

УДК 627.8.059.2

## ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОГО И БЕЗОПАСНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

*А.Е. Асарин – докт. техн. наук  
Институт «Гидропроект»*

Характеризуется современное состояние гидроузлов с ГЭС. Обращается особое внимание на износ гидромеханического и гидросилового оборудования и на проблемы его модернизации. Устойчивое и безопасное функционирование ГТС связывается с регламентацией режимов работы водохранилищ и с соблюдением регламентов. Приводятся примеры отклонения режимов работы водохранилищ от проектных и последствий этих отклонений с позиций безопасности ГТС. Рассматриваются некоторые методические вопросы оценки гидрологической безопасности существующих и проектируемых гидроузлов; отмечается отсутствие федеральных и региональных структур, ответственных за обеспечение безопасности ГТС.

*Под устойчивым функционированием ГТС* следует понимать бесперебойное поддержание в их верхнем бьефе уровня воды, необходимого для удовлетворения нужд водопотребителей (водозаборы) и водопользователей (водный транспорт, рыбное хозяйство и рекреация), а также обеспечивающего накопление и расходование запаса воды, требующегося для удовлетворения интересов тех же водопотребителей и водопользователей в нижнем бьефе гидроузла. Крупным водопользователем является гидроэнергетика, использующая как расход воды, подаваемый в нижний бьеф, так и перепад уровней, образуемый подпорными сооружениями.

*Понятие «безопасность ГТС»* означает способность сооружений воспринимать без аварий и разрушения расчетные нагрузки (статические, динамические, сейсмические и др.) и воздействия, включая чрезвычайные гидрометеорологические условия, обеспечивая сохранность гидроузла и возможность выполнения, хотя бы частичного, его хозяйственных функций при предельно допустимых нагрузках и воздействиях.

Устойчивое функционирование ГТС в значительной мере определяется состоянием технологического оборудования, нормативный срок работы которого существенно короче срока безаварийного существования (жизни) подпорных сооружений – плотин разного типа.

Состояние технологического оборудования ГЭС России соответствует их возрасту. Статистику продолжительности работы гидроагрегатов характеризуют данные табл. 1.

Таблица 1

Период эксплуатации, лет	Число ГЭС	Кол-во агрегатов	Суммарная установленная мощность, МВт	Крупнейшая ГЭС (установленная мощность, МВт)
1	2	3	4	5
Более 76	2	15	112	Волховская (76)
От 66 до 75	5	31	350	Нижне-Свирская (94)
От 56 до 65	8	35	885	Рыбинская (330)
От 46 до 55	21	138	8160	Волгоградская (2541)
От 36 до 45	19	116	14419	Красноярская (6000)
Всего	55	335	23926	

Суммарная установленная мощность ГЭС, требующих реконструкции оборудования, приближается к 24 ГВт, что составляет более половины мощности всех ГЭС страны.

Говоря об износе турбин ГЭС, следует иметь в виду не только важнейшую роль гидроэлектростанций в покрытии переменной части графика электрической нагрузки турбин, но и участие турбин в пропуске максимальных расходов воды высоких половодий и паводков. Так, например, суммарная пропускная способность турбин каждой из трех Нижневолжских ГЭС составляет около 14000 м<sup>3</sup>/с.

Работы по техперевооружению ГЭС ведутся силами генерирующих компаний, однако их возможности ограничены, и темпы старения оборудования опережают темпы его обновления. Необходимость финансовой помощи государства, создающего стабилизационный фонд, сомнений не вызывает.

Переходя к вопросу о безопасности функционирования ГЭС, рассмотрим два аспекта этой сложной и многогранной проблемы:

гидрологическая безопасность;

современное состояние системы управления безопасностью ГЭС и пути ее совершенствования.

Пришедший из-за рубежа и ставший почти привычным в России термин «гидрологическая безопасность» относится как к ГЭС, так и к населению, жилым, хозяйственным, промышленным и общественным объектам и другим видам собственности, что означает способность без аварий, разрушений как людских, так экономических потерь переносить прохождение высоких половодий и паводков, сохраняя способность, выполнять свои хозяйственные функции.

Выполненный Гидропроектом в последние годы пересчет параметров максимального стока рек в створах большей части крупных гидроузлов с ГЭС и сопоставление уточненных (с учетом данных наблюдений за периоды эксплуатации сооружений) значений максимальных расходов воды и пропускной способности водосбросных устройств не выявили практически не каких угрожающих ситуаций. Наши предшественники были достаточно квалифицированы и осторожны, а продление гидрогеологических рядов не привело к существенным изменениям проектных оценок параметров максимальных половодий и паводков.

Исключением являются гидроузлы Даугавского каскада в Латвии, где уточнение коэффициента асимметрии максимальных расходов р. Даугавы и расчеты максимально вероятного паводка (PMF) привели к заметному увеличению расчетных максимумов и к решению о строительстве дополнительных водосбросов. На проектирование первого из них – на Плявиньской ГЭС – объявлен тендер.

На двух гидроузлах, в основном ирригационного назначения, на Кубани – Усть-Джегутинском и Краснодарском, учет данных наблюдений за последние десятилетия, включая экспериментально высокий 2002 г. произошло заметное увеличение расчетных максимумов. Идет завершение проектов дополнительного водосброса на Усть-Джегуте и выбор решения на Краснодарском гидроузле.

Другим примером необходимости увеличения (по сравнению с проектом) пропускной способности водосбросов является Ириклинский гидроузел на р. Урале. При высоте плотины 43 м он проектировался, как гидроузел 2-го класса ответственности и рассчитан на пропуск максимальных расходов половодий вероятностью превышения 1 % (поверочный). Однако в связи с вводом в эксплуатацию Ириклинской ГРЭС мощностью 3200 МВт, снабжаемой водой из Ириклинского водохранилища, сооружения гидроузла переведены в 1-й класс ответственности. При этом оказалось необходимым строительство дополнительного водосброса с пропускной способностью порядка 6000 м<sup>3</sup>/с. Поиск технического решения в условиях плотной застройки территории, примыкающей к гидроузлу, продолжается уже несколько десятилетий.

Серьезным аспектом проблемы гидрологической безопасности являются отклонения фактического режима работы гидроузлов и водохранилищ от регламентированного

проектами и правилами использования большей части эти отклонения связаны с непредусмотренными в проектах хозяйственным освоением и застройкой (в том числе жилой) пойменных земель в нижнем бьефе гидроузла.

Примерами таких явлений могут служить Иркутский гидроузел на р. Ангаре и Волгоградский на р. Волге. В связи с несанкционированной застройкой долин этих рек в нижних бьефах указанных гидроузлов, рассчитанных при отметках НПУ на пропуск максимальных расходов воды вероятностью превышения 0,1 %, сбросные расходы воды существенно ограничены и составляют менее 50%-й пропускной способности водосбросных сооружений, что иллюстрируют данные табл. 2.

Таблица 2

Гидроузел	Максимальный приточный расход воды вероятностью превышения, %		Пропускная способность гидроузла при НПУ м <sup>3</sup> /с	Допустимый сбросной расход воды, м <sup>3</sup> /с
	1	0,1		
Иркутский	3930	5980	7000	3500
Волгоградский	54900	64000	63100	30000

При превышении сбросным расходом воды указанных выше значений происходит затопление и подтопление тысяч частной собственности на поймах в нижнем бьефе указанных гидроузлов, созданных в связи с отсутствием законодательных актов, регламентирующих землепользование на территориях, подверженных периодическому затоплению.

Для предотвращения этих ущербов требуется непредусмотренная проектами и правилами использования водных ресурсов водохранилищ, срезка пиков половодий и паводков в умеренно многоводные годы. Это приводит к частой форсировке уровня оз. Байкала и Нижневолжских водохранилищ сверх отметок НПУ с ущербами в их прибрежной зоне и, в частности, на землях республики Бурятия.

Уровень безопасности ГТС в соответствии с требованиями Закона РФ «О безопасности гидротехнических сооружений» от 21.06.1997 г. № 117-ФЗ должен регулярно (каждые 5 лет) проверяться при составлении Декларации безопасности. При подготовке этого документа должны уточняться параметры максимального стока с учетом данных наблюдений за период, прошедший с момента составления проекта гидроузла. Иногда этот период насчитывает несколько десятилетий, и уточненные максимальные расходы воды могут существенно отличаться от проектных, как это проявилось на Кубани. /В поверочных расчетах пропуска через гидроузел актуализированных гидрографов максимального стока должны учитываться лишь реально работоспособные водопропускные сооружения и современные требования (ограничения) к режимам бьефов гидроузла.

Важнейшим элементом Деклараций безопасности является оценка ущерба в нижнем бьефе гидроузла при его прорыве. Сценарии аварии должны учитывать как возможность чрезвычайно высокого (больше проектного) паводка, так и случаи полного или частичного отказа водосброса (заклинивание затворов, отказ подъемных устройств и др.), при которых происходит переполнение водохранилища, перелив через гребень плотины и ее размыв. При этом, как и в случае террористического акта (а этот сценарий должен рассматриваться), разрушение плотины не должно приниматься мгновенным и полным, что приводит к резкому завышению параметров прорывной волны и, соответственно, к преувеличению ущербов в нижнем бьефе. При практически неизбежной утечке информации слух об этих завышенных потерях (и жертвах) может привести к паническим настроениям населения и росту «антиплотинных» выступлений. Вариант мгновенного и полного прорыва считался основным в доперестроечную эпоху, когда рассматривалась возможность нанесения по плотине ядерного удара. Учет процесса формирования прорыва, в том числе времени его

развития, за которое уровень верхнего бьефа может понизиться, существенно влияет на результаты расчета гидравлического режима бьефов.

Гидравлические расчеты образования прорывной волны и ее трансформации по пути следования должны выполняться детальными методами, использование упрощенной методики Военно-инженерной академии – недопустимо.

К числу важных методических вопросов оценки гидрологической безопасности существующих и проектируемых гидроузлов относятся следующие:

количество водосбросных отверстий или турбин ГЭС, которые следует учитывать в расчетах пропуска максимального стока;

использование расчетного метода максимального возможного паводка (PMF).

В некоторых зарубежных проектах принимается, что при пропуске *расчетного* паводка не работает одно водопропускное отверстие и полностью остановлены ГЭС. В расчетах *поверочного паводка* эти условия не рассматриваются, так как вероятность совпадения таких отказов, со столь редким гидрологическим событием, считается близкой к нулю.

В сравнительно новом, но доживающем свой век в связи с Законом о техническом регулировании СНиП 33-01-2003 «Гидротехнические сооружения. Основные положения» возможность отказа одного пролета водосброса (если их шесть и более) рекомендуется учитывать также в основном расчетном случае. Указания в пунктах 5.4.3 и 5.4.4 этого СНиП об учете при пропуске высокого половодья пропускной способности (всех или части) турбин ГЭС сформулированы крайне невнятно, однако в ведущих в настоящее время гидравлических исследованиях к проекту Богучанской ГЭС в качестве основного рассматривается вариант пропуска высоких половодий при не работающих турбинах.

Возможность выхода из строя или вывода в ремонт одного, или нескольких, но далеко не всех агрегатов ГЭС в период пропуска высоких половодий (паводков) должна, на наш взгляд, учитываться при выборе параметров водопропускных устройств гидроузла и оценке (проверке) уровня его гидрологической безопасности после нескольких или многих лет эксплуатации. Кроме того, как показывает опыт, иногда весьма затруднительно использовать полную пропускную способность всех турбин ГЭС, то есть их разработку полной мощностью в течение длительного (несколько суток) времени. Это, в первую очередь, относится к регионам и энергосистемам с высокой долей ГЭС, суммарная установленная мощность которых (если высокое половодье охватит весь бассейн или значительную часть региона) не может быть принята потребителями.

Расчеты по методике PMF (без указания какой именно) при проектировании речных ГЭС, особенно в районах активной циклонической деятельности, рекомендуются и упомянутым выше СНиП при проектировании речных гидротехнических сооружений, особенно в районах активной циклонической деятельности. В основе метода, детально разработанного применительно к дождевым паводкам, лежат вероятные максимальные осадки (probable maximum precipitation – PMP), методика расчета которых разработана Всемирной метеорологической организацией (ВМО). Значительно слабее разработана методика расчета вероятных максимальных паводков смешанного (талого и дождевого) происхождения, характерных для многих регионов России. Расчеты таких паводков выполняются в Скандинавских странах. Известен опыт определения PMF в Латвии при оценке уровня гидрологической безопасности Даугавских ГЭС.

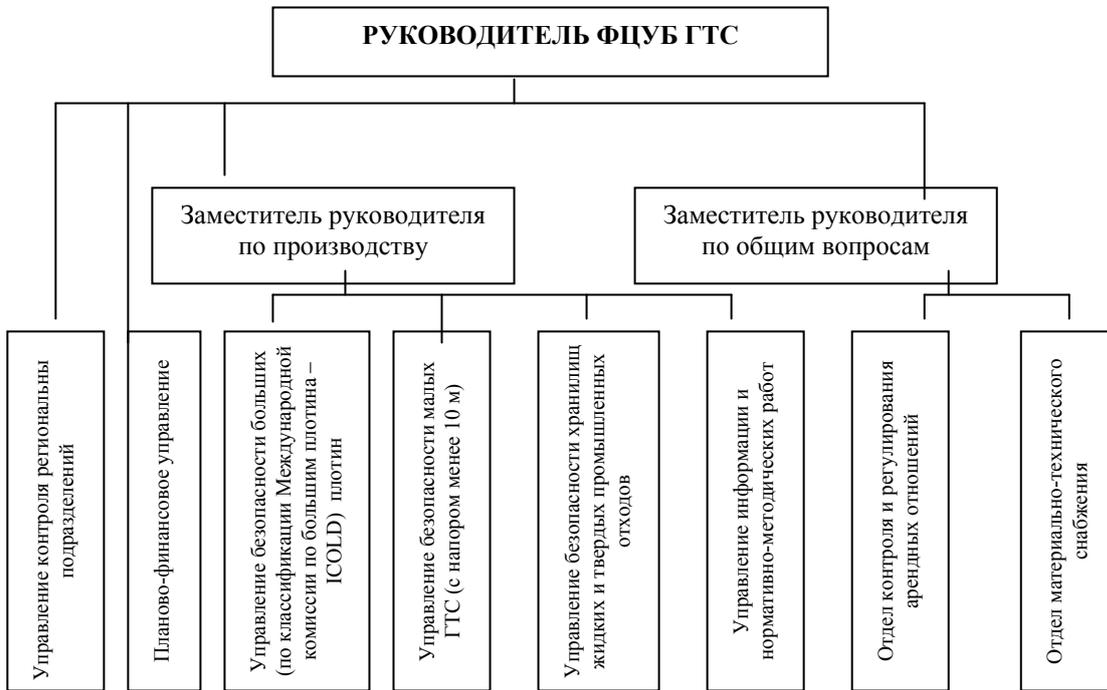
В заключение отметим, что управление обеспечением безопасности ГЭС в России нуждается в совершенствовании. Необходимо, взамен нескольких ведомственных структур с неопределенными правами и обязанностями, единый орган, обеспечивающий уровень всех ГЭС, независимо от их отраслевой принадлежности и вида собственности.

Этот орган представляется целесообразным создать под эгидой Федерального агентства водных ресурсов (ФАВР), которое должно стать единым балансодержателем всех ГЭС.

Структура такого органа и его региональных подразделений, предложенная Гидропроектом в 2005 г. в работе «Разработка системы управления безопасностью

гидротехнических сооружений и предотвращением вредного воздействия вод в период пропуска половодий и паводков», схематически показана ниже.

**СТРУКТУРА ФЕДЕРАЛЬНОГО ЦЕНТРА ПО УПРАВЛЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ГТС (ФЦУБ ГТС)  
(проект)**



Вопросы формирования и аффилирования – «привязки» (к речным бассейнам и БВУ или субъектам Федерации) региональных подразделений ФЦУБ ГТС и их отношений с надзорными органами, также требуют совершенствования, разработки и обсуждения.