

УДК 627.72 (083.75)

**СЕЙСМОБЕЗОПАСНОСТЬ НАПОРНЫХ  
ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ**

Волосухин Виктор Алексеевич  
д.т.н., профессор, Заслуженный деятель науки РФ,  
член ISSMGE, заведующий кафедрой «Строительная  
механика»  
ФГБОУ ВПО «Новочеркасская государственная  
мелиоративная академия», Новочеркасск, Россия  
тел. служебный: (8635) 25-05-25, факс: (8635) 26-  
60-26, e-mail: [volosukhin@yandex.ru](mailto:volosukhin@yandex.ru).

Приводится опыт надзора за безопасностью гидротехнических сооружений, действующего в нашей стране с 1971 г., и первых 15 лет Федерального закона РФ № 117-ФЗ от 21.07.1997 «О безопасности гидротехнических сооружений», когда поднадзорными стали ГТС энергетики, промышленности и водохозяйственного комплекса. Большинство (97 %) потенциально опасных ГТС Российской Федерации относятся к IV классу капитальности со сроком службы от 40 до 50 и более лет, где, как правило, отсутствует или малочисленна служба эксплуатации, недостаточное количество контрольно-измерительной аппаратуры. Мониторинг технического состояния подобных ГТС возможен с использованием передвижных, мобильных комплексов, оснащенных современным оборудованием (гидрологическим, геофизическим, геодезическим, механическим и др.). Безопасность ГТС во многом обусловлена уровнем квалификации эксплуатационного персонала. Для решения вопросов повышения их безопасности необходимо внесение поправок в действующее законодательство

Ключевые слова: ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ, БЕЗОПАСНОСТЬ, ПРОЧНОСТЬ, УСТОЙЧИВОСТЬ, ДОЛГОВЕЧНОСТЬ, СЕЙСМИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ, ПОВРЕЖДЕНИЕ ПЛОТИНЫ, АВАРИЙНАЯ СИТУАЦИЯ, КРИТЕРИИ БЕЗОПАСНОСТИ, УЩЕРБ, РЕКОНСТРУКЦИЯ

UDC 627.72 (083.75)

**SEISM SAFETY OF PRESSURE HEAD HYDRAULIC ENGINEERING CONSTRUCTIONS**

Volosoukhin Viktor Alekseevich  
Dr.Sci.Tech., professor, Honored worker of science of the Russian Federation, member of ISSMGE, head of the department of Construction mechanics  
FGBOU VPO «Novocherkassk state meliorative academy», Novocherkassk, Russia  
Phone office: (8635) 25-05-25, a fax: (8635) 26-60-26, e-mail: [volosukhin@yandex.ru](mailto:volosukhin@yandex.ru).

Experience of supervision of safety of the hydraulic engineering constructions, operating in our country since 1971, and the first 15 years of the Federal law of the Russian Federation No. 117-FZ from 21.07.1997 “About safety of hydraulic engineering constructions”, when persons under surveillance of GTS steel of power, the industry and a water economic complex is given. The majority (97 %) potentially dangerous GTS of the Russian Federation treat the IV class of solidity with service life from 40 to 50 and more years where, as a rule, is absent or the operation service, insufficient quantity of instrumentation is small. Monitoring of a technical condition of similar GTS is possible with use of the mobile, mobile complexes equipped with the modern equipment (hydrological, geophysical, geodetic, mechanical, etc.). Safety of GTS is in many respects caused by a skill level of the operational personnel. For the solution of questions of increase of their safety amending the current legislation is necessary

Keywords: HYDRAULIC ENGINEERING CONSTRUCTIONS, SAFETY, DURABILITY, STABILITY, DURABILITY, SEISMIC LOADINGS, DAM DAMAGE, EMERGENCY, CRITERIA OF SAFETY, DAMAGE, RECONSTRUCTION

Гидротехническими называют [1] сооружения, предназначенные для использования водных ресурсов (поверхностных и подземных вод), а также для борьбы с вредным воздействием вод (борьба с затоплением, подтоплением, защита от разрушения берегов водных объектов, заболачивания и других негативных воздействий).

В СНиП 33-01-2003 «Гидротехнические сооружения. Основные положения» [7] приведено более расширенное понятие гидротехнических со-

оружений: сооружения, подвергающиеся воздействию водной среды, предназначенные для использования и охраны водных ресурсов, предотвращения вредного воздействия вод, в том числе загрязненных жидкими отходами, включая плотины, здания гидроэлектростанций, водосбросные, водоспускные и водовыпускные сооружения, туннели, каналы, насосные станции, судоходные шлюзы, судоподъемники; сооружения, предназначенные для защиты от наводнений и разрушений берегов водохранилищ, берегов и дна русел рек; сооружения (дамбы), ограждающие золошлакоотвалы и хранилища жидких отходов промышленных и сельскохозяйственных организаций; устройства от размывов на каналах, сооружения морских нефтегазопромыслов и т.п.

### **Государственный надзор за безопасностью гидротехнических сооружений**

Опыту отраслевого надзора за безопасностью гидротехнических сооружений (далее – ГТС) в России около 40 лет и впервые он был введен для ГТС энергетики с разработкой Союзтехэнерго «Временного положения о надзоре за безопасностью гидротехнических сооружений электростанций» [2].

Под надзор было поставлено в СССР свыше 400 гидроузлов, обеспечивающих работу 216 ГЭС, 4 ГАЭС, 35 ТЭЦ, 72 ГРЭС и 9 АЭС.

Поднадзорными считались те ГТС, которые образуют водохранилища емкостью более 1 млн. м<sup>3</sup> или имеют напор воды более 10 м, а также, независимо от параметров ГТС, ГЭС мощностью более 5 тыс. кВт, ТЭС и АЭС мощностью более 100 тыс. кВт.

С введением Федерального закона № 117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений» [3] был расширен перечень поднадзорных ГТС (гидротехнические сооружения – плотины, здания гидроэлектростанций, водосбросные, водоспускные и водовыпускные сооружения, туннели,

каналы, насосные станции, судоходные шлюзы, судоподъемники; сооружения, предназначенные для защиты от наводнений, разрушений берегов и дна водохранилищ, рек; сооружения (дамбы), ограждающие хранилища жидких отходов промышленных и сельскохозяйственных организаций; устройства от размывов на каналах, а также другие сооружения, предназначенные для использования водных ресурсов и предотвращения негативного воздействия вод и жидких отходов), что сформулировано в статье 3 закона. МПР РФ приказом [4] констатировало, что подлежат декларированию безопасности ГТС IV класса капитальности при напоре на сооружении более 3 м и объемах водохранилища более 0,5 млн. м<sup>3</sup> [5].

С выходом Постановления Правительства РФ [6] ГТС поднадзорные Росприроднадзору были переданы Ростехнадзору.

На начало 2011 г. Ростехнадзору были поднадзорны 37176 комплексов ГТС промышленности, энергетики и водохозяйственного комплекса, в том числе 779 комплексов ГТС промышленности, 324 комплекса ГТС топливно-энергетического комплекса и 36073 ГТС водохозяйственного комплекса.

По федеральным округам РФ поднадзорные Ростехнадзору ГТС распределены следующим образом:

- Южный и Северо-Кавказский федеральные округа – 32,4 % (12066 комплексов ГТС);
- Центральный федеральный округ – 25,6 % (9541 комплекс ГТС);
- Приволжский федеральный округ – 22,3 % (8298 комплексов ГТС);
- Сибирский федеральный округ – 8,4 % (3101 комплекс ГТС);
- Уральский федеральный округ – 4,0 % (1459 комплексов ГТС);
- Северо-Западный федеральный округ – 3,7 % (1364 комплексов ГТС);
- Дальневосточный федеральный округ – 3,6 % (1337 комплексов ГТС).

Из всех поднадзорных Ростехнадзору ГТС 97,0 % (36071) комплексов ГТС относятся к III классу капитальности.

### **Классификация гидротехнических сооружений**

ГТС классифицируют по нескольким признакам [7]. По условиям использования их принято делить на постоянные и временные. К временным относятся сооружения, используемые только в период строительства и ремонта постоянных сооружений. Постоянные ГТС в зависимости от их назначения подразделяют на основные и второстепенные. К основным следует относить ГТС, повреждение или разрушение которых приводит к нарушению или прекращению нормальной работы электростанций; прекращению или уменьшению подачи воды для водоснабжения и орошения; затоплению и подтоплению защищаемой территории и т.д. К второстепенным следует относить ГТС, разрушение или повреждение которых не влечет за собой последствий указанных для основных сооружений.

Основные и второстепенные ГТС в зависимости от их высоты и типа грунтов основания, социально-экономической ответственности и последствий возможных гидродинамических аварий подразделяют на классы (I – IV). Класс второстепенных ГТС надлежит принимать на единицу ниже класса основных сооружений данного гидроузла, но не выше, как правило, III класса. Временные сооружения следует относить к IV классу. В случае если разрушение этих сооружений может вызвать последствия катастрофического характера или значительную задержку возведения основных сооружений I и II классов, допускается их относить при надлежащем обосновании к III классу.

Для каждого класса сооружений устанавливаются дифференцированные требования [7]:

а) по прочности и устойчивости – путем применения различных расчетных коэффициентов;

б) по долговечности – путем применения соответствующих строительных материалов;

в) по степени надежности против разрушающих воздействий – путем применения различных величин расчетной вероятности климатических, геофизических и гидрологических факторов и др.

### **Опасность аварий на гидротехнических сооружениях**

Мировая база данных по авариям ГТС собрана только по большим плотинам ( $H > 15$  м,  $W > 1$  млн. м<sup>3</sup>) – Международной комиссией по большим плотинам (СИГБ). Экс-президент СИГБ В. Пирхер [26] отмечал, что в мире эксплуатируется более 36 тыс. больших плотин (без Китая), а требуется еще больше. Приведем данные о 10 странах, в которых сосредоточено 61% больших плотин. В США больших плотин 6575 (21,9%), Индии – 4291 (14,3%), Японии – 2675 (8,9%), Испании – 1196 (4,0%), Канаде – 793 (2,6%), Южной Корее – 765 (2,5%), Турции – 625 (2,1%), Бразилии – 594 (2,0%), Франции – 569 (1,9%), России – 236 (0,8%). В целом на территории России в настоящее время находится в эксплуатации 2650 водохранилищ емкостью свыше 1 млн. м<sup>3</sup> с суммарным полезным объемом 342 км<sup>3</sup> (при годовом заборе из природных водных источников – 79 км<sup>3</sup>). Следовательно, в СИГБ Россия подает данные об авариях ГТС только по 8,9% водохранилищ объемом более 1 млн. м<sup>3</sup>.

В настоящее время, по оценкам крупных гидротехников, в мире эксплуатируется более 200 тыс. низконапорных гидроузлов, аварии на которых происходят значительно чаще, а база данных пока отсутствует. В качестве примера: в бассейне Дона одной из крупнейших рек Европы (длина реки – 1870 км, площадь бассейна – 422 тыс. км<sup>2</sup>, среднемноголетний сток – 39,5 км<sup>3</sup>) эксплуатируется 746 водохранилищ ( $W > 1$  млн. м<sup>3</sup>) с полным объемом 31,17 км<sup>3</sup> и полезным 14,94 км<sup>3</sup> и более 10 тыс. прудов ( $W < 1$  млн.

м<sup>3</sup>) находящихся, как правило, в каскаде с полным объемом 2,1 км<sup>3</sup> и полезным 1,9 км<sup>3</sup>.

По данным комитета по авариям и разрушениям СИГБ ежегодно в мире на подпорных сооружениях по разным причинам происходит более 3 тыс. аварий, нередко с большим материальным ущербом и человеческими жертвами.

Крупный гидротехник, специалист по надежности и безопасности ГТС, академик ВАСХНИЛ и РАСХН Ц.Е. Мирцхулава отмечает, что в 2007 – 2009 гг. большинство аварий ГТС произошло не где-нибудь в развивающихся странах, с характерной для них низкой культурой производства и эксплуатации, а в наиболее развитых государствах. Стало быть, вопрос недопущения аварий ГТС, неполадок требует особой стратегии [26].

Срок эксплуатации напорных ГТС России превысил 50 лет, а для юга России – 55 лет. В соответствии с расчетами вероятность отказа (выхода из строя) грунтовых плотин при сроке эксплуатации 50 лет составляет  $gt=0,0515$ , при  $t=55$  лет  $gt=0,0714$ , при  $t=60$  лет  $gt=0,0805$ , при  $t=65$  лет  $gt=0,0895$ .

В Ростовской области (площадь – 100,8 тыс. км<sup>2</sup>) эксплуатируется 4288 низконапорных гидроузлов в бассейнах рек Кагальник, Калитва, Сал, Маныч, Егорлык (Большой и Средний), Тузлов, Миус и др. в среднем более 50 лет. Следовательно, расчетное число отказывающих (выходящих из строя) грунтовых плотин, находящихся, как правило, в каскаде, составляет 221.

Проблема обеспечения безопасности напорных гидротехнических сооружений имеет техническую и социальную стороны.

Техническая сторона проблемы – это обеспечение надежности плотин. Известно, что плотины, как и другие инженерные сооружения, подчиняются закону естественного старения, согласно которому выделяются три

различных периода по интенсивности отказов: начальный, нормальной эксплуатации и старения.

Долговечность как один из главных показателей надежности сооружения характеризуется способностью этого сооружения сохранять работоспособность до наступления предельного состояния или аварии. Предельное состояние сооружения – вероятностное явление и может происходить как при превышении внешними нагрузками прочности сооружения, так при недостаточной прочности сооружения при расчетных нагрузках.

Сохранение работоспособности и обеспечение долговечности плотин вследствие старения обеспечиваются своевременным ремонтом и усилением сооружения. С другой стороны, очевидна актуальность разработки инженерных мероприятий, повышающих способность сооружения воспринимать экстремальные нагрузки в течение всего срока эксплуатации сооружения.

Другая проблема – это действия эксплуатационного персонала в аварийных ситуациях.

Основную роль в приведенных ниже авариях в Российской Федерации сыграло недостаточное финансирование на эксплуатацию и мониторинг технического состояния ГТС, ошибки и неготовность эксплуатирующего персонала к действиям в чрезвычайных ситуациях и отсутствие необходимых знаний нормативных документов, регламентирующих вопросы безопасности ГТС.

В России сложились известные научные гидротехнические школы в Санкт-Петербурге (ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, С-ПГТУ, СПГУВК и др.), Москве (Гидропроект им. С.Я. Жука, НИИЭС, МГСУ, МГУП и др.), Новочеркасске (НГМА, ЮРГТУ (НПИ) и др.), Новосибирске (НГСУ), Нижнем Новгороде (НГСУ).

Для сохранения Российских гидротехнических научных школ, ротации специалистов, занимающихся проектированием, строительством, ре-

конструкцией, консервацией и ликвидацией ГТС, с учетом имеющихся 65 тыс. объектов гидротехнического назначения (30 тыс. напорных ГТС, 36 тыс. водозаборных и сбросных сооружений около 10 тыс. км защитных дамб) необходимо осуществлять выпуск Вузами России по госзаказу не менее 3 тыс. специалистов по специальности «Гидротехническое строительство». Ныне выпуск всеми вузами России по данной специальности составляет менее 500 человек, на юге России он уменьшился более чем в 10 раз по отношению к середине 70-х годов.

Четырехлетняя подготовка бакалавров по направлению «Строительство» с освоением основной образовательной программы по профилю «Гидротехническое строительство» недостаточно для квалифицированного выполнения задач по обеспечению безопасности ГТС на стадии их проектирования и эксплуатации.

Серьезные проблемы возникли на значительном количестве длительно эксплуатирующихся ГТС в связи с изменением сейсмичности. Например, на юге России (Краснодарский край, Республика Адыгея, Республика Дагестан, Ставропольский край и др.) сейсмичность территории возросла на 1 – 2 балла, следовательно, возросли нагрузки, а остаточный ресурс длительно эксплуатирующихся ГТС снизился.

### **Мониторинг показателей состояния гидротехнических сооружений**

Важное значение для безопасности ГТС имеет мониторинг состояния сооружений. Следует отметить, что 42% напорных ГТС России (11700) не имеют постоянного эксплуатационного персонала. На большинстве ГТС России уже более 30 лет не пересматривались и не согласованы с Ростехнадзором правила эксплуатации ГТС.

Мониторинг состояния ГТС должен реализовываться с использованием контрольно-измерительной аппаратуры нового поколения – длитель-



ного использования, надежного, компактного, с автоматическим представлением комплексной информации.

Особенно проблемно в Российской Федерации положение с мониторингом показателей состояния ГТС IV класса, имеющих наименьшее количество КИА, где, как правило, отсутствует проектная документация; акты скрытых работ; сведения о динамике изменения гидрологических данных на водосборной площади; гидравлических, прочностных показателей элементов сооружения напорного фронта; показателей, характеризующих нижний бьеф при пропуске расходов редкой обеспеченности ( $P < 1\%$ ).

Необходимо совершенствование нормативно-методической базы для обеспечения мониторинга показателей состояния ГТС IV класса их собственниками и эксплуатационными организациями.

Следует отметить, что в Великобритании в соответствии с «Законом о водохранилищах» (1975 г.) поднадзорны все водоемы объемом более 25 тыс. м<sup>3</sup>. За 2 тыс. грунтовых плотин имеются наблюдения, проведенные в течение 200 лет [25, 26].

### **Выводы**

Ответственность за обеспечение безопасности эксплуатации ГТС, согласно Российского законодательства [3] возложена на их собственника. Из 30 тыс. напорных ГТС, эксплуатирующихся в России, только 1,3% находится в федеральной собственности, субъектам федерации принадлежит 19,0% ГТС, остальные ГТС находятся в собственности хозяйствующих субъектов (ОАО, ЗАО, ООО и т.д.). Собственники ГТС, в том числе и федеральные, очень неохотно вкладывают средства в повышение безопасности ГТС.

Для повышения уровня безопасности ГТС и совершенствования надзорной деятельности в области безопасности ГТС по распоряжению руководителя Ростехнадзора Н.Г. Кутьина с 7 по 12 июля 2009 г. в Ново-

черкасске прошел научный семинар. Проведено обсуждение основных проблем обеспечения безопасности ГТС, особо остро стоящих в Южном и Северо-Кавказском федеральных округах, в которых сосредоточено более 12 тыс. потенциально опасных ГТС. Затем в 2010 и 2011 годах подобные семинары прошли во всех федеральных округах РФ.

В заключении следует отметить основные проблемы в области сейсмобезопасности ГТС:

1. На юге России (в Южном и Северо-Кавказском федеральном округе) эксплуатируются 32,4% (12066 комплексов) потенциально опасных гидротехнических сооружений Российской Федерации, большая часть из которых находится в зоне возросших сейсмических нагрузок.

2. Длительно эксплуатируемые ГТС юга России рассчитаны в основном с учетом положений спектральной теории сейсмостойкости. В последние десятилетия при расчете ГТС все более широкое применение находят вероятностные методы расчета, методы расчета с учетом упруго-пластических деформаций. В настоящее время в научном сообществе широко обсуждается актуализированная редакция СНиП 22-03-2009 «Строительство в сейсмических районах»

3. Для обеспечения нормального уровня безопасности напорных гидротехнических сооружений юга России необходимо произвести их усиление с учетом возросших (на 1,2 балла) сейсмических нагрузок.

### Литература

1. ГОСТ 19185-73 «Гидротехника. Основные понятия. Термины и определения».
2. Серков В.С. Временное положение о надзоре за безопасностью гидротехнических сооружений электростанций // Гидротехническое строительство, 1973, № 9.
3. Федеральный закон от 21.07.1997 N 117-ФЗ (ред. от 18.07.2011) «О безопасности гидротехнических сооружений» (с изм. и доп., вступающими в силу с 01.08.2011).
4. Приказ МПР РФ от 02.03.1999 N 39 «О реализации Постановления Правительства Российской Федерации от 6 ноября 1998 г. N 1303» (вместе с «Дополнительными требованиями к содержанию и форме декларации безопасности гидротехнических сооружений, поднадзорных МПР России»),
5. Безопасность гидротехнических сооружений: нормативно-методические документы/ В.А. Волосухин, Д.И. Фролов, О.М. Щурский, В.И. Пименов, А.В. Хныкин, С.П. Земцов, Я.В. Волосухин / Под ред. профессора В.А. Волосухина. Новочеркасск,

ЛИК, 2011 г., Том 1 – 335 с., Том 2 – 445 с., Том 3 – 337 с., Том 4 – 378 с., Том 5 – 356 с., Том 6 – 321 с., Том 7 – 420 с., Том 8 – 380 с., Том 9 – 313 с., Том 10 – 277 с.

6. Постановление Правительства РФ от 29.05.2008 N 404 (ред. от 29.08.2011) «О Министерстве природных ресурсов и экологии Российской Федерации».

7. СНиП 33-01-2003 «Гидротехнические сооружения. Основные положения»

8. Метеорология и гидрологи 1993 №9.

9. А.А. Таратунин. Наводнения на территории Российской Федерации. 2-е изд., испр. и доп. / Под ред. Н.И. Коронкевича, проф., д-ра геогр. наук. – Екатеринбург: Изд-во ФГУП РосНИИВХ, 2008. – 432 с.

10. Гогоберидзе М.И. Риск повреждения и разрушения грунтовых плотин / М.И. Гогоберидзе, Ю.Н. Макашвили, Г.А. Беручашвили, М.Э. Гвилия // Гидротехническое строительство, 1984, №4, с. 35 – 37.

11. Акт технического расследования причин аварии, произошедшей 17 августа 2009 года в филиале Открытого Акционерного Общества «РусГидро» - «Саяно-Шушенская ГЭС имени П.С. Непорожного».

12. Приказ Минприроды РФ от 15.12.2009 N 411 «Об утверждении формы акта преддекларационного обследования гидротехнических сооружений» (Зарегистрировано в Минюсте РФ 18.02.2010 N 16451).