О БЕЗОПАСНОСТИ ПЛОТИННЫХ ГЭС В ГРУЗИИ

Г.ХЕЛИДЗЕ, И.НОНИЕВ, Р.ПАТАРАЯ

Безопасная эксплуатация гидротехнических сооружений в мировом масштабе представляет важное социально-экономическое и экологическое значение. Это требует комплексного проведения юридических, административных и инженерно-технических мероприятий. Они разработаны во многих ведущих странах мира. Необходима либо их адаптация к условиям Грузии, либо разработка новых мероприятий.

С учетом особенностей развития гидроэнергетики Грузии авторы предлагают ряд основных рекомендаций, а именно: разработка классификации водоподпорных сооружений и водохранилищ по габаритам, потенциалу возможных опасностей для установления сроков их инспектирования и разработку технических критериев безопасности в случае их возможной аварии для исключения потерь среди населения и ущерба собственности людей в нижнем бьефе.

Ключевые слова: водоподпорное сооружение, водохранилище, потенциал опасности, катастрофический расход, плотина, силовой узел.

Безопасная эксплуатация гидротехнических сооружений в мировом масштабе (плотины, дамбы, шлюзы, каналы, туннели и др.) представляет важное социально-экономическое и экологическое значение. Авария таких сооружений может вызвать крайне негативные последствия, иногда равные национальной катастрофе, особенно когда они связаны с массовой гибелью людей (например, в Италии, при аварии на плотине Вайонт 9 октября 1963 года погибло 2500 человек, было уничтожено пять населенных пунктов: Лонгаронэ, Пираджио, Ривальта, Вилланова и Фаэ) [1].

В перечне техногенных катастроф по своим негативным последствиям одно из важных мест занимает волна прорыва или наводнения, распространяемая в нижнем бьефе от створов водопроводных сооружений (плотин, дамб, шлюзов). Первая из них возникает при разрушении структурной целостности водопроводных сооружений, при переливе больших масс воды через водоподпорные сооружения, а вторая – при вынужденном попуске катастрофических расходов в нижний бьеф или во время неконтролируемых пусков.

Естественно, что обеспечение безопасности системы «водоподпорное сооружение-водохранилище» требует комплексного проведения юридических, административных и инженерно-технических мероприятий. Юридические и административные мероприятия разработаны и действуют во многих странах мира [2,3]. Необходима либо их адаптация к условиям Грузии, либо разработка новых. Среди основных целей инженерно-технических мер следует отметить: разработку классификации водоподпорных сооружений и водохранилищ по габаритам, потенциалу возможных опасностей - для установления сроков их инспектирования и разработку технических критериев безопасности в случае их возможной аварии с точки зрения потерь среди населения, ущерба собственности людей в нижнем бьефе.

Установление технических критериев безопасности плотин зависит от многих факторов: топографических, геологических, гидрологических, сейсмических условий в створе их расположения, габаритов объекта, плотности населения в нижнем бьефе, важности расположенных там предприятий и инфраструктуры, степени развития последней и - что главное для каждого конкретного объекта - от сочетания этих

факторов. По этой причине технические критерии безопасности должны устанавливаться индивидуально для каждой страны.

Для малоземельной Грузии, на территории которой расположены 38 водохранилищных плотин, естественно, обеспечение их безопасности - вопрос первостепенной важности. Градация плотин по объему создаваемого ими водохранилища дается в табл. 1, а деление по высоте плотины - в табл. 2.

Таблица 1

Объем водохранилища V , м ³	Количество водохранилищных плотин
$V > 100 \times 10^6$	6
$80 \times 10^6 < V < 100 \times 10^6$	2
$60 \times 10^6 < V < 80 \times 10^6$	1
$40 \times 10^6 < V < 60 \times 10^6$	2
$20 \times 10^6 < V < 40 \times 10^6$	2
$V < 20 \times 10^6$	25

Таблица 2

Высота плотины H , м	Количество плотин		
	бетонные	из местных материалов	каменно-набросные
$H > 100$	1	1	-
$80 < H < 100$	-	2	1
$60 < H < 80$	1	-	-
$50 < H < 60$	1	1	-
$40 < H < 50$	-	-	1
$30 < H < 40$	-	6	-
$20 < H < 30$	1	1	-
$10 < H < 20$	5	8	-
$0 < H < 10$	6	4	-

С учетом этих характеристик составлена классификация водохранилищных плотин (см. табл. 3).

Таблица 3

Категория	Класс	Объем водохранилища V , м ³	Высота плотины H , м
Вневедомственная	IV	Не более 10^6 , независимо от высоты	Не более 5 м, независимо от объема водохранилища
Малая	III	$10^6 < V < 5 \times 10^6$	$5 < H < 15$
Средняя	II	$5 \times 10^6 < V < 50 \times 10^6$	$15 < H < 50$
Большая	I	$V > 50 \times 10^6$	$H > 50$

В мире класс водохранилищных плотин устанавливается по потенциалу опасности, в соответствии с возможными жертвами среди населения или с материальным ущербом при отказе плотины в целом или ее части [4].

На предварительной стадии проектирования при необходимой оценке возможного ущерба при аварии объекта логично определить энергоспособность водной массы, вызывающей аварию. Представление энергоспособности возможно в виде потенциальной энергии накопленной в водохранилище водной массы (определенным запасом):

$$E = \gamma g H W, \text{ Дж,}$$

где γ – удельный вес воды, $\gamma=1000$ кг/м³; g - ускорение свободного падения, м/с²; H – высота плотины, м; W – объем воды, накопленной в водохранилище, м³.

Градации основных водохранилищных гидроузлов Грузии по этому признаку дается в табл. 4. Из данных этой таблицы видно, что энергоспособность возможной аварии водохранилищных гидроузлов Грузии меняется в широком диапазоне. При этом 75% представленных в таблице гидроузлов - энергетического назначения, что подчеркивает высокую ответственность обеспечения их безопасности.

Энергоспособность водной массы, накопленной в водохранилище, в первую очередь должна быть рассмотрена в аспекте численности населения в нижнем бьефе гидроузла.

Классификация с учетом плотности населения, подвергшегося воздействию возможной аварии в местах дислокации гидроузлов Грузии, приводится в табл. 5, где предельная численность людей принята в соответствии с их общей численностью.

Назначение класса для конкретного объекта должно осуществляться при условии предварительного определения площади затопленной территории и количества людей, подвергающихся опасности в случае возможной аварии на данном объекте.

Таблица 4

Гидроузел	Высота плотины, м	Объем воды, накопленной в водохранилище, млн.м ³	Потенциальная энергия, 10 ¹³ Дж	Назначение гидроузла
Ингури ГЭС	271,5	1100	298,65	Энергетика
Жинвальский комплексный гидроузел	102,0	520,0	53,0	Водоснабжение Энергетика
Сиони ГЭС	86,0	325,0	27,95	Ирригация Энергетика
Храм ГЭС-1	33,0	313,0	12,21	То же
Перепадная ГЭС-1	55,0	146,0	8,03	" - "
Гидроузел «Далис Мта»	38,0	180,0	6,84	Ирригация
Алгетский гидроузел	86,0	65,0	5,59	То же
Тбилиское водохранилище	15,0	308,0	4,62	" - " Водоснабжение
Зонкарский гидроузел	81,0	43,5	3,52	Ирригация
Дзеврула ГЭС	36,0	82,0	2,95	Энергетика
Гумати ГЭС-1	52,0	39,0	2,03	То же
Ладжанури ГЭС	69,0	25,0	1,73	" - "

Таблица 5

Класс гидроузла	Численность населения в нижнем бьефе М
I	$M > 100000$
II	$20000 < M < 100000$
III	$1000 < M < 20000$
IV	$M < 1000$

Для контроля сохранения технических критериев безопасности в допустимых пределах частота периодического инспектирования объектов, несущих потенциальную опасность, дается в табл. 6.

Таблица 6

Потенциал содержания опасности	Частота инспектирования
низкий	7 лет

существенный	5 лет
высокий	3 года

В процессе эксплуатации ГЭС особое внимание следует обращать на работу энергетического оборудования, установленного в силовом узле. Силовой узел может быть представлен в виде как надземных, так и подземных сооружений, безопасная работа которых во многом определяет безопасную работу ГЭС. Например, при аварии на Саяно-Шушенской ГЭС в России погибло 75 человек, была уничтожена или повреждена большая часть основного и вспомогательного гидромеханического и электрического оборудования. По экспертным оценкам, материальный ущерб составил 7,3 млрд., а экологический – 63 млн.руб. [5].

Безопасная эксплуатация силового узла определяется с учетом воздействия на эти сооружения и установки статических и динамических сил. Эти силы определены проектом и учитываются в процессе строительства и монтажа, однако при работе гидроагрегатов возможно возрастание динамических сил как на самой конструктивной части, так и их распространение на сооружение, что может вызвать структурные разрушения последнего с катастрофическими последствиями.

Возрастание динамических сил может быть вызвано как техническим фактором, что учитывается в проекте, так и вибрацией гидроагрегатов, что связано с работой отдельных узлов гидротурбин или гидрогенераторов в неординарных режимах.

Вибрация гидроагрегатов определяется величиной двухкратной амплитуды, измеренной в самых опасных с точки зрения вибрации узлах.

Согласно нормам вибрация (двухкратная амплитуда) отдельных узлов гидроагрегатов при нормальном числе оборотов не должна превышать значения, приведенные в табл. 7.

Таблица 7

Число оборотов, об/мин	До 100	До 187,5	До 375	До 450
Двухкратная амплитуда колебаний, мм	0,18	0,15	0,10	0,07

Вибрация статора вертикально гидрогенератору не должна превосходить показатели, данные в табл. 8.

Таблица 8

Частота колебаний, Гц/с	До 20	30	40	50	Более 80
Двухкратная амплитуда колебаний, мм	0,08	0,06	0,045	0,035	0,02

Работа гидроагрегатов с вибрацией, значение которой превосходит определенные для установления режима, допускается по специальному разрешению.

Особое внимание следует обращать на функционирование гидроагрегатов в оптимальных зонах работы.

В качестве примера приводим работу гидроагрегатов Ингури ГЭС.

Согласно проведенным исследованиям оптимальной с точки зрения эффективности является следующая зона работы гидроагрегата: при расчетном напоре 325,0 м - 150-220 МВт; при минимальном и максимальном напорах - соответственно 140-180 и 160-220 МВт.

Поскольку агрегаты работают в указанных зонах длительное время, не допускается превышение вибрации свыше нормы, хотя бы в коротком промежутке времени, без соответствующего обоснования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мюллер Л. Оползень в долине Вайонт / В кн. Проблемы инженерной геологии. М.: Мир. 1967. Regulatory frameworks for dam safety. Daniel D. Bradlow, Alessssandro Palmiere, Salman M.a. Salman, The World Bank. Washington D.C. 2002.
2. Dam safety in central Asia capacity-building and regional cooperation, Unated Nations, Geneva (Swizerland), 2007.
3. Federal guidelines for dam safety. Emergency action planning for dam owners, prepared by the interagency committeeon dam safety, U.S. department of homeland security federal emergency management agency, 1998.
4. Акт технического расследования причин аварии, произошедшей 17 августа 2009 года в филиале Открытого Акционерного Общества «РусГидро» - «Саяно-Шушенская ГЭС им. П.С. Непорожного». <http://news.babr.ru/?IDE=81341>.

ГРИГОЛ ХЕЛИДЗЕ, доктор технических наук, профессор
Грузинский технический университет
E-mail: giakhelidze.yahoo.com