочности грунтов тела плотины в зоне сопряжения	Обрушение участка плотины в зоне сопряжения, образование прорана и волны прорыва, затопление территории в нижнем бьефе	Весьма вероятна, ввиду низкого качества сопряжения
1.2	.....			
2				

Примечания

1 Графа 1 содержит нумерацию сценариев аварий, возможных на исследуемом объекте. Целесообразна двузначная нумерация – первая позиция номера сценария отражает номер элемента ГТС (комплекса ГТС), вторая позиция – номер сценария аварии.

2 Графа 2 содержит перечень элементов исследуемого ГТС (комплекса ГТС).

3 В графу 3 для каждого из элементов исследуемого объекта заносятся все опасности аварий, идентифицированные на первом этапе процедуры.

4 В графе 4 отражаются ожидаемые последствия реализации каждой из опасностей для каждого из элементов ГТС.

5 В графе 5 – предварительная оценка вероятности реализации данной опасности для данного элемента исследуемого ГТС.

Таблица 2 - Матрица «частота – тяжесть последствий» для ранжирования возможных сценариев возникновения и развития аварий ГТС

Вероятность аварии	Средне-годовая частота, 1/год	Последствия аварии ГТС				
		Несущест-венные	Малые	Средние	Значитель-ные	Катастро-фические
Почти несомненна	> 1	B	B	A	A	A
Весьма возможна	$1 – 10^{-2}$	C	B	B	A	A
Вероятна	$10^{-2} – 10^{-4}$	D	C	B	A	A
Редко	$10^{-4} – 10^{-6}$	D	D	C	B	A
Весьма редко	$< 10^{-6}$	D	D	C	B	B

Примечание - Обозначения уровней риска аварий: A - высокий, B - существенный, C - средний, D - низкий.

5.3.3.2 В сложных ситуациях – при значительном (более 7) числе сценариев аварий ГТС, ожидаемых на гидроэлектростанции, при недостатке информации о сооружениях и т.п. – рекомендуется использовать сочетание указанных в п. 5.3.3.1 способов, позволяющее провести ранжирование без перегрузки матрицы «частота – тяжесть последствий».

5.3.3.3 По результатам ранжирования производится выбор и обоснование сценариев наиболее тяжелой и наиболее вероятной аварий ГТС:

- наиболее тяжелой признается авария ГТС, сценарий которой имеет максимальный из всех возможных ранг последствий;
- наиболее вероятной признается авария ГТС, сценарий которой имеет максимальный из всех ранг вероятности.

5.3.3.4 При наличии нескольких сценариев, претендующих на роль наиболее тяжелой или наиболее вероятной аварий ГТС, рекомендуется воспользоваться более детальной системой рангов.

5.3.3.5 Сценарии наиболее тяжелой и наиболее вероятной аварий ГТС служат исходными данными для проведения расчетов волны прорыва и расчета вероятного вреда, который может быть причинен жизни, здоровью физических лиц, имуществу физических и юридических лиц в результате аварии ГТС, правила и порядок проведения которого установлены постановлением Правительства РФ от 18.12.2001 № 876 и совместным приказом федеральных органов исполнительной власти Российской Федерации [3].

5.3.4 Оценка вероятности (среднегодовой частоты) аварий гидротехнических сооружений

5.3.4.1 В качестве исходных данных при оценке вероятности (средней частоты) аварий должны использоваться результаты расчетов ГТС по методу предельных состояний, представленные расчетными значениями коэффициентов безопасности (устойчивости, прочности) сооружений (конструкций, оснований) $k_{S,p}$, установленной обеспеченностью p.

5.3.4.2 Для первой группы предельных состояний ГТС обеспеченность p расчетных значений коэффициентов устойчивости (прочности) $k_{S,p}$ должна приниматься равной 95%, для второй группы предельных состояний – 50%.

5.3.4.3 При моделировании коэффициентов безопасности следует использовать гипотезу о нормальном распределении их значений как случайных величин. Критерий реализации аварийного состояния (условия аварии, формы аварии, аварийного события) следует представлять в виде:

$$\tilde{k}_S < 1, \qquad (1)$$

где $\tilde{k}_S$ – случайное значение коэффициента безопасности.

5.3.4.4 Вероятность реализации аварийного состояния F при условии C (например, сочетания нагрузок и воздействий, при котором выполнялся расчет по методу предельных состояний) следует определять с использованием формулы условной вероятности:

$$P(F \mid C) = P\left(\tilde{k}_S < 1 \mid C\right) = 1 - \Phi\left\langle \tilde{k}_S = 1, \mathrm{E}(\tilde{k}_S), \sigma(\tilde{k}_S) \right\rangle, \qquad (2)$$

где $\Phi\left\langle \tilde{k}_S = 1, \mathrm{E}(\tilde{k}_S), \sigma(\tilde{k}_S) \right\rangle$ – интегральная функция вероятности для нормального закона распределения при $\tilde{k}_S = 1$, математическом ожидании

(среднем значении) $\tilde{k}_S$ равном $\mathrm{E}(\tilde{k}_S)$, и его среднем квадратичном отклонении (стандарте) $\sigma(\tilde{k}_S)$.

5.3.4.5 Значения математических ожиданий (средних) и средних квадратичных отклонений (стандартов) при известном значении $k_{S,p}$ обеспеченностью p должно осуществляться по формулам:

$$\mathrm{E}(\tilde{k}_S) = k_{S,p} - u_p \sigma(\tilde{k}_S), \tag{3}$$

$$\sigma(\tilde{k}_{i,r}) = \frac{k_{S,p}}{u_p + 1/C_V(k_S)}, \tag{4}$$

где u_p – квантиль значения случайной величины обеспеченностью p (при p = 95 %, u_p = –1,645; при p = 50 %, u_p = 0);

$C_V(\tilde{k}_S)$ – коэффициент вариации коэффициента устойчивости (прочности) как случайной величины.

5.3.4.6 При статических расчетах устойчивости и прочности ГТС из грунтовых материалов и бетонных ГТС на нескальных основаниях коэффициенты вариации коэффициентов безопасности $\tilde{k}_S$ рекомендуется принимать:

- при основных сочетаниях нагрузок и воздействий не менее 0,15;
- при особых сочетаниях нагрузок и воздействий (кроме сочетаний с сейсмическими и гидродинамическими воздействиями) – не менее 0,20;
- при особых сочетаниях нагрузок с учетом сейсмических и гидродинамических воздействий – не менее 0,25.

5.3.4.7 При статических расчетах устойчивости и прочности бетонных ГТС на скальных основаниях коэффициенты вариации коэффициентов безопасности $\tilde{k}_S$ рекомендуется принимать:

- при основных сочетаниях нагрузок и воздействий не менее 0,10;
- при особых сочетаниях нагрузок и воздействий (кроме сочетаний с сейсмическими и гидродинамическими воздействиями) – не менее 0,15;
- при особых сочетаниях нагрузок с учетом сейсмических и гидродинамических воздействий – не менее 0,20.

5.3.4.8 Коэффициенты вариации коэффициентов устойчивости (прочности) $\tilde{k}_S$ должны уточняться с учетом «вклада» в изменчивость $\tilde{k}_S$ изменчивости обобщенной несущей способности R и обобщенного силового воздействия N:

$$\sigma(\tilde{k}_S) = \sqrt{C_V^2(\tilde{R}) + C_V^2(\tilde{N})}. \tag{5}$$

где $C_V(\tilde{R})$, $C_V(\tilde{N})$ – коэффициенты вариации обобщенной несущей способности $\tilde{R}$ и обобщенного силового воздействия $\tilde{N}$ как случайных величин, определяющих случайные значения коэффициента устойчивости (прочности) $\tilde{k}_S = \tilde{R}/\tilde{N}$.

5.3.4.9 Коэффициенты вариации обобщенной несущей способности $\tilde{R}$ и обобщенного силового воздействия $\tilde{N}$ как случайных величин следует определять по формулам:

$$C_V(R) = \sqrt{\sum_k w^2(\xi_{k,R}) C_V^2(\xi_{k,R})}, \tag{6}$$

$$C_V(N) = \sqrt{\sum_q w^2(\xi_{q,N}) C_V^2(\xi_{q,N})}, \qquad (7)$$

где $C_V(\xi_{k,R})$, $C_V(\xi_{q,N})$ – коэффициенты вариации, соответственно, k-х параметров, определяющих обобщенную несущую способность (показателей прочности и пр.), и q-х параметров, определяющих обобщенное силовое воздействие, как случайных величин;

$w(\xi_{k,R})$, $w(\xi_{q,N})$ – «весовые» коэффициенты, учитывающие относительное влияние параметров $\xi_{k,R}$ и $\xi_{j,N}$ на значения R и N, соответственно.

5.3.4.10 Коэффициенты вариации характеристик $\xi_{k,R}$ материалов и грунтов следует устанавливать в ходе статистической обработки результатов лабораторных и полевых исследований. Коэффициенты вариации параметров нагрузок и воздействий $\xi_{j,N}$, характеризующие их метрологическую изменчивость, следует устанавливать в ходе полевых метрологических исследований и расчетами. При отсутствии данных специализированных выборочных исследований, рекомендуется использовать значения коэффициентов вариации, приведенные в Приложении А.

5.3.5 Оценка ущерба от аварий гидротехнических сооружений

5.3.5.1 Оценка ущерба от аварий ГТС, является обязательной для ГТС первого, второго и третьего класса, входящих в состав ГЭС и ГАЭС, а также иных ГТС четвертого класса, если их аварии и повреждения могут привести к возникновению ЧС, при которой на определенной территории или акватории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и вред окружающей природной среде.

5.3.5.2 Расчет вероятного вреда должен производиться компанией (организацией) самостоятельно или с привлечением специализированных организаций и должен быть согласован с органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, на территории которых может быть причинен этот вред, в порядке, устанавливаемом указанными органами в соответствии с их полномочиями.

5.3.5.3 Исходной информацией для определения размера вероятного вреда являются прогнозируемые сценарии аварий ГТС, в которых отражаются данные о возможной зоне воздействия, значения величин негативных воздействий, а также сведения о вероятности каждого из сценариев возникновения аварии ГТС, установленные протоколом ПАО, в соответствии с требованиями пп. 5.3.1 – 5.3.3 Стандарта. Перечень исходных данных, необходимых для определения размера вероятного вреда, должен быть установлен по утвержденной методике [4].

5.3.5.4 Величину финансового обеспечения ответственности, на срок не более 5 лет, определяет федеральный орган исполнительной власти, осуществляющий в пределах своих полномочий государственный надзор за безопасностью ГТС, на основании представляемых ему компанией (организацией):

- расчета вероятного вреда, который может быть причинен жизни, здоровью физических лиц, имуществу физических и юридических лиц в результате аварии ГТС;

- документов, необходимых для обоснования величины финансового обеспечения ответственности (по усмотрению компании (организации)).

5.3.5.5 Величину финансового обеспечения ответственности ежегодно следует индексировать с учетом уровня инфляции. Индексация должна осуществляться компанией (организацией) исходя из изменения индекса потребительских цен за предшествующий год.

5.3.5.6 В случаях, когда претерпели существенные изменения расчетные параметры состояния ГТС и зоны причинения вероятного вреда, исходя из значения которых произведен расчет вероятного вреда и определена величина финансового обеспечения ответственности, размер вероятного вреда и величину финансового обеспечения ответственности следует определять повторно.

5.3.6 Неопределенности в оценке вероятности (среднегодовой частоты) и ущерба от аварий гидротехнических сооружений

5.3.6.1 Анализ неопределенностей предусматривает перевод ограничений и допущений, а также недостатка исходных данных, используемых при анализе риска аварий ГТС, в погрешность (неопределенность) результатов.

5.3.6.2 Фиксация неопределенностей в оценке вероятности (среднегодовой частоты) и ущерба от аварий ГТС должна опираться на анализ и оценку точности полученных показателей риска аварий конкретного ГТС гидроэлектростанции.

5.3.6.3 Как правило, основными источниками неопределенностей в анализе, оценке и прогнозировании риска аварий ГТС являются:

- неполнота исходных данных о сооружениях и зоне их аварийного воздействия;

- недостаток информации о «человеческом факторе» - вероятности ошибочных действий (бездействия) персонала, обслуживающего ГТС и населения, попадающего в зону затопления при гидродинамической аварии, нарушения правил эксплуатации сооружения и контроля его состояния и т.д.;

- принятые при проведении процедуры предположения и допущения используемых моделей аварийных процессов и оценки их последствий и т.д.

5.3.6.4 Все установленные источники неопределенностей (ограничения, допущения, недостаток исходных данных и др.) фиксируются, оцениваются и представляются в результатах анализа, оценки и прогнозирования риска аварий конкретного ГТС.

5.3.7 Оценка риска аварий гидротехнических сооружений на основе нормативных критериев допустимого риска

5.3.7.1 Оценку риска аварий ГТС следует выполнять, на основе метода предельных состояний с учетом вариабельности данных и в увязке с целями исследований риска в рамках современной математической теории риска с использованием формальных (математических и логических) методов и моделей.

5.3.7.2 При оценке риска аварий ГТС в зависимости от целей исследований и контекста задачи рекомендуется использовать представления показателей риска в виде:

- годовых (год$^{-1}$) вероятностей возникновения аварийных событий (ежегодных, годовых вероятностей аварий);

- вероятных потерь (ущербов и пр.) как произведений ежегодных вероятностей аварийных событий на величину их последствий.

5.3.7.3 При назначении допускаемых значений вероятностей аварий ГТС

должны использоваться рекомендации, установленные строительными нормами и правилами [2]. Расчетные значения ежегодных вероятностей возникновения аварий ГТС I, II, III классов не должны превышать установленных значений:

- для ГТС I класса - 5×10^{-5} год$^{-1}$;
- для ГТС II класса - 5×10^{-4} год$^{-1}$;
- для ГТС III класса - 3×10^{-3} год$^{-1}$.

5.3.7.4 Для ГТС IV класса допускаемое значение годовой вероятности возникновения аварий рекомендуется принимать не выше 6×10^{-3}, год$^{-1}$.

5.3.7.5 Установленные допускаемые значения ежегодных вероятностей возникновения аварий в зависимости от класса ГТС гидроэлектростанций не должны превышаться в течение назначенного срока службы, который принимается не меньше расчетного срока службы T:

- для ГТС I и II классов – 100 лет;
- для ГТС III, IV классов – 50 лет.

5.3.8 Разработка организационно-технических мероприятий по управлению риском аварий гидротехнических сооружений

5.3.8.1 Целью заключительного этапа анализа и оценки риска аварий ГТС должна являться разработка организационно-технических мероприятий по управлению риском аварий ГТС гидроэлектростанций. Прогнозирование риска целесообразно выполнять с учетом мер по управлению риском аварий ГТС, разработанных на данном этапе.

5.3.8.2 К мерам управления риском аварий ГТС следует отнести: законодательные, экономические, технические и организационные.

5.3.8.3 На стадии эксплуатации ГТС ГЭС и ГАЭС организационные меры должны компенсировать ограниченные возможности конкретной компании (организации) для принятия более эффективных, но и более дорогостоящих технических мероприятий по уменьшению риска аварий конкретного ГТС (комплекса ГТС).

5.3.8.4 При выборе технических и организационных мер для уменьшения риска аварий ГТС обязательно должны рассматриваться:

- меры уменьшения частоты (вероятности) возникновения аварий ГТС (активные меры управления риском), включающие:

а) меры уменьшения частоты (вероятности) возникновения опасных событий и процессов, ведущих к аварии ГТС;

б) меры уменьшения частоты (вероятности) перерастания неполадки на ГТС в аварию;

- меры уменьшения тяжести последствий аварии ГТС (пассивные меры управления риском), имеющие, в свою очередь, свои приоритеты:

а) меры, предусматриваемые уже на стадии проектирования ГТС;

б) меры, относящиеся к системам противоаварийной защиты и контроля за состоянием ГТС;

в) меры в части организации, оснащенности и готовности к действиям противоаварийных служб ГТС.

5.3.9 Прогнозирование риска аварий гидротехнических сооружений с учетом выбора мер управления

5.3.9.1 Прогноз риска аварий конкретного ГТС должен включать оценку

изменения показателей риска аварий ГТС в результате реализации всего комплекса мер управления риском аварий ГТС гидроэлектростанции, разработанного по результатам анализа и оценки риска аварий ГТС с учетом рекомендованных последовательности и сроков реализации этих мер.

5.3.9.2 Начальным моментом времени, от которого строится прогноз, следует считать момент оформления результатов предыдущего выполнения анализа и оценки риска аварий ГТС гидроэлектростанции.

5.3.9.3 Глубину прогноза риска аварий ГТС следует назначать в зависимости от поставленных целей и задач анализа, оценки и прогнозирования - от одного года (например, при формировании годовых программ управления безопасностью и надежностью ГТС, страховании гражданской ответственности компании (организации) за вред, причиненный при аварии ГТС), до 10-15 лет - при формировании долгосрочных программ управления безопасностью ГТС гидроэлектростанции.

6 Методы проведения анализа, оценки и прогнозирования риска аварий гидротехнических сооружений гидроэлектростанций

6.1 Основные положения

6.1.1 При выборе методов проведения анализа риска аварий ГТС следует учитывать цели анализа риска, тип, класс, назначение и этап жизненного цикла анализируемого ГТС, характер опасностей, объем и качество исходных данных, наличие временных и финансовых ресурсов для проведения анализа риска, опыт и квалификацию исполнителей.

6.1.2 Для проведения анализа риска аварий ГТС рекомендуется использовать хорошо отработанные и апробированные в других отраслях техногенной деятельности методы анализа риска сложных технических систем, с учетом всего спектра отличий ГТС от механических, электрических и технологических систем.

6.1.3 Методы проведения анализа риска аварий ГТС должны удовлетворять следующим общим требованиям:

- методы должны быть научно обоснованы и соответствовать целям анализа риска и анализируемому сооружению;
- методы должны давать результаты в виде, позволяющем лучше понимать уровень риска и намечать наиболее эффективные пути его снижения;
- результаты применения методов должны быть повторяемыми и воспроизводимыми.

6.1.4 На этапе идентификации опасностей рекомендуется использовать один или несколько из перечисленных ниже методов анализа риска аварий ГТС гидроэлектростанции:

- «Что будет, если ...?»;
- проверочный лист;
- анализ опасности и работоспособности;
- анализ вида и последствий отказов;
- анализ вида, последствий и критичности отказов, другие эквивалентные методы.

6.1.5 Выбор метода или комбинации методов анализа риска аварий ГТС на этапе идентификации опасностей с учетом этапа жизненного цикла сооружений рекомендуется производить в соответствии с рекомендациями, приведенными в таблице 3.

6.1.6 Методы, рекомендованные к использованию, с учетом этапа жизненного цикла ГТС, следует применять изолированно или в дополнение друг к другу, причем качественные и количественные оценки анализа риска аварий ГТС гидроэлектростанции должны сочетаться.

6.1.7 На этапе оценки риска аварий ГТС, для определения качественных или количественных показателей частот прогнозируемых нежелательных явлений, процессов и событий, целесообразно использовать один или комбинацию следующих методов:

- анализ дерева отказов;
- анализ дерева событий;
- математическое моделирование состояния сооружений (статистические, детерминистические, смешанные модели).

Таблица 3 - Рекомендации по выбору методов анализа риска ГТС на этапе идентификации опасностей

Метод	Этап жизненного цикла ГТС				
	Проектирование	Ввод в эксплуатацию	Эксплуатация	Вывод из эксплуатации	Реконструкция
Что будет, если...?	+	*	*	*	+
Проверочный лист	+	+	*	+	+
Анализ опасности и работоспособ-ности	*	+	+	+	*
Анализ вида и последствий отказов	*	+	+	+	*
Анализ вида, последствий и критичности отказов	*	+	+	+	*
Примечание – Обозначения в таблице: «+»- рекомендуемый метод; «*» - наиболее подходящий метод					

6.2 **Качественные методы идентификации опасностей аварий гидротехнических сооружений**

6.2.1 Качественные методы идентификации опасностей аварий ГТС должны включать следующие основные шаги:

- предварительный анализ опасностей ГТС;
- разработка перечня возможных нежелательных процессов и событий, приводящих к аварии ГТС;
- формирование перечня основных сценариев возникновения и развития аварий и ЧС на ГТС;

- ранжирование основных сценариев возникновения и развития аварий и ЧС на ГТС по уровню риска для персонала объекта, населения, имущества и окружающей природной среды;

- выбор дальнейших направлений деятельности по анализу риска аварий ГТС.

6.2.2 Предварительный анализ опасностей (ПАО) ГТС – первый обязательный шаг идентификации опасностей – следует выполнять с целью выявления опасных элементов и конструкций ГТС и воздействий на них, способных привести к аварии анализируемого сооружения.

6.2.3 По результатам ПАО следует разработать перечень возможных нежелательных процессов и событий, приводящих к аварии анализируемого ГТС - вероятных причин аварий анализируемого ГТС. При разработке указанного перечня следует учитывать тип и класс ГТС, его назначение, условия размещения и эксплуатации, природно-климатические, социально-экономические и экологические факторы, а также сведения об авариях и ЧС, имевших место на аналогичных сооружениях.

6.2.4 На основе анализа вероятных причин аварий ГТС и результатов ПАО необходимо разработать перечень основных сценариев возникновения и развития аварий и ЧС на анализируемом ГТС, учитывающий особенности ГТС и территории возможного аварийного воздействия. Указанный перечень должен быть максимально полным и учитывать по возможности все опасности, способные инициировать аварии ГТС.

6.2.5 Ранжирование основных сценариев возникновения и развития аварий и ЧС на ГТС по уровню опасности для персонала, населения, имущества и окружающей природной среды следует выполнять с помощью матрицы качественной оценки риска аварий ГТС - «частота - тяжесть последствий», приведенной в таблице 4. На этом этапе последствия аварии ГТС целесообразно оценить экспертным путем на качественном уровне.

6.2.6 В ряде практических приложений может применяться матрица качественной оценки риска ГТС, в которой вместо уровней риска A - D следует использовать понятие категорий аварий по уровню риска.

6.2.7 По результатам ранжирования основных сценариев возникновения и развития аварий и чрезвычайных ситуаций на анализируемом ГТС рабочей группе следует принять решение о выборе дальнейших направлений деятельности. Это могут быть:

- решение прекратить дальнейший анализ риска (анализируемого ГТС, его элемента, конструкции, сценария аварии) ввиду незначительности опасности;

- решение провести более детальный анализ риска аварий анализируемого ГТС ввиду значимости опасности.

Таблица 4 - Категорирование по уровню риска аварий, возможных на ГТС

Категория аварии	Уровень Риска	Тяжесть последствий аварии			Рекомендации по анализу риска	Разработка мер безопасности
		Персонал и население	Объект и иные материальные ценности	Окружающая природная среда		
A	Высокий	Гибель людей	Существенный ущерб ГТС и имуществу третьих лиц	Невосполнимые экологические потери	Обязателен детальный анализ риска	Требуются особые меры для снижения риска
B	Существенный	Угроза жизни людей, травмы персонала и населения	Значительные разрушения ГТС и имущества третьих лиц	Существенные экологические потери	Желателен детальный анализ риска	Требуются меры безопасности для снижения риска
C	Средний	Потери маловероятны	Незначительные повреждения ГТС, потери имущества третьих лиц	Незначительные экологические потери	Рекомендован качественный анализ риска	Рекомендуется принятие мер безопасности
D	Низкий	Потери маловероятны	Несущественные повреждения ГТС, потери имущества третьих лиц маловероятны	Несущественные экологические потери	Анализ риска не требуется	Принятие мер безопасности не требуется

Примечание - Число категорий аварий, как и число уровней риска, может быть разным в зависимости от особенностей анализируемого ГТС и целей анализа риска.

6.3 **Качественные методы анализа и оценки риска аварий гидротехнических сооружений**

6.3.1 Качественные методы, позволяющие получить экспертную оценку уровня риска аварии ГТС и уровня его безопасности, следует применять в условиях недостатка информации о сооружении, нагрузках, воздействиях и т.п.

6.3.2 На этапе оценки риска аварий ГТС для определения качественных показателей целесообразно использовать один или комбинацию следующих методов:

- «Что будет, если …?»;
- поверочного листа;
- анализа опасности и работоспособности;
- анализа вида и последствий отказов;
- анализа «дерева отказов»;
- анализа «дерева событий».

6.4 **Количественные методы анализа и оценки риска аварий гидротехнических сооружений**

6.4.1 Основными задачами оценки риска аварий ГТС гидроэлектростанции являются:

- оценка частот (среднегодовых вероятностей) возникновения и развития аварий ГТС по всем сценариям, идентифицированным на стадии предварительного анализа опасностей (ПАО);
- оценка последствий возникновения аварий ГТС;
- обобщение полученных оценок.

6.4.2 Для оценки (количественной или качественной) ожидаемых частот аварий ГТС должны использоваться следующие подходы:

- статистический, заключающийся в максимально полном использовании статистики аварий и неполадок, а также данных о надежности объектов–аналогов;
- графоаналитический, заключающийся в использовании логических методов анализа «деревьев отказов» и «деревьев событий» или расчетных моделей сооружения;
- экспертный, заключающийся в выработке оценки путем учета мнений специалистов в данной области.

6.4.3 При этом процедуры анализа риска аварий ГТС следует подразделять на три категории:

- анализ, основанный на действующих нормах;
- качественный анализ и/или количественный анализ.

6.4.4 Для ГТС, при недостатке репрезентативных статистических данных об отказах их элементов и аварий на объектах–аналогах, уникальности сооружений, отсутствия исчерпывающих исходных данных о сооружениях, условиях размещения и эксплуатации, рекомендуется применение сочетания указанных подходов и процедур.

6.5 **Методы оценки габаритов и параметров зоны аварийного воздействия**

6.5.1 Оценка габаритов и параметров аварийного воздействия при авариях, связанных с прорывом напорного фронта, согласно методике определения размера вреда [4] должна выполняться методами численного моделирования с применением сертифицированных надзорными органами программных комплексов, дающих возможность прогнозировать глубины и скорости движения потока в местах расположения объектов народного хозяйства.

6.5.2 В расчетах, как правило, следует использовать одномерные или двумерные (плановые) уравнения мелкой воды (Сен-Венана), решаемые численно. Для расчета протяженных участков возможно применение одномерных уравнений Сен-Венана с пересчетом поля скоростей на двумерную область. В случаях речных долин с широкими поймами и руслами, существенно отличными от прямолинейных, в расчете необходимо учитывать взаимовлияние потоков на поймах и в русле.

6.5.3 Точность прогнозирования вероятного вреда напрямую связана с точностью определения гидродинамических параметров волны прорыва, которая определяется:

- выбором сценария (сценариев) разрушения ГТС;
- точностью расчета волны отлива (осушения) в верхнем бьефе;
- точностью расчета распространения волны прорыва в нижнем бьефе.

6.5.4 Все типы сценариев аварии ГТС гидроэлектростанций, независимо от вида ГТС, следует разбивать на две группы:

- аварии ГТС, связанные с нарушением напорного фронта, сопровождающиеся образованием прорана, через который происходит неконтролируемый излив воды, формированием волны прорыва и зоны катастрофического затопления, в условиях отсутствия ледового покрова или при его наличии;

- аварии ГТС, связанные с повреждением отдельных их элементов, приводящие к необходимости аварийного снижения напора на ГТС, сопровождающиеся контролируемым сбросом воды с расходом, величина которого превышает максимальный расчетный, формированием волны излива и зоны катастрофического затопления, в условиях отсутствия ледового покрова или при его наличии.

6.5.5 Для территории аварийного воздействия в нижнем бьефе ГТС, по результатам численных расчетов волны прорыва, на топографической карте местности заданного масштаба (определяется размерами ГТС и площадью затапливаемых территорий), вплоть до створа, в котором максимальный за время наводнения расход не превосходит расход обеспеченностью 5 процентов, должны быть нанесены в изолиниях (цветовой заливке) следующие параметры:

- границы зоны затопления территории в нижнем бьефе при аварии ГТС и при проектном пропуске максимального расчетного паводка;
- максимальные значения глубины и скорости потока в зоне катастрофического затопления;
- время от начала аварии (нарушения напорного фронта) до прихода прорывной волны в данную точку местности (время добегания);

- продолжительность затопления территории в нижнем бьефе;
- показатели воздействия плавающего льда на объекты, расположенные на территории нижнего бьефа ГТС;
- объем выноса материалов из заиленного водохранилища и области отложений этих материалов на территории нижнего бьефа ГТС.

6.5.6 По результатам расчета определяются основные составляющие ущерба на территории нижнего бьефа ГТС, связанные с параметрами волны прорыва:
- степень разрушения зданий и сооружений;
- глубина и время затопления территории (для сельскохозяйственных и экологических ущербов);
- время добегания волны прорыва до того или иного населенного пункта (для оценки возможных людских потерь);
- зоны возможного отложения наносов, вынесенных из заиленного водохранилища.

6.5.7 Для территории аварийного воздействия в верхнем бьефе ГТС, по результатам численных расчетов, моделирующих излив воды из водохранилища, на топографической карте местности заданного масштаба (определяется размерами ГТС и площадью водохранилища) должны быть нанесены в изолиниях (цветовой заливке) следующие параметры:
- график изменения уровня воды в верхнем бьефе во времени в ходе излива воды из водохранилища;
- распределение скоростей в водохранилище в характерные моменты времени излива;
- зоны возможного размыва наносов и график изменения во времени объема их выноса.

6.5.8 По результатам расчета определяются основные составляющие ущерба на территории верхнего бьефа ГТС, связанные с интенсивностью и степенью опорожнения водохранилища:
- степень разрушения зданий и сооружений,
- степень снижения уровня воды в водохранилище и уровня грунтовых вод на прилегающей к водохранилищу территории;
- степень опорожнения водохранилища.

6.6 **Методы расчетов основных составляющих ущерба от аварий гидротехнических сооружений в денежном выражении**

6.6.1 Основными составляющими для определения ущерба от наиболее тяжелой и наиболее вероятной аварии ГТС гидроэлектростанции являются прогнозы:
- количества людей, которые могут погибнуть и пропасть без вести, кроме физических лиц, являющихся работниками, обслуживающими ГТС (включая работников подрядных организаций, выполняющих работы (оказывающих услуги) на территории ГТС) при исполнении ими служебных обязанностей на территории ГТС;
- количества людей, которые могут быть травмированы и нуждаться в госпитализации, кроме физических лиц, являющихся работниками,

обслуживающими ГТС, при исполнении ими служебных обязанностей на территории ГТС;

- количества работников, обслуживающих ГТС, которые могут погибнуть и пропасть без вести при исполнении ими служебных обязанностей на территории ГТС;

- количества работников, обслуживающих ГТС, которые при исполнении ими служебных обязанностей на территории ГТС могут быть травмированы и нуждаться в госпитализации;

- ущерба основным и оборотным фондам предприятий, кроме основных и оборотных фондов владельца ГТС;

- ущерба готовой продукции предприятий, кроме продукции владельца ГТС;

- ущерба элементам транспорта и связи, жилому фонду, имуществу граждан, сельскохозяйственному производству, лесному фонду от потери леса как сырья по рыночным ценам, от затопления и гибели лесов по фактическим затратам на восстановление леса, от сброса опасных веществ (отходов) в окружающую среду, а также ущерба, вызванного нарушением водоснабжения из-за аварий водозаборных сооружений;

- расходов на ликвидацию последствий аварии.

6.6.2 При определении основных составляющих ущерба от аварий ГТС следует применять утвержденные соответствующим органом надзора за безопасностью ГТС методики определения размера вреда [4].

6.6.3 На предварительных стадиях проектирования или при необходимости срочного прогноза основных параметров зоны катастрофического затопления при отсутствии достаточно полных топографических данных для определения порядка величины вероятного вреда следует использовать метод ориентировочной оценки

6.6.4 Согласно этому методу ориентировочная оценка тяжести последствий аварии ГТС при прорыве напорного фронта, наряду с условиями в бьефах гидроузла (плотность заселения, инженерные сооружения, коммуникации и т.д.), должна производиться по значению потенциальной энергии потока по шкале балльности разрушений. Зоны возможных разрушений в балльном эквиваленте должны строиться по значению величины удельной энергии потока в каждой точке плана зоны катастрофического затопления.

6.6.5 При отсутствии подробных данных о ситуации в зонах воздействия аварий и достаточных данных, содержащихся в геоинформационных системах (ГИС), но при наличии среднестатистических данных о характеристиках объектов и плотности расселения населения в рассматриваемом регионе, следует использовать метод укрупненных показателей.

6.6.6 При отсутствии данных о социально-экономических условиях в зонах влияния аварий на ГТС, полученных в результате специальных обследований, но при наличии геоинформационных баз данных и данных, содержащихся в геоинформационных системах, следует использовать метод планшетной оценки. Исходной информацией для реализации планшетного метода должны служить электронные карты.

6.6.7 По данным электронных карт в зоне возможного негативного воздействия аварий ГТС должны быть выявлены народно-хозяйственные объекты, транспортные магистрали, инженерные коммуникации и т.п.,

определены количество людей, попадающих в зону аварии ГТС, зоны различного использования территории и т.п.

6.6.8 В случае когда имеется возможность собрать подробные данные и необходимую для расчета вероятного вреда информацию, по данным экспедиционного обследования территории подвергающейся аварийному воздействию, рекомендуется использовать метод детальной оценки.

6.6.9 При проведении обследования должны быть выявлены народно-хозяйственные объекты, транспортные магистрали, инженерные коммуникации и другие объекты, находящиеся в собственности Российской Федерации или субъектов Российской Федерации, муниципальных образований; а также определены места постоянного проживания и временного нахождения населения, зоны различного использования территории и т.п.

6.6.10 Согласно требованиям Методики определения вреда [4], по данным официальной статистики, а также по справочным, литературным и иным источникам, должны быть определены следующие общие показатели для субъектов Российской Федерации, территория которых попадает в зону аварийного воздействия:

- общая площадь территории субъекта;
- балансовая стоимость основных производственных фондов;
- валовой национальный продукт за год;
- численность населения с разбивкой на городское и сельское;
- средняя плотность населения в городах и поселках городского типа;
- общая длина автодорог общего пользования или плотность автодорог.

6.6.11 На основании исходных данных об аварии ГТС и топографических планшетов, на которых нанесена зона катастрофического затопления ниже гидроузла, должны быть выполнены следующие действия:

- разбивка общей площади затопления на зоны сильного, среднего и слабого воздействия с выделением по каждой зоне: земель, занятых населенными пунктами или промышленными объектами; земель сельскохозяйственного назначения; земель, занятых естественными природными ландшафтами;
- составление перечня затронутых населенных пунктов и сбор сведений о количестве проживающего в них населения, характере жилых строений и размерах приусадебных участков;
- определение участков затрагиваемых транспортных коммуникаций и линий связи;
- выявление прочих специфических объектов;
- выше створа гидроузла:
- выявление населенных пунктов и объектов, расположенных около водохранилища;
- определение длины судовых ходов, установление объектов водного транспорта, расположенных на водохранилище;
- выявление водозаборных устройств (местоположение, тип, расход);
- определение прочих видов водопользования.

6.6.12 Степень возможных разрушений должна быть установлена на основе рассчитанных величин параметров потока в каждой точке области катастрофического затопления, в том числе при наличии ледового покрова, и представлена в табличной форме или графическом виде.

6.6.13 Уровни воздействия на население должны быть установлены на основе данных о возможных разрушениях и карты времен добегания с целью определения возможного количества погибших и пострадавших людей, разработки мероприятий по эвакуации населения, оценки расходов на ликвидацию последствий аварии, и представляются в табличной форме или графическом виде.

6.6.14 Возможный в результате аварии ГТС вред определяется с учетом социального ущерба, характеризующегося количеством пострадавших и степенью вреда их здоровью, а в стоимостной форме – величиной компенсационных затрат, а также реального ущерба, нанесенного материальным объектам в результате аварии ГТС, в т.ч. и ущерба от загрязнения окружающей среды в натуральном и денежном выражении.

7 Особенности анализа, оценки и прогнозирования риска аварий гидротехнических сооружений гидроэлектростанций на разных стадиях жизненного цикла

7.1 Для периода эксплуатации не завершенных строительством ГТС продолжительностью $t \geq 5$ лет приведение допускаемых значений ежегодных (годовых) вероятностей аварий следует осуществлять при помощи формулы:

$$(1-P_t)^t = (1-P_T)^T, \qquad (8)$$

где P_t – допускаемое значение годовой вероятности аварии для периода эксплуатации не завершенных сооружений продолжительностью t;

P_T – допускаемое значение годовой вероятности возникновения аварии для расчетного срока службы сооружения T.

С учетом того, что $P_t << 1$ и $P_T << 1$:

$$P_t \approx \frac{T \cdot P_T}{t}. \qquad (9)$$

7.2 Для периодов эксплуатации не завершенных строительством сооружений продолжительностью $t < 5$ лет допускаемые значения ежегодных вероятностей аварий ГТС рекомендуется принимать равными допускаемым значениям ежегодных (годовых) вероятностей аварий при t = 5 лет.

7.3 Возможность проявления неблагоприятных реакций ГТС на расчетные нагрузки и воздействия в период его строительства, ввода в эксплуатацию и первых лет эксплуатации, а также в результате снижения с течением срока службы сооружения его несущей способности из-за ухудшения свойств материалов и грунтов, рекомендуется учитывать путем принятия более высоких коэффициентов вариаций соответствующих показателей.

8 Предложения по оценке эффективности мер управления риском аварий гидротехнических сооружений гидроэлектростанций

8.1 Значение риска аварий ГТС должно быть определено путем обобщения показателей риска (частот и последствий) всех выявленных опасных событий по

результатам анализа и оценки частоты и последствий выявленных опасных событий и их последствий. Здесь также возможны как количественные, так и качественные оценки.

8.2 В случае количественной оценки частоты и последствий аварий ГТС и наличия нормативных значений критериев допустимого риска сооружений данного типа, класса и назначения, процедура оценки риска должна включать сравнение вычисленных показателей риска аварий конкретного ГТС с критериями допустимого риска.

8.3 В случае качественных оценок показателей риска суждение о допустимости риска аварий ГТС должно быть вынесено рабочей группой. Аналогичным образом следует проверять адекватность мер контроля за уровнем безопасности ГТС.

8.4 Если риск опасного события, приводящего к аварии ГТС, признан недопустимым, а меры контроля за уровнем безопасности сооружения – неадекватными потенциальной опасности, на этапе оценки риска должен быть определен характер дополнительных мер контроля состояния ГТС и уровня его безопасности.

8.5 При обосновании и оценке эффективности мер по уменьшению риска рекомендуется придерживаться одной из двух целей их оптимизации:

- при заданных средствах обеспечить максимальное снижение риска аварии ГТС;
- при минимальных затратах обеспечить снижение риска аварии ГТС до допустимого уровня.

8.6 Для установления приоритетности мер по уменьшению риска аварий ГТС, в условиях заданных объемов средств или ограниченных ресурсов, следует:

- определить совокупность мер, которые могут быть реализованы при заданных объемах финансирования;
- выполнить ранжирование этих мер по показателю «эффективность – затраты»;
- выполнить обоснование и оценку эффективности предлагаемых мер с учетом их ранжирования.

9 Оформление результатов анализа, оценки и прогнозирования риска аварий гидротехнических сооружений гидроэлектростанций

9.1 Результаты анализа риска аварий ГТС должны быть обоснованы и оформлены таким образом, чтобы выполненные оценки, расчеты и выводы не допускали различных толкований и могли быть воспроизведены специалистами, не участвовавшими в первоначальном анализе.

9.2 При проведении анализа оценки и прогнозирования риска аварий ГТС в рамках декларирования безопасности ГТС результаты анализа риска аварий как составная часть декларации безопасности должны быть оформлены в соответствии с утвержденными требованиями порядка разработки декларации безопасности ГТС, принятого в соответствии с нормативным документом [5].

9.3 Результаты анализа, оценки и прогнозирования риска, выполняемые с целью обоснования сценариев наиболее тяжелой и наиболее вероятной аварий, возможных на ГТС для расчета вероятного вреда, должны быть оформлены в соответствии с требованиями по определению размера вреда, установленных нормативным документом [3].

9.4 В тех случаях, когда проведение анализа, оценки и прогнозирования риска аварий ГТС гидроэлектростанции имеет самостоятельные цели, результаты следует представлять в виде отчета, включающего:

- титульный лист;
- список исполнителей;
- содержание (оглавление) отчета;
- цели анализа риска и сферу исследований;
- краткое описание ГТС, исходные данные и их источники;
- методологию анализа риска - описание используемых методов анализа риска, моделей развития аварийных процессов и обоснование их применения;
- ограничения и допущения, используемые при анализе;
- результаты идентификации опасностей;
- результаты анализа и оценки риска аварий ГТС;
- анализ неопределенностей результатов анализа риска;
- рекомендации по снижению риска аварий ГТС;
- выводы;
- список источников информации;
- приложения.

9.5 В состав приложений к отчету о результатах анализа, оценки и прогнозирования риска аварий ГТС гидроэлектростанции следует включить:

- копию приказа об организации экспертной группы;
- перечень исходных данных, использованных при проведении анализа, оценки и прогнозирования риска аварий ГТС гидроэлектростанции с указанием источников их получения.

9.6 Отчет о результатах оценки и прогнозирования риска аварий ГТС гидроэлектростанции должен быть согласован техническим руководителем ГЭС и утвержден компанией (организацией).

9.7 Порядок выполнения анализа и оценки риска аварий ГТС может быть принят в соответствии с изложенным в Приложении Б, на примере выполнения анализа и оценки риска аварий ГТС Чирюртских ГЭС.

10 Требования, обеспечивающие безопасность гидротехнических сооружений гидроэлектростанций на основе анализа, оценки и прогнозирования риска аварий

10.1 Рекомендации по уменьшению риска аварий ГТС гидроэлектростанции следует разрабатывать на заключительном этапе анализа риска – в случае, если вычисленные или качественно определенные риски опасных событий и

процессов, приводящих к аварии ГТС, признаны недопустимыми и значимыми по своим последствиям для основных групп реципиентов риска.

10.2 Меры по уменьшению риска обязаны иметь организационный, технический или социально-психологический характер. При выборе характера мероприятий решающее значение имеет общая оценка действенности мер по уменьшению риска. Наиболее предпочтительны технические и организационные меры, поскольку социально-психологические меры не изменяют уровень риска и касаются только проблем его восприятия обществом. На стадии эксплуатации организационные меры управления риском должны компенсировать ограниченные возможности компании (организации) для принятия эффективных, но дорогостоящих технических мер по уменьшению риска аварий ГТС.

11 Требования к качеству

11.1 Критерии приемлемого (допустимого) риска аварий ГТС гидроэлектростанции следует разрабатывать на разных этапах их жизненного цикла ГТС (обоснование инвестиций в строительство, проектирование, строительство, эксплуатация, ремонт и реконструкция, консервация и ликвидация).

11.2 Качество анализа, оценки и прогнозирования риска аварий ГТС гидроэлектростанции на всех этапах их жизненного цикла должно соответствовать следующим требованиям:

- процедура анализа, оценки и прогнозирования риска аварий ГТС гидроэлектростанции должна проводиться на основе проектной и исполнительной документации по ГТС с учетом результатов их обследований, а также сведений об авариях и повреждениях, имевших место на анализируемых сооружениях и их аналогах;
- процедура анализа, оценки и прогнозирования риска аварий ГТС гидроэлектростанции должна проводиться экспертной группой, включающей персонал, ответственный за эксплуатацию ГТС, проектировщиков сооружений и специалистов в области анализа риска аварий ГТС;
- идентификация опасностей аварий ГТС должна выполняться с учетом всех возможных природных и техногенных воздействий на анализируемые ГТС, способных привести к аварии сооружений и чрезвычайной ситуации;
- качественные оценки вероятности (среднегодовой частоты) и последствий аварий ГТС гидроэлектростанции должны выполняться экспертным путем с обработкой экспертных мнений одним из известных методов;
- количественные оценки вероятности (среднегодовой частоты) и последствий аварий ГТС гидроэлектростанции должны быть научно обоснованы и воспроизводимы;
- неопределенности в оценке вероятности (среднегодовой частоты) и ущерба от аварий ГТС гидроэлектростанции должны быть зафиксированы и учтены при оценке риска их аварий;
- расчеты габаритов и параметров зоны аварийного воздействия ГТС гидроэлектростанции, включая расчеты волны прорыва при гидродинамической

аварии, должны выполняться с применением сертифицированных надзорными органами программных комплексов.

Приложение А
(справочное)
Рекомендуемые значения коэффициентов вариации

Таблица А.1 - Коэффициенты вариации C_V для грунтов оснований и грунтовых ГТС

Характеристики грунтов	C_V
Плотность грунта	0,03 - 0,08
Пористость	0,08 - 0,35
Природная влажность	0,10 - 0,25
Влажность	0,15 - 0,35
Число пластичности	0,20 - 0,30
Модуль деформации	0,20 - 0,50
Динамический модуль упругости	> 0,50
Коэффициент фильтрации	> 0,20
Коэффициент водоотдачи	> 0,20
Коэффициент трения	0,10 - 0,20
Сцепление	0,20 - 0,30
Критический градиент напора	> 0,20
Временное сопротивление одноосному сжатию	0,40 - 0,55

Таблица А.2 - Коэффициенты вариации C_V для показателей свойств негрунтовых материалов ГТС

Показатели свойств	C_V
Бетон и железобетон:	
Плотность	0,01 - 0,03
Модуль деформации	0,20 - 0,30
Динамический модуль упругости	0,20 - 0,50
Коэффициент фильтрации	0,10 - 0,20
Коэффициент трения по скале	0,10 - 0,20
Сцепление со скалой	0,20 - 0,30
Временное сопротивление одноосному сжатию, растяжению	0,10 - 0,30
Сталь (Ст.3):	
Временное сопротивление одноосному сжатию	0,05 - 0,09
Временное сопротивление одноосному растяжению	0,03 - 0,05
Сопротивление усталости соединения при ручной сварке	0,05 - 0,09
При полуавтоматической и автоматической сварке	0,03 - 0,06
Сила затяжки резьбового соединения	0,02 - 0,09

Таблица А.3 - Коэффициенты вариации C_V для параметров нагрузок и воздействий на ГТС

Параметры нагрузок и воздействий	C_V
Гидростатическое давление	0,01 - 0,03
Собственный вес	0,03 - 0,08
Поровое давление	0,25 - 0,40
Фильтрационные нагрузки	> 0,20
Противодавление	0,10 - 0,35
Гидрологические характеристики	0,20 - 0,45
Волновые нагрузки	0,45 - 0,55
Гидродинамические нагрузки	> 0,20
Сейсмические нагрузки	> 0,35
Действующие градиенты напора	0,20 - 0,55
Снеговые нагрузки	0,20 - 0,45
Ветровые нагрузки	0,20 - 0,45
Температурные нагрузки естественной среды	0,20 - 0,45
Температурные нагрузки при твердении бетона	0,20 - 0,30
Давление наносов	0,20 - 0,45
Пульсационные нагрузки	0,20 - 0,45

Приложение Б
(справочное)
Пример выполнения анализа и оценки риска аварий ГТС Чирюртских ГЭС

Состав сооружений:
- земляная плотина;
- донный бетонный водосброс;
- сопрягающий лоток;
- деривационный канал;
- напорный бассейн;
- напорные трубопроводы;
- здание ГЭС;
- отводящий канал;
- ОРУ 110,00 кВт.

Класс сооружений – II.

Длина напорного фронта – 0,35 км.

Полная емкость водохранилища – 0,10 км^3, полезная емкость – 0,4 $\times 10^7$м^3.

Максимальный статический напор – 49,50 м.

Установленная мощность ГЭС при расчетном напоре 40,70 м составляет 72,00 тыс. кВт.

Согласно результатам предварительного анализа опасностей (ПАО), выполненного экспертной группой в рамках комиссионного обследования состояния ГТС, обязательному декларированию безопасности подлежат:
- земляная плотина;
- донный водосброс;
- деривационный канал.

Земляная плотина – насыпная грунтовая зонированная, с глинистым ядром; длина - 430 м, максимальная высота – 37,50 м; ширина гребня – 9,50 м; заложение откосов – верхового от 1 : 2,50 до 1 : 3,50, низового от 1 : 2,00 до 1 : 2,25; в зоне переменного уровня верховой откос имеет крепление сборными железобетонными плитами.

Донный бетонный водосброс в теле земляной плотины совмещен с водоприемником; водосброс длиной 34 м имеет 4 пролета шириной по 7 м и рассчитан на пропуск 3000,00 м^3/с воды (паводок 0,1% обеспеченности); удельный расход на рисберме – 80,00 м^3/с.

Внешними причинами аварий и чрезвычайных ситуаций (ЧС) на декларируемых гидротехнических сооружениях Чирюртских ГЭС, как показывают результаты ПАО, могут быть следующие природные и техногенные воздействия:
- максимальное расчетное землетрясение;
- интенсивные осадки;
- максимальный расчетный паводок;
- потеря внешнего электропитания.

К внутренним причинам аварий ГТС Чирюртских ГЭС относятся:

- отказы механического оборудования водосброса;
- нарушение фильтрационной прочности грунтов тела и/или основания плотины или насыпной части деривационного канала;
- нарушение статической устойчивости низовой призмы грунтовой плотины;
- старение бетонной облицовки насыпной части деривационного канала;
- нарушение водонепроницаемости противофильтрационных элементов плотины.

Анализ природно-климатических условий территории размещения гидротехнических сооружений Чирюртских ГЭС, показателей природных и техногенных воздействий на ГТС, компоновки сооружений, их конструкций и опыта эксплуатации, выполненный экспертной группой, позволяет считать, что на Чирюртских ГЭС возможны следующие основные сценарии возникновения и развития аварий гидротехнических сооружений, способных привести к чрезвычайным ситуациям:

- сценарий I: перелив через гребень грунтовой плотины в максимальный расчетный паводок при снижении пропускной способности водосброса, возможном вследствие отказов механического оборудования водосбросных устройств или при потере внешнего электропитания; следствием перелива будет размыв участка плотины с образованием прорана в теле плотины и затоплением нижнего бьефа.
- сценарий II: локальное разрушение участка грунтовой плотины вследствие возможной потери статической устойчивости плотины или фильтрационной прочности грунтов тела и/или основания плотины, либо максимального расчетного землетрясения может привести к переливу зоне локального понижения гребня на разрушенном участке плотины даже при НПУ; следствием перелива будет дополнительный размыв разрушенного участка плотины с образованием прорана и затоплением нижнего бьефа.
- сценарий III: разрушение участка (ПК 20) деривационного канала, возможное вследствие нарушения целостности бетонной облицовки или разрушения насыпной части борта канала, может привести к изливу массы воды из канала на прилегающую территорию.

Иные сценарии аварий, возможных на ГТС Чирюртских ГЭС, как показывает предварительный анализ опасностей и качественное ранжирование сценариев по уровню риска, к чрезвычайным ситуациям привести не могут, и поэтому далее не рассматриваются. Блок-схема анализа основных сценариев возникновения и развития аварий на ГТС Чирюртских ГЭС приведена на рисунке Б.1.

Моделирование прорана в теле грунтовой плотины, оценка габаритов зоны затопления и ущерба от аварий по сценариям I и II, согласно постановлению Правительства РФ от 21.05.2007 № 304 позволяют классифицировать их как территориальные чрезвычайные ситуации.

Оценка габаритов зоны затопления и ущерба от аварии по сценарию III позволяет классифицировать ее как локальную чрезвычайную ситуацию.

Причинами снижения пропускной способности водосброса могут быть:

- механические повреждения затворов;
- механические повреждения в пазах затворов;

- неисправности приводных устройств;
- потеря внешнего электропитания.

Возможные причины разрушения грунтовой плотины (перелив через гребень рассматривается как отдельный сценарий аварии):

- потеря статической устойчивости низовой призмы плотины;
- максимальное расчетное землетрясение;
- суффозия в основании плотины;
- суффозия в теле плотины;
- нарушение водонепроницаемости противофильтрационных устройств плотины.



Рисунок Б.1 - Блок-схема анализа основных вероятных сценариев возникновения и развития аварий на ГТС Чирюртских ГЭС.

Возможные причины разрушения участка (ПК 20) деривационного канала представляются следующими:

- старение бетона облицовки участка канала в отсутствие контроля за ее целостностью;
- суффозия грунтов насыпной части канала;
- максимальное расчетное землетрясение.

Качественная оценка риска основных сценариев развития аварий на декларируемых ГТС Чирюртских ГЭС, выполненная экспертным путем, показывает, что существенным является риск отказа водосброса в паводок (сценарий I) и риск разрушения участка грунтовой плотины (сценарий II), поскольку последствия аварий по этим сценариям, согласно Постановлению Правительства РФ от 21.05.2007 № 304 классифицируются как территориальные чрезвычайные ситуации.

Риск разрушения участка деривационного канала может считаться несущественным, так как его последствия классифицируются как локальная чрезвычайная ситуация.

Для количественной оценки риска основных сценариев развития аварий по сценариям I, II, III, возможных на ГТС Чирюртских ГЭС, использован метод анализа дерева отказов. На рисунках Б.2 – Б.4 представлены деревья отказов для головных событий каждого из идентифицированных сценариев аварий на ГТС Чирюртских ГЭС.

Решение деревьев отказов выполнено по следующим формулам (обозначения элементов деревьев отказов приведены на рисунках Б.2 – Б.4):

Сценарий I – перелив через гребень плотины в паводок при снижении пропускной способности водосброса

$$P_{A1} = P_{B1} \times P_{B2}; \quad (Б.1)$$

$$P_{B1} = 1-(1-P_{C1}) \times (1-P_{C2}). \quad (Б.2)$$

Сценарий II – локальное разрушение участка грунтовой плотины

$$P_{A2} = 1-(1-P_{B3}) \times (1-P_{B4}); \quad (Б.3)$$

$$P_{B3} = 1-(1-P_{C4}) \times (1-P_{C5}); \quad (Б.4)$$

$$P_{B4} = 1-(1-P_{C6}) \times (1-P_{C7})(1-P_{C8}). \quad (Б.5)$$

Сценарий III – разрушение участка (ПК 20) деривационного канала

$$P_{A3} = 1-(1-P_{B5}) \times (1-P_{B6}); \quad (Б.6)$$

$$P_{B6} = 1-(1-P_{C9}) \times (1-P_{C4}). \quad (Б.7)$$

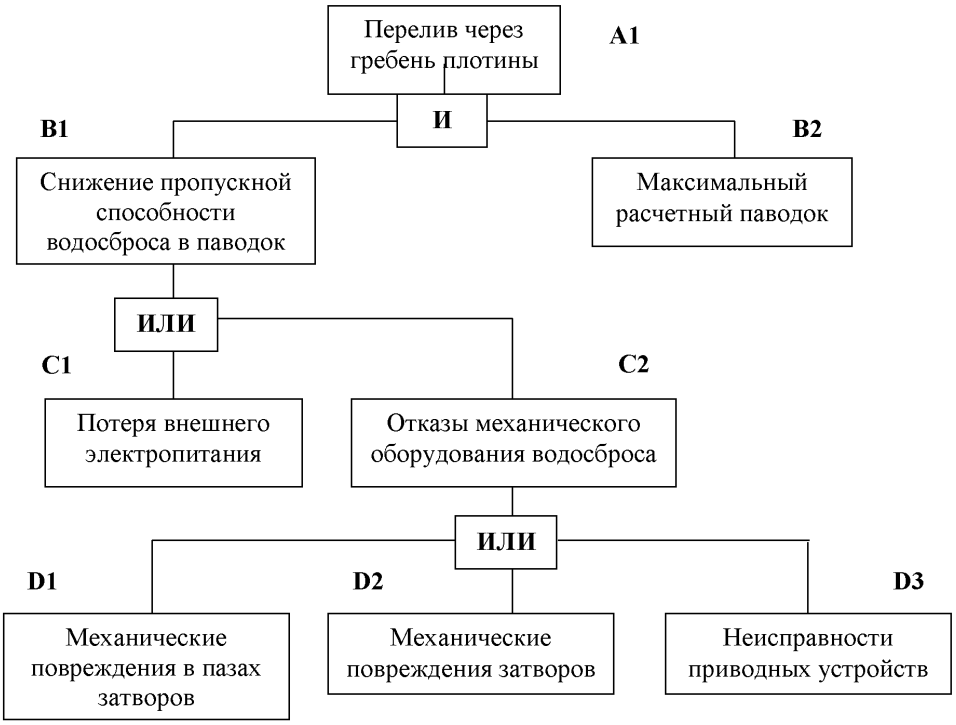

Рисунок Б.2 - Дерево отказов для сценария аварии I

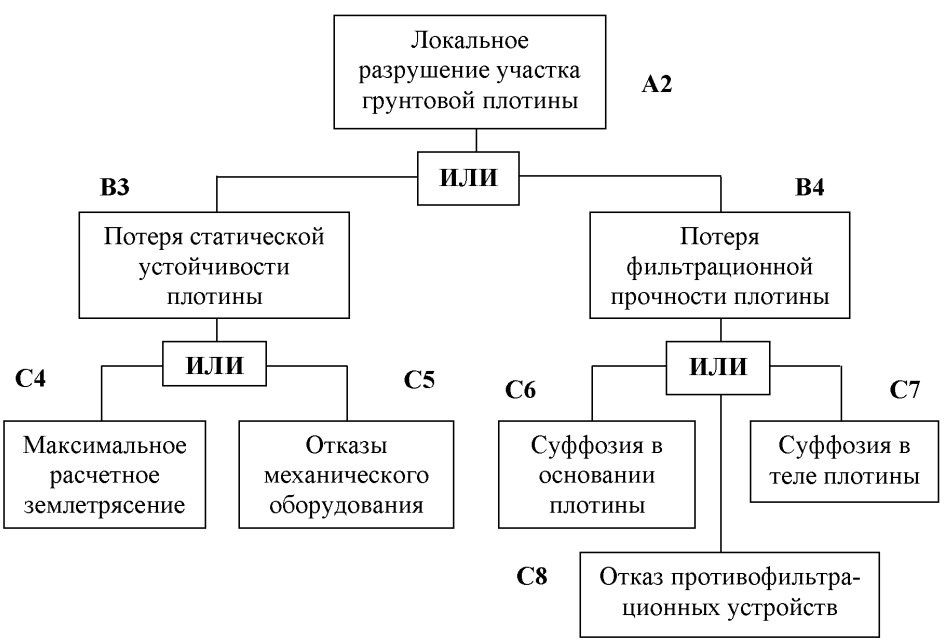

Рисунок Б.3 - Дерево отказов для сценария аварии II

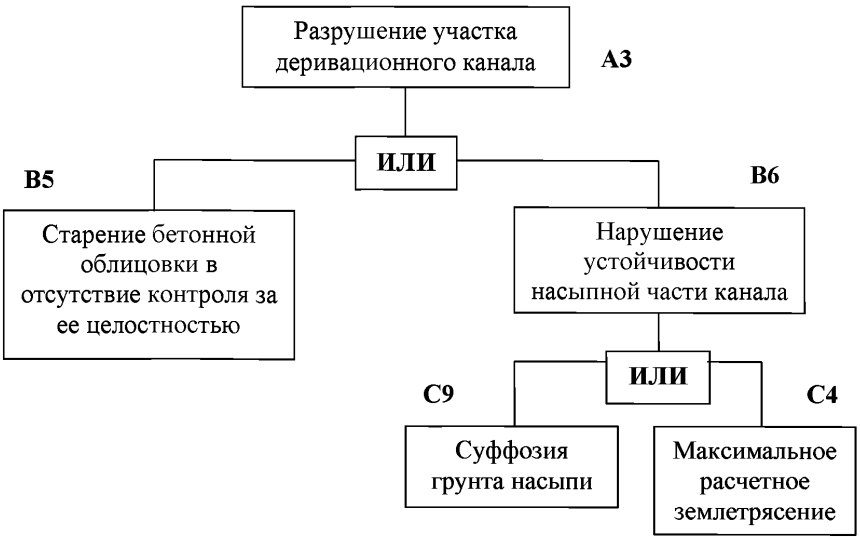

Рисунок Б.4 - Дерево отказов для сценария аварии III

Численные значения ожидаемых среднегодовых частот реализации событий – элементов деревьев отказов – определялись следующим образом:

- C1, C2, C8, C9, C10 – по литературным данным;
- C4, B2 – по данным проекта;
- C5, C6, C7 – по методике Фелла;
- A1, A2, A3, B1, B3, B4, B5, B6 – по формулам (Б.1) – (Б.7).

В таблице Б.1 приведены численные значения коэффициентов, определяющих вероятности отказа грунтовой плотины Чирюртских ГЭС по причинам: потеря устойчивости низовой призмы, суффозия в основании плотины и ее теле.

Таблица Б.1 - Численные значения коэффициентов для оценки вероятности отказа грунтовой плотины Чирюртских ГЭС вследствие потери устойчивости низовой призмы, суффозии в основании плотины и низовой призме

Обозначение	Характеристика коэффициента	Экспертная оценка величины коэффициента
1	2	3
F_1	Устойчивость низового откоса в условиях нормальной эксплуатации	8
F_2 - F_{2S}	Конструкция плотины: - коэффициент оценки конструкции плотины по отношению к устойчивости откосов	1

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3
- F_{2P}	- коэффициент оценки конструкции плотины по отношению к суффозионным процессам	1
F_3	Параметры и качество устройства фильтров со стороны низового откоса плотины:	
-FG	- гранулометрический состав фильтров	1
-FW	-толщина переходных слоев обратного фильтра	2
F_4	Водопропускная способность дренирующих слоев водоупорных элементов плотины	2
F_5	Свойства грунтов в водоупорном элементе плотины	4
F_6	Условия в примыканиях плотины к основанию и бортам долины	3
F_7	Влияние трубопроводов в теле плотины и контроль за ними	1
F_8	Влияние зон контакта грунта тела плотины с элементами из других материалов	8
F_9	Геологическое строение основания плотины	2
F_{10}	Степень выветрелости основания	4
F_{11}	Градиент фильтрации в основании	1-2
F_{12}	Качество устройства фильтров дренажа основания:	0
-F_{GF}	- гранулометрический состав фильтров;	-
- F_{TF}	- толщина слоев обратного фильтра	-
F_{13}	Характеристика прочностных свойств грунтов основания	4

В таблице Б.2 представлены результаты количественной оценки среднегодовых вероятностей отказа грунтовой плотины Чирюртских ГЭС по указанным причинам.

Таблица Б.2 - Коэффициенты риска, вероятности и среднегодовые вероятности отказа вследствие потери статической устойчивости низовой призмы, суффозии в теле или основании грунтовой плотины Чирюртских ГЭС

Обозначение события в деревьях отказов	Причина отказа грунтовой плотины	F	P	p, 1/год
C5	Потеря статической устойчивости низовой призмы	12,50	$2{,}00\times10^{-4}$	$5{,}00\times10^{-6}$
C6	Суффозия в основании плотины	15,50	$2{,}40\times10^{-4}$	$6{,}00\times10^{-6}$
C7	Суффозия в теле плотины	11,00	$1{,}30\times10^{-5}$	$3{,}00\times10^{-7}$

Таблица Б.3 содержит численные значения ожидаемых среднегодовых частот

реализации событий и инцидентов, способных инициировать основные сценарии аварий на гидротехнических сооружениях Чирюртских ГЭС.

Таблица Б.3 - Численные значения среднегодовых вероятностей отказов и инцидентов, возможных на гидротехнических сооружениях Чирюртских ГЭС

Обозначение элемента дерева отказов	Наименование элемента дерева отказов	Среднегодовая частота отказа P, 1/год	Источник информации [..], расчетная формула (..) или таблица
A1	Перелив через гребень грунтовой плотины	$5{,}05\times10^{-5}$	(А.1)
A2	Разрушение участка грунтовой плотины	$1{,}03\times10^{-3}$	(А.3)
A3	Разрушение участка деривационного канала	$1{,}16\times10^{-3}$	(А.6)
B1	Снижение пропускной способности водосброса	$5{,}05\times10^{-2}$	(А.2)
B2	Максимальный расчетный паводок	$1{,}00\times10^{-3}$	Данные проекта
B3	Потеря статической устойчивости грунтовой плотины	$1{,}01\times10^{-3}$	(А.4)
B4	Потеря фильтрационной прочности грунтовой плотины	$2{,}20\times10^{-5}$	(А.5)
B5	Старение бетонной облицовки в отсутствие контроля за ее целостностью	$1{,}00\times10^{-4}$	[1]
B6	Нарушение устойчивости насыпной части деривационного канала	$1{,}06\times10^{-3}$	(А.7)
C1	Потеря внешнего электропитания	$5{,}00\times10^{-2}$	[2,3]
C2	Отказ механического оборудования водосброса	$5{,}00\times10^{-4}$	[1]
C4	Максимальное расчетное землетрясение	$<1{,}00\times10^{-3}$	Данные проекта
C5	Потеря статической устойчивости низовой призмы плотины	$5{,}00\times10^{-6}$	Таблица А.2
C6	Суффозия в основании плотины	$3{,}00\times10^{-7}$	
C7	Суффозия в теле плотины	$6{,}00\times10^{-6}$	
C8	Отказ противофильтрационных устройств плотины	$1{,}60\times\cdot10^{-5}$	[1]
C9	Суффозия грунтов насыпной части деривационного канала	$6{,}00\times10^{-5}$	[1,4]

Примечания:

1. Малаханов В.В. Техническая диагностика грунтовых плотин. – М.: Энергоатомиздат, 1990.
2. Елохин А.Н., Елохин О.В., Ульянов С.В., Глебов В.Ю. Методология комплексной оценки природных и техногенных рисков для населения регионов России. // ПБЧС, 1996, вып.3.
3. Елохин А.Н., Черноплеков А.Н. Опыт оценки потенциальной опасности промышленных объектов и внедрения системы APELL в России. // ПБЧС, 1994, вып. 11.
4. Пепоян В.С. К вопросу надежности дренажных систем грунтовых гидросооружений. // Изв. ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. – 1991. – Том 225.

Таким образом, среднегодовые вероятности аварий, возможных на

гидротехнических сооружениях Чирюртских ГЭС, составляют:

Сценарий I – перелив через гребень плотины в паводок при снижении пропускной способности водосброса

$P_{A1} = 5{,}05 \times 10^{-5}$ 1/год;

Сценарий II– локальное разрушение участка плотины

$P_{A2} = 1{,}03 \times 10^{-3}$ 1/год.

Сценарий III– разрушение участка (ПК 20) деривационного канала

$P_{A3} = 1{,}16 \times 10^{-3}$ 1/год.

Следует отметить, что полученные количественные оценки учитывают вклад и среднегодовые вероятности возможных внешних воздействий на гидротехнические сооружения Чирюртских ГЭС:

- максимальный расчетный паводок (10^{-3} 1/год),
- максимальное расчетное землетрясение (10^{-3} 1/год).

Допускаемый отечественными нормами обобщенный риск реализации предельного состояния первой группы для грунтовых плотин II класса в период постоянной эксплуатации, согласно данным от 21.05.2007 № 304 правил [5], составляет 5×10^{-4} 1/год.

Сравнение указанных величин с полученными расчетным путем величинами риска катастрофических отказов декларируемых ГТС Чирюртских ГЭС позволяет считать риск аварий грунтовой плотины Чирюртских ГЭС приемлемым, а уровень безопасности ГТС в целом – соответствующим современным нормам и правилам.

Однако, учитывая значительные масштабы последствий аварий на грунтовой плотине, рекомендуется разработка мероприятий по повышению уровня безопасности ГТС Чирюртских ГЭС.

Библиография

[1] Стандарт организации НП «ИНВЭЛ» СТО 70238424.27.140.038-2011 Гидроэлектростанции. Мониторинг состояния сооружений и окружающей среды в процессе строительства. Нормы и требования (проект).

[2] СНиП 33-01-2003. Гидротехнические сооружения. Основные положения.

[3] Порядок определения размера вреда, который может быть причинен жизни, здоровью физических лиц, имуществу физических и юридических лиц в результате аварии гидротехнического сооружения. Утв. приказом МЧС России, Минэнерго России, МПР России, Минтранса России, Госгортехнадзора России от 18.05.2002 № 243/150/270/68/89.

[4] Методика определения размера вреда, который может быть причинен жизни, здоровью физических лиц, имуществу физических и юридических лиц в результате аварий гидротехнических сооружений предприятий топливно-энергетического комплекса. Утв. приказом МЧС России и Минэнерго России от 29.12.2003 № 776/508.

[5] Административный регламент исполнения Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору государственной функции по осуществлению государственного контроля и надзора за соблюдением собственниками гидротехнических сооружений и эксплуатирующими организациями норм и правил безопасности гидротехнических сооружений (за исключением судоходных гидротехнических сооружений, а также гидротехнических сооружений, полномочия по осуществлению надзора за которыми переданы органам местного самоуправления). (Утв. приказом Минприроды России № 289 от 31.10.2008. Зарегистрирован в Министерстве юстиции Российской Федерации 13.03. 2009, регистрационный № 13509).

[6] Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей РФ (Утверждены Приказом Минэнерго России от 19.06.2003 № 229; зарегистрированы в Министерстве юстиции Российской Федерации 20.06.2003, регистрационный № 4799).

(обозначение стандарта)

УДК _____ ОКС _____ ОКП _____

Ключевые слова: Гидроэлектростанция (ГЭС), гидроаккумулирующая электростанция (ГАЭС), гидротехнические сооружения (ГТС), стандарт организации (СТО)

Руководитель организации-разработчика
стандартов организации группы «Гидроэлектростанции»
Некоммерческое партнерство «Гидроэнергетика России»

Исполнительный директор Р.М. Хазиахметов

Руководитель разработки
главный эксперт, к.т.н. В.С. Серков

Соисполнитель:
ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева»

Исполнительный директор Е.Н. Белендир

Руководитель разработки,
Директор Экспертного центра, к.т.н. А.Г. Василевский

Исполнитель:
ведущий научн. сотр., д.т.н., О.М. Финагенов

gost.e-ecolog.ru