**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ**

**И Н С Т И Т У Т В О Д Н Ы Х П Р О Б Л Е М**

**РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

**(ИВП РАН)**

(на правах рукописи)

**Направление подготовки**: 08.06.01 Техника и технология строительства

**Направленность (профиль) подготовки:** 05.23.16 Гидравлика и инженерная гидрология

**Форма обучения:** очная

**НАУЧНО-КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

**«Гидрологическая безопасность гидротехнических сооружений водохозяйственного назначения»**

**Аспирант:** Стрыгина Мария Александровна

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

*(подпись аспиранта)*

**Научный руководитель:** Дебольский Владимир Кириллович, д.т.н., профессор,

заведующий лабораторией

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

 *(подпись научного руководителя)*

Москва 2018

# Оглавление

[Оглавление 2](#_Toc529368894)

[Введение 3](#_Toc529368895)

[1 Общие сведения о гидротехнических сооружениях водохозяйственного комплекса 4](#_Toc529368896)

[2 Анализ нормативно-технической документации и законодательной базы в области эксплуатации ГТС водохозяйственного назначения 6](#_Toc529368897)

[3 Обеспечение надежности и безопасности ГТС водохозяйственного назначения 27](#_Toc529368899)

[Выводы 38](#_Toc529368900)

[Список литературы 41](#_Toc529368901)

# Введение

В нашей стране создан и функционирует мощный водохозяйственный комплекс. Его основу составляют 65 тыс. объектов гидротехнического назначения, 36 тыс. водозаборных и сбросных сооружений, около 10 тыс. км защитных дамб и водооградительных валов, 29 тыс. водохранилищ, прудов, накопителей жидких отходов с напорными гидротехническими сооружениями.

На многих гидротехнических сооружениях (ГТС) в последнее время существенно вырос риск возникновения аварийных ситуаций. Это связано с различными нарушениями условий эксплуатации, старением отдельных узлов сооружений и оборудования, отсутствием проектной и эксплуатационной документации. Особенно это касается гидротехнических сооружений III и IV классов, должное финансирование которых зачастую отсутствует, что приводит к уменьшению объемов ремонтных работ, сокращению штата эксплуатационного персонала и т.п. Кроме этого, эксплуатация ГТС осложняется недостаточным количеством или отсутствием контрольно-измерительной аппаратуры (КИА).

Общее количество поднадзорных Ростехнадзору ГТС (комплексов ГТС) промышленности, энергетики и водохозяйственного комплекса на 2017 год составляет 25819, из них:

751 – комплекс ГТС жидких промышленных отходов;

479 – комплексов ГТС топливно-энергетического комплекса;

24589 – ГТС водохозяйственного комплекса, в том числе
бесхозяйные ГТС – 3573.

ГТС распределены по классам следующим образом:

I класса – 141 комплекс;

II класса – 531 комплекс;

III класс – 1385 комплексов;

IV класса – 23762 комплекса.

Режим постоянного государственного надзора установлен
на 141 комплексах ГТС, из них:

77 комплекса ГТС объектов энергетики;

39 комплексов ГТС объектов промышленности;

25 комплексов ГТС водохозяйственного комплекса.

По данным Российского регистра ГТС, уровень безопасности поднадзорных ГТС оценивается следующим образом:

39,4 % - нормальный уровень безопасности;

43,4 % - пониженный уровень безопасности;

12,5 % - неудовлетворительный уровень безопасности;

4,7 % - опасный уровень безопасности.

Целью настоящей работы является рассмотрение актуальных вопросов и проблем, связанных с безопасностью ГТС водохозяйственного назначения:

* нормативно-правовое регулирование отношений в области безопасности ГТС;
* требования к обеспечению надежности и безопасности ГТС.

# 1 Общие сведения о гидротехнических сооружениях водохозяйственного комплекса

Водохозяйственный комплекс - совокупность различных отраслей народного хозяйства, совместно использующих водные ресурсы одного водного бассейна (ГОСТ 19185-73. Гидротехника. Основные понятия. Термины и определения, пункт 50), основу которого составляют объекты гидротехнического назначения, водозаборные и сбросные сооружений, водохранилища, пруды, накопители жидких отходов с напорными гидротехническими сооружениями (ГТС).

Грунтовые плотины, представляющие собой основной элемент напорного фронта гидроузлов, являются источниками потенциальной опасности. При их возможном нарушении территории нижнего бьефа попадают в зону возможного затопления волной прорыва и могут быть уничтожены.

Ввиду длительного срока работы, многие из ГТС требуют реконструкции, ремонта или модернизации. Общее количество таких гидротехнических сооружений, по предварительным оценкам, составляет более 60 %. По техническому состоянию эти сооружения оцениваются как неудовлетворительные (аварийные). Такое техническое состояние является следствием ненадлежащей организации системы их технической эксплуатации, которое включает следующие виды работ: технический осмотр и наблюдение за состоянием ГТС, своевременные текущие (плановые и неплановые) и капитальные ремонты.

 Гидротехнические сооружения должны соответствовать своим эксплуатационным качествам:

* соответствовать по размерам, инженерному оборудованию, пропускной способности;
* обладать необходимой прочностью, устойчивостью, надежностью;
* удовлетворять экономическим требованиям;
* отвечать экологическим и эстетическим требованиям.

Нарушение или отсутствие хотя бы одного из параметров, входящих в эти требования, повышает риск аварии при эксплуатации, снижает уровень его надежности и безопасности. Для эффективного использования ГТС они должны быть всегда в исправном состоянии.

В настоящее время получены значительные результаты по оценке надежности различных частей и элементов сооружений, разработаны основные критерии надежности водохозяйственных систем и гидросооружений. Расчет, проектирование и создание ГТС с позиции теории надежности, как правило, включает (Ц. Е. Мирцхулава, 1985): определение требований к надежности ГТС с технических и экономических позиций; разработку и обоснование количественных и качественных показателей надежности, установление оптимальных режимов эксплуатации; создание эффективных систем сбора, анализа и обобщения различных видов информации о фактическом состоянии объекта в условиях эксплуатации; вероятностно-статистическое изучение закономерностей возникновения и развития отказов, методов их обнаружения, устранения и прогнозирования; изучение влияния надежности на эффективность эксплуатации объектов; разработку рациональных методов профилактических работ при эксплуатации.

# 2 Анализ нормативно-технической документации и законодательной базы в области эксплуатации ГТС водохозяйственного назначения

С 2016 года вводится ряд поправок в Федеральные законы, постановления Правительства РФ, направленные на уменьшения плановых проверок ГТС в зависимости от их класса, упрощена процедура получения разрешения на эксплуатацию гидротехнических сооружений. Но и этого пока недостаточно для надежной эксплуатации гидротехнических сооружений.

Рассмотрим основные нормативно-технические документы и законы, касающиеся ГТС водохозяйственного назначения.

Федеральный закон от 21 июля 1997 г № 117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений» (далее – 117-ФЗ) является основным законом регулирует отношения, возникающие при осуществлении деятельности по обеспечению безопасности при проектировании, строительстве, капитальном ремонте, эксплуатации, реконструкции, консервации и ликвидации гидротехнических сооружений, устанавливает обязанности органов государственной власти, собственников гидротехнических сооружений и эксплуатирующих организаций по обеспечению безопасности гидротехнических сооружений [1].

Согласно ст. 3 117-ФЗ:

* безопасность гидротехнических сооружений – свойство гидротехнических сооружений, позволяющее обеспечивать защиту жизни, здоровья и законных интересов людей, окружающей среды и хозяйственных объектов;
* декларация безопасности гидротехнического сооружения – документ, в котором обосновывается безопасность гидротехнического сооружения и определяются меры по обеспечению безопасности ГТС с учетом его класса;
* 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, уполномоченными на осуществление федерального государственного надзора в области безопасности гидротехнических сооружений, в составе декларации безопасности гидротехнического сооружения;
* оценка безопасности гидротехнического сооружения – определение соответствия состояния гидротехнического сооружения и квалификации работников эксплуатирующей организации требованиям к обеспечению безопасности гидротехнических сооружений, установленным законодательством Российской Федерации;
* обеспечение безопасности гидротехнического сооружения – разработка и осуществление мер по предупреждению аварий гидротехнического сооружения.

Но под действие данного закона подпадают лишь те гидротехнические сооружения, повреждения которых могут привести к возникновению чрезвычайной ситуации (далее – ЧС).

Соответственно, гидротехнические сооружения IV класса опасности, аварии на которых в большинстве случаев не приводят к возникновению ЧС, не попадают под действие 117-ФЗ и не декларируются. Критерии безопасности для них не разрабатываются, что еще более ухудшает техническое состояние ГТС –предельные количественные и качественные показатели состояния сооружения не устанавливаются, фактическое состояние ГТС ни с чем не сравнивается.

Для каждого сооружения должен быть определен перечень контролируемых диагностических показателей, их количественные и качественные значения вне зависимости от необходимости разработки декларации.

Основная задача службы эксплуатации гидротехнических сооружений заключается в рациональном управлении их работой, обеспечении исправного (работоспособного) технического состояния и нормального уровня безопасности в течение нормативного срока службы (жизненного цикла).

Структура и квалификация службы эксплуатации должна обеспечивать условия выполнения сооружениями оптимальных технологических функций, надежность их работы и нормальный уровень безопасности.

Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (далее – Ростехнадзор) от 29 января 2007 года № 37 «О порядке подготовки и аттестации работников организаций, подконтрольных Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору» [6] устанавливает порядок организации работы по подготовке и аттестации специалистов организаций, осуществляющих эксплуатацию гидротехнических сооружений, а также подготовку и переподготовку руководителей и специалистов по вопросам безопасности.

При аттестации сотрудников в Ростехнадзоре, в основном проверяется знание требований безопасности ГТС, установленных федеральными законами и иными нормативными правовыми актами РФ, при этом не учитывается практическое использование этих знаний. Все чаще наблюдается отсутствие квалифицированных специалистов, имеющих профильное гидротехническое образование.

Ситуацию осложняет также и то, что даже крупные промышленные организации, которые могут позволить себе должное финансовое обеспечение гидротехнических сооружений, не считают это необходимым, для них ГТС являются второстепенными объектами, хотя, например, при аварии на шламохранилищах суммы ущерба составят десятки, а иногда и сотни миллионов рублей, а прорыв защитных дамб, по технически характеристикам не превышающих IV класс, может привести к многомиллиардному ущербу.

В связи с этим, крайне важно, чтобы служба эксплуатации имела достаточную квалификацию для оперативного выявления опасных деформаций сооружения, локализации и ликвидации аварийных ситуаций.

Для этого необходимо, чтобы на каждом гидротехническом сооружении были разработаны в обязательном порядке и утверждены проект мониторинга безопасности ГТС, инструкция по ведению мониторинга, а также план локализации и ликвидации аварийных ситуаций.

На фоне исключения необходимости в разработке декларации безопасности на стадии эксплуатации для ГТС IV класса опасности, встает вопрос с подтверждением класса.

В соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 02 ноября 2013 года № 986 «О классификации гидротехнических сооружений» [4], все гидротехнические сооружения подразделяются на 4 класса:

I класс - гидротехнические сооружения чрезвычайно высокой опасности;

II класс - гидротехнические сооружения высокой опасности;

III класс - гидротехнические сооружения средней опасности;

IV класс - гидротехнические сооружения низкой опасности.

Критериями классификации выступают:

* геометрические параметры ГТС (высота и тип грунта основания),
* назначения и условия эксплуатации;
* максимальный напор на водоподпорное сооружение;
* последствия возможных гидродинамических аварий.

Особенно интересен последний пункт, в большинстве случаев именно он влияет на отнесение ГТС к тому или иному классу. Более того, почти всегда ГТС IV класса опасности становятся III классом. А все из-за одного параметра – характеристика территории распространения чрезвычайной ситуации, возникшей в результате аварии гидротехнического сооружения. Для IV класса зона распространения должна быть в пределах территории одного хозяйствующего субъекта. А это практически невозможно, потому что у собственника ГТС на правах собственности или аренды есть максимум само сооружение и земля под ним. А значит, зона затопления априори выходит за границы территории одного субъекта. Материальные и людские потери достаточно полно характеризуют ущерб от аварии ГТС и без характеристики территории распространения чрезвычайной ситуации.

Остается вопрос - при повышении класса опасности, необходимо ли пересчитывать геометрические параметры сооружения, пропускную способность и т.п., если расчетные максимальные расходы воды принимаются исходя из ежегодной вероятности превышения (обеспеченности), устанавливаемой в зависимости от класса сооружений.

Но чтобы узнать наверняка, необходимо провести расчет вероятного вреда, который разрабатывается в соответствии с приказом Ростехнадзора от 29 марта 2016 года № 120 «Об утверждении Методики определения размера вреда, который может быть причинен жизни, здоровью физических лиц, имуществу физических и юридических лиц в результате аварии гидротехнического сооружения (за исключением судоходных и портовых гидротехнических сооружений)» (далее – Методика) [7].

Данная методика предназначена для определения размера вреда, оцениваемого на основании вероятных сценариев аварий ГТС, риск возникновения которых оценивается в декларации безопасности ГТС на основании действующих методик.

Результаты расчетов применяются при:

* назначении финансового обеспечения;
* классификации ЧС;
* определении класса ГТС;
* разработке декларации безопасности ГТС;
* организации деятельности в области защиты населения и территорий от ЧС;
* обосновании мер, направленных на предотвращение аварийных ситуаций и снижение расходов на возмещение ущерба.

Получается опять противоречие – расчет является одним из немногих документов, способных подтвердить отсутствие необходимости в декларировании, однако для него необходимы вероятности возникновения аварийных ситуаций, которые оцениваются в декларации.

Необходимыми исходными данными для расчета вреда являются данные проекта, в том числе основные чертежи, комплект документов декларирования ГТС, результаты проектных и изыскательских работ, оценки технического состояния и т.д, что отсутствует у большинства собственников ГТС.

Расчет вреда, в таком случае, может заменить саму декларацию безопасности, хотя изначально является ее приложением. Это в декларации должны содержаться основные сведения по текущему состоянию ГТС, соответствии фактических характеристик проектным и критериальным. Это в декларации делается оценка безопасности гидротехнических сооружений с определением уровня безопасности.

Далее в п. 14 данной методики [7] указано, что выполнению расчета вероятного вреда предшествует обоснование сценариев реализации наиболее вероятной и наиболее тяжелой аварий ГТС, на начальном этапе которого производится идентификация опасностей ГТС, включающая:

* предварительный анализ опасностей ГТС;
* разработку перечня возможных процессов и событий, приводящих к аварии ГТС;
* формирование перечня основных возможных сценариев аварий ГТС;
* ранжирование основных сценариев возникновения и развития аварий и ЧС на ГТС по уровню риска для обслуживающего персонала, населения, имущества физических и юридических лиц, природной среды;
* выбор направлений деятельности по анализу риска аварий ГТС.

Этот пункт также идет вразрез с областью применения данной методики.

Соответственно можно сделать вывод, что даже при малейшем желании органов надзора можно найти то, к чему придраться в расчете вреда и затянуть его согласование.

Кстати про согласование, как ни странно, согласованием расчета вреда, который может быть причинен жизни, здоровью физических лиц, имуществу физических и юридических лиц в результате аварии гидротехнического сооружения (за исключением судоходных и портовых гидротехнических сооружений) занимается не Ростехнадзор, который утвердил данную методику, а в основном Министерство природных ресурсов. При этом при утверждении декларации безопасности, обязательным приложением к которой является расчет вреда, в Ростехнадзоре, последние могут выявить ошибки в расчете и обязать провести пересогласование после устранения замечаний, что в свою очередь повлечет перенос сроков утверждения декларации и выдачи разрешения на эксплуатацию.

В отечественной практике существуют два основных метода оценки уровня риска аварий ГТС:

* метод экспертных оценок (детерминированная оценка возможного риска аварий).
* метод расчета надежности сооружений с оценкой риска аварий (вероятностный метод).

Наиболее широкое распространение получил ГОСТ Р 22.2.09-2015 «Экспертная оценка уровня безопасности и риска аварий гидротехнических сооружений», разработанный Открытым акционерным обществом «Комплексный научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт водоснабжения, канализации, гидротехнических сооружений и инженерной геологии» (ОАО «НИИ ВОДГЕО») и Федеральным государственным бюджетным учреждением «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (Федеральный центр науки и высоких технологий) [ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ)] [15], который также рекомендован к использованию методикой [7].

Настоящий стандарт предназначен для использования в ходе деятельности в области предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, при экспертной оценке уровня безопасности и риска аварий гидротехнических сооружений (далее - ГТС) водохозяйственного и промышленного назначения, а также при декларировании их безопасности, экспертизе декларации безопасности, страховании рисков аварий, подготовке сведений для формирования Российского регистра гидротехнических сооружений, разработке паспортов безопасности и др. На основе экспертного анализа и сопоставления всей совокупности факторов, влияющих на надежность и безопасность ГТС, дается количественная оценка опасности аварий, уязвимости, риска, включая возможный ущерб при аварии. Такой подход позволяет выполнить интегральную количественную оценку этих показателей.

Согласно ГОСТ Р 22.2.09-2015 [15], опасность аварии на ГТС определяется следующими показателями:

* превышение принятых при обосновании конструкции сооружения природных нагрузок и воздействий;
* обоснованность и соответствие проектных решений современным нормативным требованиям;
* соответствие проекту конструкции сооружения, технологии его возведения и свойств материалов сооружения и основания;
* соответствие проекту условий эксплуатации сооружения и условий проведения мониторинга его состояния безопасности.

Уровень уязвимости ГТС определяется их восприимчивостью, а также восприимчивостью окружающей среды (в зоне влияния сооружения) к воздействию факторов опасности.

Принимаются следующие показатели уязвимости ГТС:

* состояние сооружения (по данным мониторинга);
* состояние окружающей среды в зоне влияния ГТС (по данным мониторинга);
* готовность организации, эксплуатирующей ГТС к предупреждению, локализации и ликвидации ЧС;
* организация эксплуатации ГТС (соблюдение требований безопасной эксплуатации).

Интегральная количественная оценка уязвимости ГТС характеризуется коэффициентом уязвимости, который, как и коэффициент опасности, представляет собой долю от наиболее неблагоприятной обстановки на объекте по сочетанию показателей уязвимости. Оценка риска аварий производится на основании экспертного анализа степени опасности аварии и степени уязвимости ГТС. Коэффициент риска аварии оценивается по принципу пересечения этих событий и количественно выражается коэффициентом риска аварии:

*Dа* = λ×ν,

где λ – коэффициент опасности для ГТС; ν – коэффициент уязвимости ГТС. Коэффициенты опасности и уязвимости определяются для каждого события по таблицам, представленным в ГОСТе [15]. Физический смысл коэффициента *Dа* состоит в том, что он представляет собой меру опасного воздействия на ГТС с установленной степенью уязвимости. Уровень безопасности ГТС оценивается по величине этого коэффициента, характеризующего суммарную дозу вредных воздействий в соответствии с данными, приведенными в таблице 1.

**Таблица 1 – Классификация уровня безопасности ГТС по значению дозы вредного воздействия *Dа***

|  |  |
| --- | --- |
| Уровень безопасности ГТС | Доза вредного воздействия *Dа* |
| Нормальный  | Не более 0,15 |
| Пониженный  | Свыше 0,15, но не более 0,3 |
| Неудовлетворительный  | Свыше 0,3, но не более 0,5 |
| Опасный  | Более 0,5 |

В области значений *Dа* ≤ 0,15 уровень безопасности ГТС оценивается как нормальный. Сооружение удовлетворяет всем проектным требованиям по назначению и конструктивной надежности, а также современным нормативным требованиям. Дальнейшая эксплуатация сооружений и оборудования возможна без проведения каких-либо технических или организационных мероприятий по повышению безопасности при обеспечении мониторинга безопасности и своевременном выполнении плановых ремонтно-профилактических работ.

В области значений 0,15< *Dа* ≤0,30 уровень безопасности ГТС оценивается как пониженный. Имеются отклонения от правил безопасной эксплуатации, которые не препятствуют возможности выполнения сооружением заданных эксплуатационных функций. Дальнейшая безопасная эксплуатация сооружения в проектном режиме возможна при обязательном выполнении в согласованные (установленные) органами государственного надзора сроки мероприятий по повышению уровня безопасности, конкретный перечень которых вытекает из анализа факторов, обусловливающих максимальные значения показателей опасности и уязвимости.

При 0,30< *Dа* ≤0,50 уровень безопасности ГТС оценивается как неудовлетворительный. Имеются отклонения от проектного состояния и нарушения правил безопасной эксплуатации, которые могут привести к возникновению аварийной ситуации. Дальнейшая эксплуатация сооружения в проектном режиме недопустима без проведения в установленные органами государственного надзора сроки тех или иных технических (вплоть до капитального ремонта, замены оборудования и др.) и организационных мероприятий по снижению риска аварий и восстановлению нормального уровня безопасности на основе анализа факторов, обусловливающих максимальные значения показателей опасности и уязвимости. К проведению такого анализа и разработке мероприятий по повышению уровня безопасности, как правило, должны привлекаться специализированные научно-исследовательские и проектные организации.

Значения параметра *Dа* >0,50 свидетельствуют об аварийной ситуации, уровень безопасности ГТС оценивается как опасный. В этом случае дальнейшая эксплуатация сооружения в проектном режиме по условиям риска аварии недопустима и должна осуществляться в соответствии с требованиями [1].

При уровне безопасности ГТС - опасный, необходимо незамедлительно информировать органы государственного надзора, и, в соответствии с полученным предписанием, ввести ограничения на режим эксплуатации (снижение уровня верхнего бьефа и др.), разработать и утвердить временные правила эксплуатации. Мероприятия по восстановлению нормального уровня безопасности должны выполняться на основании анализа факторов, обусловливающих возникновение аварийной ситуации, с обязательным привлечением специализированных организаций. После проведения необходимых мероприятий перевод сооружений вновь в проектный режим эксплуатации должен быть согласован с органами государственного надзора за безопасностью ГТС.

Расчеты дозы вредного воздействия *Dа* позволяют не только определять уровень безопасности ГТС, но и оценивать вероятность возникновения аварии *Pа* (ГТС):



где *Dk –* критическое (опасное) значение дозы вредного воздействия;

*Dдоп –* допустимое значение дозы вредного воздействия, выше которого не обеспечивается нормальный уровень безопасности ГТС;

β *–* коэффициент вероятности, зависящий от класса ГТС.

**Таблица 2 – Допустимые значения вероятностей возникновения аварий на напорных ГТС I – IV классов опасности *P*доп и значения коэффициента β**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Класс сооружения | Допустимое значение вероятности аварии ГТС *P*доп, 1/год | Значение коэффициента вероятности β |
| I | 5×10-5 | 2,75 |
| II | 5×10-4 | 2,25 |
| III | 2,5×10-3 | 2,00 |
| IV | 5×10-3 | 1,80 |

ГОСТ Р 22.2.09-2015 удобен в применении, результаты достаточно полно учитывают фактическое состояние сооружения, результат оценки риска объективен, но только для тех ГТС, у которых сохранилась проектная документация. Для определения коэффициента опасности необходимо сравнивать текущее состояние ГТС с проектным. У большинства ГТС IV класса, а иногда и у III, проектная документация отсутствует. В таком случае даже при технически работоспособном состоянии сооружения уровень безопасности будет неудовлетворительным. Как минимум применять данный ГОСТ будет некорректно. Но при наличии утвержденных критериев безопасности – вполне возможно было бы сравнивать не проектные, а диагностические показатели.

 После определения риска возникновения аварий на ГТС, необходимо выбрать наиболее вероятную и наиболее тяжелую по последствиям аварию, для которых и будет проведен расчет вреда.

С учетом того, что для определения класса сооружения, а также для страхования ответственности владельца опасного объекта [2] будут использованы только результаты расчета для наиболее тяжелой аварии, смысл определения ущерба для наиболее вероятной аварии отсутствует. Более того, спрогнозировать последствия такой аварии намного проще – для грунтовых плотин практически всегда это авария с разрушением напорного фронта и образованием волны прорыва, какой бы ни была вероятность ее возникновения (для других гидротехнических сооружений также можно довольно легко выбрать одну аварию, которая будет иметь максимальный ущерб). Мы сможем спрогнозировать зону затопления и гидродинамические параметры потока, а также основные составляющие ущерба [7]:

* физических лиц, являющихся работниками ГТС, при исполнении ими служебных обязанностей на территории ГТС;
* количества людей, которые могут быть травмированы и нуждаться в госпитализации, кроме физических лиц, являющихся работниками ГТС, при исполнении ими служебных обязанностей на территории ГТС;
* количества работников ГТС, которые могут погибнуть и пропасть без вести при исполнении ими служебных обязанностей на территории ГТС;
* количества работников 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, затопления и гибели лесов, ущерба природной среде, а также ущерба, вызванного нарушением водоснабжения из-за аварий водозаборных сооружений, ущерба объектам водного транспорта и рыбному хозяйству;
* расходов на ликвидацию последствий аварий ГТС.

Такой подход значительно упростит проведение расчета, без потери его качества. Для гидротехнических сооружений, ранее не декларировавшихся, для определения необходимости декларирования или ее отсутствия мы учитываем только максимальный вред. Если он при максимальных параметрах равен нулю, то сооружение не подлежит декларированию, данные не вносятся в Российский регистр гидротехнических сооружений, разрешение на эксплуатацию не получается. Собственник ГТС сможет и дальше эксплуатировать ГТС, не реже, чем раз в 5 лет подтверждая отсутствие вреда. При этом в определении риска возникновения аварии нет смысла – даже если она произойдет в ближайшее время, ущерб будет нулевым. Если же авария приведет к возникновению чрезвычайной ситуации, такое гидротехническое сооружение попадет под действие Федерального закона № 117-ФЗ, появится необходимость в разработке декларации безопасности ГТС, в которой и будут более подробно рассмотрены все возможные аварийные ситуации и произведена оценка риска.

Но это не единственный пункт, осложняющий проведение расчета вреда.

Определение числа погибших и пострадавших среди населения постоянного проживания проводится в соответствии с п. 65 Методики, в котором указывается, что при отсутствии в зоне аварийного воздействия городских и сельских поселений, средняя плотность населения постоянного проживания принимается равной 5% от средней плотности населения субъекта Российской Федерации. Это означает, что даже если ГТС находится, образно говоря, в лесу в Тайге, мы все равно должны учесть, что кто-то может попасть в зону затопления, которая, как мы выяснили, изначально выходит за территорию хозяйствующего субъекта.

Соответственно, получить IV класс опасности становится практически невозможным, так как даже при учете уменьшающих коэффициентов, как минимум 1 человек попадет в зону возможного воздействия.

Ущерб, вызванный нарушением водоснабжения, определяется в соответствии с п. 101 Методики, а именно:

И8 = Свр×Vв×(SАВ/Sсуб) ×(tв/Tгод),

где: Свр – ставка платы за забор (изъятие) водных ресурсов из поверхностных водных объектов;

Vв – объем использованной свежей воды в субъекте РФ;

Sсуб – площадь территории субъекта Российской Федерации;

SАВ – площадь зоны аварийного воздействия;

tв – число дней, необходимое на восстановление водоснабжения, принимаемое равным 25 дням;

Tгод – число дней в году расчета вероятного вреда.

При этом Vв×(SАВ/Sсуб) соответствует объему использованной свежей воды в зоне аварийного воздействия. Получаем, что ущерб И8 равен ущербу, который получит собственник ГТС от невозможности изъять уже оплаченную воду, а не ущерб третьим лицам от нарушения водоснабжения, и совершенно не учитываются затраты на аварийное водоснабжение населения.

# В ранее отмененном РД 03-626-03 «Методика определения размера вреда, который может быть причинен жизни, здоровью физических лиц, имуществу физических и юридических лиц в результате аварии гидротехнического сооружения» в подобном пункте учитывались данные по количеству жителей, снабжавшихся водой из *i*-го водозабора, число дней аварийного водоснабжения, а также суточные затраты на организацию аварийного водоснабжения на каждого жителя.

Стоит отметить, что теперь ущерб из-за нарушения водоснабжения редко превышает 200 рублей, при том, что без воды может остаться целая деревня. Ранее ущерб на этом же объекте по соответствующему пункту составлял более 100 тысяч рублей.

Ущерб объектам водного транспорта определяется по формуле:

И9 = β3× Сакв × Sвт,

где: β3 – коэффициент, учитывающий возможные повреждения на объектах водного транспорта при неконтролируемой сработке водохранилища (принимается β3 = 10);

Сакв – ставка платы за использование акватории водохранилища;

Sвт – площадь акватории водохранилища, используемая водным транспортом.

Сакв измеряется в тыс. рублей за км2 в год.

В данном случае формула не учитывает период t, на который будет нарушено судоходство. За счет этого выплаты объектам водного транспорта многократно увеличиваются. Необходимо ввести дополнительный показатель t/Tгод, который бы отразил временный характер нарушения. При этом если остановка судоходства продлится более года, ущерб пропорционально возрастет.

Кроме того, при согласовании расчета вреда часто возникают вопросы по учету ущерба водоему от загрязнения телом плотины, размытым при аварии. С учетом того, что большинство грунтовых плотин возведено из местных материалов, тогда необходимо учитывать и размыв берегов волной прорыва.

В п. 108 Методики [7] указано, что ущерб от сброса загрязняющих веществ в природные воды (доминантный вид ущерба природной среде при гидродинамической аварии ГТС гидроузлов и плотин (дамб) водохозяйственных объектов) складывается из трех основных составляющих: ущерб природным водам в результате смыва волной прорыва загрязняющих веществ (далее - ЗВ) с селитебных территорий, ущерб природным водам в результате затопления и разрушения систем канализации, ущерб от сброса нефтепродуктов из разрушенного при аварии ГТС оборудования гидроэлектростанций или предприятий и хранилищ нефтепромышленного комплекса. При этом нормативы платы за сброс одной тонны ЗВ установлены постановление Правительства Российской Федерации от 13 сентября 2016 года № 913 «О ставках платы за негативное воздействие на окружающую среду и дополнительных коэффициентах» [3], и в них отсутствуют какие бы то ни было грунты.

В целом можно сделать вывод, что «Методика определения размера вреда, который может быть причинен жизни, здоровью физических лиц, имуществу физических и юридических лиц в результате аварии гидротехнического сооружения (за исключением судоходных и портовых гидротехнических сооружений)» [7] требует существенных доработок.

При разработке декларации безопасности необходимо руководствоваться требованиями постановления Правительства РФ от 6 ноября 1998 года № 1303 «Об утверждении Положения о декларировании гидротехнических сооружений» [5], а также следующими приказами:

* приказ Ростехнадзора от 02 июля 2012 года № 377 «Об утверждении формы декларации безопасности гидротехнических сооружений (за исключением судоходных гидротехнических сооружений» [8];
* приказ Ростехнадзора от 03 ноября 2011 года № 625 «Об утверждении Дополнительных требований к содержанию деклараций безопасности гидротехнических сооружений и методики их составления, учитывающих особенности декларирования безопасности гидротехнических сооружений различных видов в зависимости от их назначения, класса, конструкции, условий эксплуатации и специальных требований к безопасности» [9].

В данные документы уже неоднократно вносились изменения, поэтому благодаря им можно подробно описать текущее состояние ГТС, службу эксплуатации и другие вопросы, касающиеся безопасной эксплуатации гидротехнических сооружений.

В декларации должны быть учтены следующие требования [5]:

* полнота и достоверность данных о ГТС;
* всестороннее и полное выявление степени опасности и разработка сценариев возможных аварий и повреждений;
* обоснованность применяемых методов анализа, достаточность выполненных оценок риска и уровня безопасности гидротехнического сооружения с учетом его класса;
* полнота учета всех факторов, влияющих на результаты оценки безопасности;
* эффективность и достаточность реализованных и планируемых мер по обеспечению безопасности.

Как уже говорилось ранее, декларация безопасности ГТС является основным документом, в котором определяются меры по обеспечению безопасности гидротехнических сооружений. В ней содержатся сведения о соответствии фактического состояния проектному, критериям безопасности и действующим нормам и правилам в области локализации и ликвидации аварийных ситуаций.

Критерии безопасности должны разрабатываться на стадии проектирования гидротехнического сооружения, а далее уточняться во время эксплуатации.

Для определения критериальных значений используется «Инструкция о порядке определения критериев безопасности и оценки состояния гидротехнических сооружений накопителей жидких промышленных отходов на поднадзорных Госгортехнадзору России производствах, объектах и в организациях», утвержденная постановлением от 04 февраля 2002 года № 10 Федерального горного и промышленного надзора России [14].

Как следует из названия, данная инструкция должна распространять свое действие только на накопители, но за отсутствием других инструкций она также применяется и для других видов гидротехнических сооружений.

Оперативная оценка состояния гидротехнических сооружений должна производиться на основе сравнения количественных критериальных значений диагностических показателей с результатами измерений этих же показателей и качественных критериальных значений диагностических показателей с результатами осмотров.

Критерии безопасности гидротехнических сооружений разделяются на 2 уровня:

**К1** – первый (предупреждающий) уровень значений диагностических показателей, при достижении которого устойчивость, механическая и фильтрационная прочность ГТС и его основания, а также пропускная способность водосбросных и водопропускных сооружений еще соответствует условиям нормальной эксплуатации;

**К2** – второй (предельный) уровень значений диагностических показателей, при превышении которых эксплуатация ГТС в проектных режимах недопустима.

Одним из основных диагностических показателей для напорных сооружений является отметка гребня. На этом показателе хотелось бы остановиться подробнее.

Согласно СП 39.13330.2012 «Плотины из грунтовых материалов» [10], отметку гребня плотины следует назначать на основе возвышения его над расчетным уровнем воды (форсированном подпорном уровне) или другом уровне, относимым к особым сочетаниям нагрузок и воздействий. Запас для всех плотин должен быть не менее 0,5 м. При проектировании постоянных речных гидротехнических сооружений расчетные максимальные расходы воды надлежит принимать исходя из ежегодной вероятности превышения (обеспеченности), устанавливаемой в зависимости от класса сооружений.

**Таблица 3 – Ежегодные вероятности *P*, %, превышения расчетных максимальных расходов воды**

|  |  |
| --- | --- |
| Расчетные случаи | Классы сооружений |
| I | II | III | IV |
| Основной | 0,1 | 1,0 | 3,0 | 5,0 |
| Поверочный | 0,01 | 0,1 | 0,5 | 1,0 |

Расчетный расход воды, подлежащий пропуску в процессе эксплуатации через постоянные водопропускные сооружения гидроузла, следует определять исходя из расчетного максимального расхода с учетом трансформации его создаваемыми для данного гидротехнического сооружения или действующими водохранилищами и изменения условий формирования стока, вызванного природными причинами и хозяйственной деятельностью в бассейне реки [9].

Пропуск расчетного расхода воды для основного расчетного случая должен обеспечиваться, как правило, при НПУ через все эксплуатационные водопропускные сооружения гидроузла при полном их открытии [9].

Максимальные расходы за последние годы увеличились в результате глобального изменения климата, вырубки лесов, к тому же паводковые уровни повысились за счет уменьшения пропускной способности русел рек в связи с застройкой прирусловых участков поймы, заторно-зажорных явлений, заиления русла. Увеличения расходов приводит к возрастающей нагрузке на гидротехнические сооружения - водопропускные сооружения не рассчитаны на пропуск увеличенных расходов, превышения отметки гребня над уровнем воды недостаточно. А с учетом того, что на сооружениях зачастую отсутствуют высотные марки, отметка гребня не контролируется, осадка может достигать десятков сантиметров. В этом случае авария ГТС с переливом воды через гребень и последующим его разрушением становится все более актуальной.

Со времени строительства большинства гидротехнических сооружений прошло порядка 30-50 лет, за это время отечественные гидрологи успели накопить гидрологические характеристики для большинства бассейнов рек, которых не было ранее. Органам надзора необходимо обеспечить «доставку» этих сведений от гидрологов к собственникам ГТС, чтобы последние смогли предпринять меры к обеспечению надежной эксплуатации сооружений.

Важным диагностическим показателем для водосбросных сооружений является их максимальная пропускная способность. При ее снижении (заиление водосбросных отверстий, некорректная работа затворов, наличие крупногабаритного мусора и т.п.) также увеличивается вероятность перелива через гребень плотины.

В соответствии с вышесказанным, критерии безопасности должны быть разработаны на всех гидротехнических сооружениях вне зависимости от класса сооружения или необходимости декларирования в обязательном порядке. Органам надзора необходимо обеспечить обновление методической и нормативной базы для их определения и утверждения.

К основным нормативно-техническим документам в области безопасности ГТС также относится Свод правил «Гидротехнические сооружения. Основные положения» (СП 58.13330.2012) [9].

В СП 58.13330.2012 устанавливаются общие требования к безопасности ГТС на стадии строительства и эксплуатации. В частности при эксплуатации ГТС для обеспечения их безопасности должен быть организован постоянный и периодический контроль технического состояния сооружения, определены критерии безопасности и их количественные показатели с периодичностью не реже одного раза в 5 лет. Для речных ГТС безопасность обеспечивается при пропуске максимальных расходов через водосбросные сооружения в соответствии с проектной документацией.

Мониторинг безопасности гидротехнических сооружений – это совокупность постоянных (непрерывных) наблюдений за состоянием безопасности гидротехнических сооружений и характером воздействия опасных факторов на окружающую среду [13].

«Методические рекомендации по составлению проекта мониторинга безопасности гидротехнических сооружений на поднадзорных Госгортехнадзору России производствах, объектах и в организациях» РД 03-417-01, утвержденные постановлением Госгортехнадзора России от 04 января 2001 года № 27 [13], предусматривают рекомендуемый порядок разработки, утверждения и состав проектной документации по мониторингу безопасности гидротехнических сооружений (ГТС), объектах и в организациях, осуществляющих проектирование, строительство, реконструкцию, ввод в эксплуатацию, эксплуатацию, вывод из эксплуатации и консервацию ГТС накопителей жидких промышленных отходов.

Состав документации по ведению мониторинга должен включать:

* проект мониторинга безопасности;
* инструкцию о порядке ведения мониторинга безопасности ГТС;
* Аналитические сведения по результатам ведения мониторинга.

Объектами мониторинга могут являться ГТС, технологические процессы, происходящие на сооружениях, служба эксплуатации, документация и т.п.

Мониторинг должен проводиться с целью:

* постоянного контроля показателей работы сооружений, технического состояния и безопасности;
* регистрации всех случаев отказов в работе;
* проведения мероприятий по поддержанию и восстановлению работоспособности.

Мониторинг безопасности и комплексные натурные наблюдения ГТС должны проводиться персоналом необходимой квалификации, аттестованным на проведение данного вида работ. Для проведения указанных работ могут привлекаться специализированные организации.

С учетом того, что методика была разработана для накопителей жидких промышленных отходов, она содержит данные и примеры только для данных сооружений. По аналогии можно выполнить проект мониторинга для земляных дамб, но для остальных сооружений (водопропускных, водозаборных, берегоукреплений и т.п.) выполнить будет проблематично, в особенности для собственников ГТС, у которых отсутствует квалифицированная служба эксплуатации.

«Инструкция о порядке ведения мониторинга безопасности гидротехнических сооружений предприятий, организаций, подконтрольных органам Госгортехнадзора России» РД 03-259-98 [12], утвержденная постановлением Госгортехнадзора России от 12 января 1998 года № 2, определяет цели, задачи, функции и структуру мониторинга безопасности гидротехнических сооружений, а также устанавливает порядок его осуществления при их эксплуатации.

Инструкция по ведению мониторинга безопасности определяет основные функции системы мониторинга только для промышленных гидротехнических сооружений (накопители промышленных отходов, такие как хвостохранилища, шламохранилища, гидроотвалы, пруды-отстойники и т.п.) и описывает их основные технологические процессы (технология складирования (намыва) шламов, технология осветления и оборота технической воды и т.п.).

Необходимо также переработать данную инструкцию с целью дополнения сведений в ней по другим гидротехническим сооружениям водохозяйственного, мелиоративного и др. назначения.

Разработке декларации безопасности ГТС предшествует проведение обследования с составлением акта преддекларационного обследования [5].

В случае если участниками обследования (представители собственника или эксплуатирующей организации, с обязательным участием представителей органа надзора) установлено, что возможные повреждения не приведут к возникновению ЧС (по результатам проведения расчета вероятного вреда), декларирование безопасности такого ГТС не проводится, о чем вносится запись в соответствующий пункт акта.

# 3 Обеспечение надежности и безопасности ГТС водохозяйственного назначения

 Основные факторы, влияющие на надежную работу ГТС, могут быть условно разбиты на три основные группы: проектные, строительные и эксплуатационные. Наибольшее число аварий и дефектов происходит из-за качества работ и используемых материалов и конструкций при строительстве.

Исследованные отечественными учеными (Ц. Е. Мирцхулава, В. Н. Щедрин, Ю. М. Косиченко, А. В. Колганов и др.) причины появления дефектов сооружений и снижения их надежности в процессе проектирования, возведения и эксплуатации позволяют указать основные факторы, влияющие на надежность сооружений [16-18]:

* недостаточный учет эксплуатационных факторов при проектировании;
* отсутствие экспериментальных данных о фактических темпах износа и действительных физико-механических свойствах некоторых строительных материалов в период эксплуатации;
* отсутствие надлежащего авторского надзора за качеством производства работ;
* нарушение технических условий при производстве строительных работ;
* отступление от проектных решений;
* отклонение или неправильная установка элементов при монтаже, некачественное выполнение стыков, отсутствие монтажных связей;
* несоблюдение технических условий производства работ в зимнее время;
* коррозия металлических деталей и металла стыков, образование трещин в железобетонных элементах (особенно для объектов, которые долгое время находились в ряду незавершенных);
* отсутствие должной системы планово-предупредительных ремонтов эксплуатируемого сооружения;
* возраст сооружения, большие износы основных конструкций;
* нарушение правил эксплуатации.

Для каждого этапа жизненного цикла сооружения, будь то проектирование, возведения, техническое обслуживание, ремонт или реконструкция, присущ свой круг задач, но все они имеют общую цель – обеспечение нормативных значений параметров. От того, как запроектировано и построено сооружение, будут зависеть условия и проблемы его эксплуатации. В свою очередь, данные по условиям эксплуатации построенных ГТС должны обязательно анализироваться для совершенствования проектирования, строительства и эксплуатации создаваемых ГТС.

По данным Центрального управления Ростехнадзора, основными нарушениями при эксплуатации гидротехнических сооружений водохозяйственного комплекса являются:

* отсутствие технической документации (технических проектов, местных инструкций по эксплуатации, должностных инструкций, генеральных планов гидроузла, графиков пропускной способности, схем маневрирования затворами и т.д.);
* не обеспечена необходимая квалификация работников;
* не проводится аттестация специалистов в области безопасности ГТС;
* отсутствуют утвержденные в установленном порядке декларация безопасности, критерии безопасности;
* не проведено преддекларационное обследование;
* отсутствует разрешение на эксплуатацию;
* отсутствуют согласованные правила эксплуатации ГТС;
* отсутствует договор обязательного страхования;
* не обеспечивается проектная пропускная способность ГТС;
* допускается заиление и зарастание земляных элементов;
* допускается подтопление фильтрационными водами прилегающих земель;
* не ведутся систематические визуальные и инструментальные наблюдения за ГТС;
* отсутствует аварийный запас строительных материалов;
* отсутствуют контрольно-измерительные приборы и аппаратура.

Техническая эксплуатация сооружений – это комплекс технических мер, направленных на поддержание в них эксплуатационных качеств на заданном уровне в течение не менее установленного срока службы. Эксплуатационные качества сооружений определяют его надежность.

Эксплуатацию сооружений организует эксплуатационная служба объекта. Задача службы эксплуатации – поддерживать сооружения в исправном состоянии, пригодном для использования по назначению. Служба эксплуатации, отвечающая за сохранность сооружений, должна обладать достаточными знаниями и навыками.

Общий перечень контролируемых технологических и технических показателей сооружений при эксплуатации следующий:

* гидравлические показатели (расход, напор, скорость потока, гидравлический режим работы и т.д.);
* технические показатели (надежность, прочность, устойчивость, морозостойкость, водопроницаемость и т.д.);
* конструктивные показатели (тип сооружения, конструкция входной, выходной и водопроводящей частей и их техническое состояние).

Системой эксплуатации определяется следующий обязательный перечень технической документации для каждого ГТС:

* технический паспорт, рабочие чертежи;
* инструкция по эксплуатации конкретного сооружения;
* служебные и технические журналы;
* графики технических осмотров, проведения учений, подготовки к пропуску паводков и др.;
* проект мониторинга безопасности ГТС и инструкция по его ведению;
* декларация безопасности;
* критерии безопасности;
* отчетная документация по всем видам ремонтов.

При эксплуатации ГТС водохозяйственного назначения должны выполняться следующие виды работ: технологическое обслуживание, направленное на эффективное использование ГТС по назначению, и техническое обслуживание, направленное на поддержание ГТС в исправном состоянии, на производство текущих и капитальных ремонтов, обеспечивающих работу сооружений в проектном режиме с нормальным уровнем безопасности. На стадии эксплуатации должно осуществляться управление технологическим и техническим обслуживанием.

Эксплуатация гидротехнических сооружений может осуществляться с привлечением специализированных организаций для выполнения некоторых работ (геодезическая съемка, водолазное обследование и т.д.).

Эксплуатационный контроль необходимо осуществлять с целью получения информации о фактическом состоянии сооружений по следующим показателям:

* геометрическим параметрам сооружений;
* действующему напору;
* пропускной способности;
* условиям сопряжения бьефов

Эксплуатационный контроль сооружений должен включать получение первичной информации о фактическом состоянии ГТС, сравнение первичной информации с заранее установленными требованиями и получение вторичной информации о расхождении фактических данных с проектными. Сбор первичной информации должен проводиться по данным натурных инструментальных и визуальных наблюдений и должен включать количественные и качественные показатели состояния сооружения.

Первичная и вторичная информация должна заноситься в отчеты и использоваться как исходная информация для выполнения работ по техническому обслуживанию и ремонту.

Мероприятия по техническому обслуживанию ГТС должны осуществляться с учетом эксплуатационной документации, а также требований, установленных нормативно-техническими документами.

Производство ремонтных работ необходимо для поддержания и восстановления первоначальных параметров гидротехнических сооружений, отдельных конструктивных элементов и частей. В соответствии с ГОСТ 18322-78 выполняются следующие виды ремонтов:

* текущий;
* капитальный;
* аварийный.

К текущему ремонту ГТС относятся работы по устранению небольших повреждений и неисправностей, проводимые регулярно в течение года, как правило, без прекращения работы по специальным графикам. Затраты на текущий ремонт не должны превышать 20 % от первоначальной балансовой стоимости ремонтируемого объекта. К капитальному ремонту относятся работы, при проведении которых полностью или частично восстанавливаются ГТС, конструктивные элементы и части, осуществляется замена их на более прочные и экономичные. Стоимость капитального ремонта не должна превышать 50 % первоначальной балансовой (восстановительной) стоимости ремонтируемого объекта. При превышении 50 % балансовой стоимости объект подлежит реконструкции или восстановлению. Повреждения аварийного характера должны устраняться в первоочередном порядке.

Служба эксплуатации ГТС должна постоянно иметь аварийный запас строительных материалов.

Как показывает практика, авария на гидротехническом сооружении не происходит мгновенно, что позволяет вовремя при помощи КИА или регулярных наблюдений фиксировать отклонения от нормальной работы и принимать действия по предотвращению неисправностей.

Предельные состояния сооружений, по которым дается оценка надежности при эксплуатации, подразделяется на две группы:

* первая группа предельных состояний – состояния строительных объектов, наступление которых ведет к потере несущей способности конструкций сооружений;
* вторая группа предельных состояний – состояния, при наступлении которых нарушается нормальная эксплуатация сооружений или исчерпывается ресурс их долговечности.

К предельным состояниям первой группы относятся:

* потеря прочности (в том числе – фильтрационной);
* потеря устойчивости;
* явления, при которых возникает необходимость прекращения эксплуатации (например, чрезмерные деформации в результате деградации свойств материала, пластичности, а также чрезмерное раскрытие трещин).

К предельным состояниям второй группы относятся:

* образование предельных деформаций конструкций (предельные прогибы, углы поворота) или предельных деформаций оснований, устанавливаемых исходя из технологических, конструктивных или эстетико-психологических требований;
* достижение предельной ширины раскрытия трещин;
* другие явления, при которых возникает необходимость временного ограничения эксплуатации сооружения из-за неприемлемого снижения их эксплуатационных качеств или расчетного срока службы (например, коррозионные повреждения).

Перечень предельных состояний, которые необходимо учитывать при проектировании и эксплуатации сооружений устанавливаются в нормах на проектирование. Предельные состояния могут быть отнесены как к сооружению в целом, так и к отдельным его элементам. Для каждого предельного состояния, которое необходимо учитывать при проектировании, должны быть установлены соответствующие расчетные значения нагрузок и воздействий, характеристик материалов и грунтов, а также геометрические параметры конструкций сооружений (с учетом их возможных наиболее неблагоприятных отклонений), частные коэффициенты надежности, предельно допустимые значения усилий, напряжений, перемещений и осадок. Для каждого учитываемого предельного состояния должны быть установлены расчетные модели сооружения, его конструктивных элементов и оснований, описывающие их поведение при наиболее неблагоприятных условиях их возведения и эксплуатации.. Условия обеспечения надежности конструкций или оснований состоят в том, чтобы расчетные значения усилий, напряжений, деформаций, перемещений, раскрытий трещин не превышали соответствующих им предельных значений, устанавливаемых при проектировании. Предельно допустимые значения осадок перемещений сооружений следует устанавливать независимо от применяемых материалов. Расчет конструкций и оснований сооружений I и II класса опасности рекомендуется проводить на основе результатов специальных теоретических и экспериментальных исследований, проводимых на физических моделях.

На стадиях экспериментальной отработки, испытаний и эксплуатации роль показателей надежности выполняют статистические оценки соответствующих вероятностных характеристик. Недостаточный объем статистических данных, характеризующих надежность гидротехнических сооружений, существенно затрудняет определение параметров их надежности. Это зачастую рассматривается как серьезное препятствие для использования статистических методов. Используя теоретические основы и практический опыт технической эксплуатации для конкретных сооружений, с достаточной степенью достоверности можно определить количественные и качественные показатели надежности работы ГТС для оценки уровня безопасности их работы.

Сооружение считается безопасным в случае, когда показатели состояния сооружения и основания, непосредственно определяющие его прочность, устойчивость, водопропускную способность, превышение гребня над уровнем воды в водохранилище, соответствуют показателям, установленным действующими нормами проектирования гидротехнических сооружений.

Надежность гидротехнических сооружений определяется комплексными свойствами: безотказностью, долговечностью, ремонтопригодностью и сохраняемостью. Все эти понятия носят вероятностный характер.

Безотказность характеризуется вероятностью сооружения сохранять свою работоспособность в течение заданного времени при некоторых условиях эксплуатации.

Под долговечностью понимается свойство сооружения сохранять свои эксплуатационные показатели (работоспособность) в заданных пределах до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта (момента выхода его из строя).

Ремонтопригодность сочетает в себе совокупность времени и стоимости, необходимых для устранения повреждений или отказов. Она устанавливается технико-экономическими обоснованиями.

Сохраняемость – свойство объекта непрерывно находиться в исправном и работоспособном состоянии в течение эксплуатации, а также после хранения и транспортировки.

Потеря сооружениями или их элементами требуемых эксплуатационных качеств называется старением, или износом. Это понятие является обратным долговечности. Различают физическое старение, когда сооружение теряет свои первоначальные физико-технические свойства (прочность, устойчивость, обеспечение гашения избыточной энергии потока, водонепроницаемость, морозостойкость и т.д.) и моральное старение, когда наблюдается технологическое несоответствие современным требованиям и современному уровню научно-технического прогресса. В гидротехническом строительстве чаще срабатывает фактор физического старения и возникает необходимость проведения ремонтно-восстановительных работ или реконструкции сооружений. Основными факторами, влияющими на долговечность и продолжительность межремонтного периода, являются: уровень надежности технических решений, заложенный при составлении проекта; качество выполнения строительных работ; качество конструкций и материалов; уровень эксплуатации гидротехнических сооружений.

В целях повышения надежности сооружений и увеличения продолжительности межремонтного периода при составлении проектов и строительстве не следует:

* отступать от конструктивных схем, обоснованных расчетом;
* не в полной мере учитывать геологические, гидрогеологические, инженерно-геологические, климатические и технические или технологические характеристики;
* ослаблять авторский контроль со стороны проектировщиков и др.

При строительстве нельзя необоснованно отступать от проекта, допускать низкое качество строительно-монтажных работ, нарушать технологии, применять без должного обоснования строительные материалы, не предусмотренные в проекте. Эксплуатационный персонал должен иметь достаточный технический уровень подготовки, обеспечивать уход за сооружениями, систематически анализировать результаты наблюдений, своевременно проводить ремонтно-восстановительные работы.

Учет на стадии проектирования ГТС эксплуатационных требований позволяет обеспечить длительную сохранность конструктивных основных элементов ГТС и инженерного оборудования в исправном состоянии, снизить стоимость трудоемких ремонтных работ. Именно поэтому должны проводиться научные исследования по определению эксплуатационных качеств на отдельных сооружениях-представителях. Цель таких исследований – дать рекомендации по повышению безотказности водных объектов для обеспечения необходимой эксплуатационной надежности новых или реконструируемых ГТС. На основании теоретических проработок и опыта проектирования, строительства и эксплуатации определяются количественные значения показателей безотказности.

Предельное состояние может быть установлено не только по требованиям безопасности, но и по экономическим, техническим и другим показателям. На практике существуют различные мнения о выборе тех или иных показателей для оценки долговечности сооружений. При назначении срока службы сооружений должны учитываться технические и экономические показатели и факторы, определяющие долговечность сооружений. В практике гидротехнического строительства при назначении сроков службы сооружений учитываются основное их назначение и условия безопасности. В России принята классификация по капитальности и уровню ответственности, по которым определяется срок службы. В соответствии с СП 58.13330.2012 «Гидротехнические сооружения. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 33-01-2003», срок службы для сооружений I и II класса (повышенного уровня ответственности) – 100 лет, для III и IV класса (нормальный уровень ответственности) – 50 лет. Гидротехнические сооружения, находящиеся в эксплуатации более 25 лет, независимо от состояния должны один раз в 5 лет подвергаться комплексному анализу с оценкой их прочности, устойчивости и эксплуатационной надежности. Целесообразно проводить такой анализ во время декларирования ГТС.

Необходимо учесть, что долговечность того или иного гидротехнического сооружения определяется сроком службы основных конструктивных элементов. Кроме понятия нормативного срока службы, в практике используется понятие среднего срока службы. Средний срок службы сооружения в целом, так и отдельных элементов может быть обоснован статическими данными по отказам конструкций. Однако необходимо учитывать, что фактические сроки службы исследуемых конструктивных элементов могут быть как большими, так и меньшими, относительно среднего срока службы.

Опыт эксплуатации сооружений показывает, что в нормальных условиях большинство конструкций за нормативный срок службы не исчерпывает физико-механических качеств материалов и поэтому не полностью характеризуют свою долговечность. Технический срок службы конструкций сооружений почти всегда больше нормативного. Определение срока службы различных типов гидротехнических сооружений и на сегодняшний день представляет достаточно актуальную задачу для специалистов-гидротехников и требует дальнейшего исследования. Излишняя долговечность строительных элементов как в новом строительстве ГТС, так и при ремонтах будет связана с удорожанием строительства и реконструкции, а недостаточная долговечность – с удорожанием эксплуатации сооружений. Именно поэтому в настоящее время уделяется внимание не только долговечности сооружений, но и вопросам их ремонтопригодности и безотказности.

# Выводы

Согласно Федеральному закону № 117-ФЗ, собственник ГТС и эксплуатирующая организация несут ответственность за принятие надлежащих мер и наличие достаточных средств для обеспечения безопасности ГТС, независимо от источников их финансирования или этапа строительства, в том числе, возмещают ущерб, нанесенный в результате аварии или разрушения ГТС. На органы государственной власти возлагается ответственность за обеспечение безопасности населения, проживающих в бьефах плотин, путем принятия норм и правил безопасности ГТС, которыми должен руководствоваться собственник ГТС и/или эксплуатирующая организация.

Безопасность гидроузлов, особенно небольших, снижается в связи с отсутствием у большинства собственников гидротехнических сооружений проектной и эксплуатационной документации, что мешает оценить их состояние и безопасность, установить соответствие обеспеченности расчетных расходов водосбросов классу сооружений.

Важным фактором является также занижение максимальных расчетных сбросных расходов в проектах на основании непродолжительных гидрологических рядов наблюдений с неправильным выбором на этом основании модели расчетного гидрографа и других гидрологических характеристик. Гидрологические данные, накапливаемые за время эксплуатации ГТС, свидетельствуют о необходимости корректировки значений многих характеристик режима рек, особенно максимальных расходов, наиболее существенно отличающихся от принятых ранее и определяющих пропускную способность водосбросов.

Для достоверной оценки эксплуатационной надежности по безотказности гидротехнических сооружений должно быть введено систематическое наблюдение за качеством их эксплуатации, за сбором и обобщением данных о работе отдельных элементов и сооружений в целом и регистрацией отказов и их технического состояния в специальных журналах.

Многие нормативные и законодательные акты требуют значительных корректировок.

Критерии безопасности должны быть разработаны для всех гидротехнических сооружениях вне зависимости от их класса или необходимости декларирования. Органам надзора необходимо обеспечить обновление методической и нормативной базы для их определения и утверждения.

«Методика определения размера вреда, который может быть причинен жизни, здоровью физических лиц, имуществу физических и юридических лиц в результате аварии гидротехнического сооружения (за исключением судоходных и портовых гидротехнических сооружений)» [7] требует существенных доработок. Необходимо:

* откорректировать перечень исходных материалов;
* ввести определение ущерба только по наиболее тяжелому сценарию, примеры которого для всех видов гидротехнических сооружений должны быть приведены в приложении к методике;
* откорректировать пункты, где в формулах допущены ошибки;
* убрать необходимость проведения оценки риска для сценариев аварий, которая выполняется при декларировании.

Необходимо переработать методические рекомендации по составлению проекта мониторинга [13], а также инструкцию по ведению мониторинга [12] с целью дополнения сведений в них по всем гидротехническим сооружениям (водохозяйственного, мелиоративного и др. назначения).

Постановление Правительства № 986 [4] также требует внесения изменений.

Даже при отсутствии необходимости в декларировании ГТС, служба эксплуатации должна иметь минимальный необходимый набор документов для надежной эксплуатации сооружений, который должен быть законодательно утвержден.

Также необходимо обеспечить собственников гидротехнических сооружений гидрологическими характеристиками по водным объектам, на которых расположены их ГТС, с целью корректировки необходимого превышения гребня над максимальным уровнем воды, а так же для проверки обеспечения пропуска максимальных расходов через водосбросные сооружения.

Необходимо прояснить, необходимо ли при повышении класса опасности по результатам расчета вреда пересчитывать геометрические параметры сооружения, пропускную способность и т.п., если расчетные максимальные расходы воды принимаются исходя из ежегодной вероятности превышения (обеспеченности), устанавливаемой в зависимости от класса сооружений.

# Список литературы

1. Федеральный закон от 21.07.1997 № 117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений» (редакция, действующая с 01.01.2017).
2. Федеральный закон от 27.07.2010 № 225-ФЗ «Об обязательном страховании гражданской ответственности владельца опасного объекта за причинение вреда в результате аварии на опасном объекте» (редакция, действующая с 11.09.2017).
3. Постановление Правительства Российской Федерации от 13.09.2016 № 913 «О ставках платы за негативное воздействие на окружающую среду и дополнительных коэффициентах»
4. Постановлением Правительства Российской Федерации от 02.11.2013 № 986 «О классификации гидротехнических сооружений»
5. Постановление Правительства Российской Федерации от 06.11.1998 № 1303 «Положение о декларировании безопасности гидротехнических сооружений» (с изменениями на 09.11.2016).
6. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 29.01.2007 № 37 «О порядке подготовки и аттестации работников организаций, подконтрольных Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору».
7. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 29.03.2016 № 120 «Об утверждении Методики определения размера вреда, который может быть причинен жизни, здоровью физических лиц, имуществу физических и юридических лиц в результате аварии гидротехнического сооружения (за исключением судоходных гидротехнических сооружений)».
8. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 02.07.2012 № 377 «Об утверждении формы декларации безопасности гидротехнических сооружений (за исключением судоходных гидротехнических сооружений)» (с изменениями на 19.12.2014).
9. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 3.11.2011 № 625 «Об утверждении Дополнительных требований к содержанию деклараций безопасности гидротехнических сооружений и методика их составления, учитывающие особенности декларирования безопасности гидротехнических сооружений различных видов в зависимости от их назначения, класса, конструкции, условий эксплуатации и специальных требований к безопасности» (с изменениями на 20.10.2016).
10. СП 39.13330.2012 Плотины из грунтовых материалов. Актуализированная редакция СНиП 2.06.05-84\* (с Изменением №1).
11. СП 58.13330.2012. Гидротехнические сооружения. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 33-01-2003 (с Изменением №1).
12. РД 03-259-98 «Инструкции о порядке ведения мониторинга безопасности гидротехнических сооружений предприятий, организаций, подконтрольных Госгортехнадзору России», утвержденная постановлением Госгортехнадзора России от 12.01.1998 №2.
13. РД 03-417-01 «Методические рекомендации по составлению проекта мониторинга безопасности гидротехнических сооружений на поднадзорных Госгортехнадзору России производствах, объектах и в организациях», утвержденная постановлением Госгортехнадзора России от 04.07.01 №27.
14. РД 03-443-02 «Инструкция о порядке определения критериев безопасности и оценки состояния гидротехнических сооружений накопителей жидких промышленных отходов на поднадзорных Госгортехнадзору России производствах, объектах и в организациях», утвержденная постановлением Госгортехнадзора России от 04.02.02 №10.
15. ГОСТ Р 22.2.09-2015 «Экспертная оценка уровня безопасности и риска аварий гидротехнических сооружений».
16. Правила эксплуатации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений.
17. Рыбальский Н.Г., Думнов А.Д., Муравьева Е.В. Водное хозяйство и статистика // Использование и охрана природных ресурсов в России. – 2012. – №6.
18. Щедрин В.Н., Косиченко Ю.М., Шкуланов Е.И., Лобанов Г.Л., Савенкова Е.А., Кореновский А.М. Надежность и безопасность гидротехнических сооружений мелиоративного назначения. Научный обзор. – Новочеркасск, 2011.