

УДК 504.3.05.06

**ПРОБЛЕМА ЭКОЛОГИИ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ
ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ**

Канд. техн. наук М.Б. Кошумбаев

В статье приводится анализ риска возникновения аварийных ситуаций на гидротехнических сооружениях и их основные причины. Для повышения надежности и безопасности работы сооружений рассматриваются новые конструкции.

Одной из наиболее важных и ответственных задач развития экономики Казахстана является удовлетворение все возрастающих потребностей в электроэнергии промышленности и сельского хозяйства в соответствии с долгосрочной программой развития энергетики нашей страны. В решении этой задачи немалую роль играет не только интенсивное строительство новых крупных гидроузлов, но и обеспечение безопасной работы эксплуатируемых гидротехнических сооружений (ГТС).

Обеспечение безаварийной работы гидроузлов связано с тем, что около 15 % всех в мире ГТС вызывает сомнение в отношении их надежности, а мелкие и средние аварии происходят ежегодно почти на 5 % существующих ГТС. Некоторые из них имели катастрофический характер (США, Индия и др.), что выразилось в многомиллионном ущербе и в большом количестве человеческих жертв. В нашей республике катастрофических аварий не отмечено, но менее значительные повреждения ГТС наблюдались в различных регионах.

В современном гидротехническом строительстве наблюдается в последние десятилетия устойчивая тенденция возведения плотин большой высоты и длины, создающих водохранилища, объем воды в которых достигает сотен миллиардов кубических метров. С увеличением размеров плотин возрастают и нагрузки, действующие на ГТС, берега и дно водохранилища и, следовательно, растет вероятность их значительных повреждений, которые могут привести к катастрофическим последствиям.

Кроме ирригации и выработки электроэнергии ГТС предназначены для регулирования паводков и половодий, осуществляемого более чем в 70 странах, особенно в Китае, где в последние годы создан ряд подпорных

сооружений на больших и опасных реках для предотвращения паводковых разливов, сопровождающихся человеческими жертвами и наносящих колоссальный ущерб экономике. Водные ресурсы 12 % крупных ГТС обеспечивают технологические и бытовые нужды и производство (12...16 %) продуктов питания во всем мире.

В то же время плотины и водохранилища являются мощным фактором воздействия на природную среду и человека. Этим вопросам посвящены исследования многих специалистов, в том числе автора данной работы. Отметим лишь, что опыт проектирования и эксплуатации гидроэлектростанций за рубежом и у нас в стране свидетельствует о том, что негативные наибольшие последствия для природы и хозяйства связаны со строительством сверхкрупных и крупных равнинных водохранилищ, особенно расположенных в приустьевых районах рек. Один из главных неблагоприятных факторов создания таких водохранилищ - значительные площади затоплений, переселение жителей и отрицательное воздействие на окружающую природную среду при часто недостаточной изученности природных ресурсов затопляемых регионов. Однако в настоящее время многие страны мира отказались от строительства крупных водохранилищ преимущественно энергетического назначения, особенно в равнинных условиях (за исключением Китая) и сосредоточились на проектировании средних, малых и даже микро-ГЭС с широким привлечением для выработки энергии солнечной инсоляции, ветра, морских приливов, термальных вод, биогаза и т.д.

Создание конструкционно-несовершенных промышленных объектов, урбанизация территории, наличие уязвимых, экологически опасных при разрушении инженерно-технических сооружений, к которым относятся и ГТС, и важные для жизни и деятельности людей коммуникации, увеличивают незащищенность людей, природных и хозяйственных объектов от катастрофических явлений. Рост катастроф промышленных или технологических аварий связан также с непрофессионализмом, некомпетентностью и нередко халатностью технического персонала при эксплуатации экологически опасных хозяйственных объектов, со слабой прогнозной базой, недооценкой последствий разрушений от стихийных и антропогенных факторов и еще рядом причин организационного характера.

Серьезную угрозу для гидротехнических сооружений представляют военные действия и террористические акты, особенно опасные в наши дни, когда политическая обстановка в ряде регионов мира характеризуется

дестабилизацией меж- и внутригосударственных отношений, нередко открытыми военными действиями, террористическими актами, блокадами и диверсиями. Разрушения таких сооружений, как плотины и водохранилища, могут затронуть население, природные и хозяйственные объекты не только тех районов, где эти сооружения находятся, но и приобрести межрегиональный и даже межгосударственный характер.

Разрушение плотины может повлечь за собой крайне негативные последствия для экономики и окружающей природной среды, а ущерб - превысит затраты на строительство. Вероятность аварий плотин начинает неуклонно повышаться при возрасте сооружений более 30...40 лет, о чем свидетельствует накопленная информация за последние 70 лет: в мире произошло более 1 тыс. аварий крупных ГТС. Анализ показывает, что основные их причины - разрушение основания и недостаточная пропускная способность водосброса, когда вода переливается через гребень плотины (табл. 1) [4].

Таблица 1

Причины аварий на ГТС

Причина разрушений	Частота, %
Разрушение основания	40
Недостаточная пропускная способность водосброса	23
Слабость конструкции	12
Неравномерная осадка	10
Высокое давление на плотину	5
Военные действия	3
Оползание откосов	2
Дефекты материалов	2
Неправильная эксплуатация	2
Землетрясения	1

С 1902 по 1977 г. из 300 аварий в различных странах в 35 % случаев причиной было превышение расчетного максимального сбросового расхода, т.е. перелив воды через гребень плотины, который в том числе приводил и к разрушению основания плотины. Соотношение аварий на различных типах плотин показано в табл. 2.

Анализ катастрофических разрушений ряда плотин, их последствий, изучение причин и закономерностей различных рисков свидетельствуют, что обеспечение безопасности ГТС не всегда имеет комплексное

решение. Наиболее частые причины аварий - нарушение правил проектирования, строительства и эксплуатации, низкая эффективность государственного надзора, недостаточное финансирование мероприятий по обеспечению безопасности.

Таблица 2

Аварии на плотинах различных типов

Тип плотины	Частота аварий, %
Земляная	53
Бетонная гравитационная	23
Защитные дамбы из местных материалов	4
Арочная железобетонная	3
Плотины других типов	17

Перечисленные обстоятельства хорошо согласуются с данными опыта гидротехнического строительства в Китае. Только в одной провинции Хэнань из 110 заградительных устройств к 1966 г. половина разрушилась. К 1973 г. насчитывалось 10 тыс. малых водохранилищ, из них 4,5 тыс. (более 40 %) были построены с серьезными нарушениями, к которым можно отнести неправильный выбор створа плотин, проектных ошибок, низкого качества строительства и неудовлетворительной эксплуатации.

Построенные на Сырдарье водохранилища емкостью 28 км³, позволяют осуществлять многолетнее регулирование стока с 95 % использованием водных ресурсов бассейна. В бассейне Амударьи речной сток регулирован на 30 %. Наличие в регионе большого количества напорных ГТС, аккумулирующих огромные запасы водной энергии, создают потенциальную угрозу безопасности социально-экономической инфраструктуре и природной среде. Создание новых объектов гидроэнергетики в верховьях Нарына, Вахша, Пянджа и других трансграничных водотоков значительно увеличит число плотин, к которым необходимо будет предъявить повышенные требования по обеспечению безопасной эксплуатации.

Международный опыт проектирования, строительства и эксплуатации ГТС показывает, что опасность этой угрозы может быть устранена или значительно снижена с помощью системы предотвращения аварийных ситуаций. Поэтому создание эффективной государственной системы безопасности ГТС - одно из важнейших условий предупреждения аварий. Гидротехнические сооружения в большинстве своем - уникальные объекты, что предопределяет особую специфику и сложность их эксплуатации, необходимость системного проведения работ по улучшению их техниче-

ского состояния и повышению степени безопасности. Однако до настоящего времени во многих странах Центральной Азии не сформирована государственная система обеспечения безопасности гидросооружений, что снижает не только эффективность этих мероприятий, но и не позволяет разрабатывать стратегические направления взаимодействия.

Переход к рыночной модели экономического развития, глубокая реформа системы государственного управления, появление новых угроз и вызовов со стороны международного терроризма требуют переосмысления роли и места системы ЧС и гражданской обороны в обеспечении национальной безопасности. Возникла настоятельная необходимость в создании и реализации новой идеологии противодействия катастрофам на долгосрочную перспективу, формировании принципиально иной концепции гражданской обороны, Государственной системы предупреждения и ликвидации ЧС Республики Казахстан [7].

В нашей стране в 2005 г. Постановлением Правительства Республики Казахстан была принята «Концепция предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и совершенствования государственной системы управления в этой области», а в начале 2007 г. утвержден «Экологический кодекс Республики Казахстан», имеющий силу закона.

В связи с новыми требованиями развития экономики Агентство Республики Казахстан по ЧС в 2001 г. утвердило «Правила разработки Декларации безопасности промышленного объекта и Правила проведения экспертизы Декларации безопасности промышленного объекта». Необходимость изменения ситуации с управлением водных ресурсов отражены в «Концепции развития водного сектора экономики и водохозяйственной политики Республики Казахстан до 2010 года», принятой Правительством РК в 2002 г.

Анализ проявления аварийных ситуаций на водосбросах показывает, что основной причиной их возникновения является снижение пропускной способности водосбросного сооружения. Для увеличения данного параметра применяются различные мероприятия, учитывающие физические свойства потока и адаптация конструкции ГТС новым требованиям. Например, водоприемник поверхностного открытого водосброса определяет его пропускную способность. Как правило, оголовки имеют безвакуумный профиль. Результаты гидравлических исследований показали, что

применение оголовков с наклонной верховой гранью повышает значение коэффициента расхода до 0,54 [1].

На быстротоках направление течения и ширину лотка можно изменять в докритическом спокойном режиме. В противном случае это приводит к образованию ударных волн и повышению уровня воды у ограждающих стен, что отрицательно влияет на работу гасителей в нижнем бьефе из-за неравномерного и нестабильного распределения расходов на выходе. Для решения данной проблемы используется гидравлический прыжок, который переводит поток в докритический режим.

Воздействие ЧС различных типов приводит к снижению пропускной способности водосливного оголовка. Это связано с его подтоплением со стороны сливных лотков. Наличие сегментных бычков на гребне приводит к возникновению остановившихся волн в пределах сливных лотков и переливу потока через боковые стены.

Аварийные ситуации на поверхностных водосбросах связаны с возмущениями потока на верхнем бьефе и неравномерным подводом воды к водосливу. Для регулирования подвода применяют различные стенки на водосливе. Для шахтного водосброса возмущения потока на верхнем бьефе и неравномерный подвод воды к водосливу приводит к его затоплению и уменьшению пропускной способности [6]. Возмущения также наблюдаются и в отводящем туннеле в виде волн, всплесков и пульсаций давления на облицовку. Для устранения кавитации обеспечивают вентиляцию водосброса, но возникает проблема аэрации потока и его «разбухания», что вызывает неуправляемый напорно-безнапорный режим.

Статистика показывает, что в Казахстане для аккумуляции воды применяются земляные плотины. Неудовлетворительная работа водосбросных сооружений в момент весенних паводков приводит к возникновению аварийных ситуаций. При исследованиях переливных грунтовых плотин рассматривались водосбросы большой пропускной способности. Наиболее эффективными можно считать три варианта сброса воды через низовой откос: железобетонный быстроток с постоянным уклоном; низовой откос плотины с уклоном, сужающимся в плане в виде конфузора (центральный угол 30°) и имеющим покрытие из железобетонных плит клиновидного очертания [6]; низовой откос плотины, представляющий собой гидротехнический перепад.

Повышение надежности сооружения за счет устойчивости покрытия водосливного откоса достигается тем, что в водосливную грунтовую

плотину, включающую защитное крепление откосов, устанавливается железобетонный каркас, представляющий собой полую призму, ребра которой выполнены из железобетонных колонн [3, 8]. Боковые грани призмы представляют прямоугольные треугольники, а самая большая грань призмы дополнительно снабжена перегородками с шагом, равным длине плиты перекрытия.

В условиях северного Казахстана наиболее выгодно строительство гидротехнических перепадов, состоящих из нескольких ступеней, продольный уклон которых может изменяться, но, как правило, в гидротехническом строительстве проектируют с нулевым уклоном. От длин ступеней зависит характер течения. Наиболее выгодным вариантом является образование надвинутого гидравлического прыжка на каждой ступени перепада, т.к. в этом случае скорости течения воды по длине ступени значительно меньше по сравнению со скоростями течения на ступенях без образования гидравлического прыжка. Для сокращения длины водобоя, и, следовательно, удешевления стоимости перепада, сопряжения бьефов по типу затопленного прыжка можно произвести путем создания на водобое усиленной шероховатости или установлением водобойной стенки перпендикулярно оси потока.

Основным гидравлическим параметром водосбросного сооружения является его пропускная способность. Пропускная способность конструкции переливных плотин рассматривалась как зависимость расхода от напора на верхнем бьефе (рис. 1).

Работа новых конструкции открытых водосбросов изучалась в сравнении с вариантом открытого водосброса в виде призматического лотка, выполненного из железобетона. Тело плотины заполнялось местным материалом. Равномерный подвод воды обеспечивался бетонным креплением гребня плотины.

Устойчивость гребня плотины при возможной осадке грунта достигалась его жестким креплением к бетонной диафрагме. Железобетонный быстроток также жестко скреплен с диафрагмой и гребнем плотины. Уклон быстроточка составляет $0,127^\circ$ к горизонту.

При изменении расхода до $175 \text{ м}^3/\text{с}$ пропускная способность водосбросов практически одинакова. Увеличение расхода потока для плотин, низовой откос которых покрыт клиновидными плитами и имеющий сужение в плане, приводит к подпору потока и уменьшению пропускной способности сооружения (верхняя кривая). Относительно высокая пропускная

способность наблюдается в случае гидротехнического перепада (нижняя кривая).

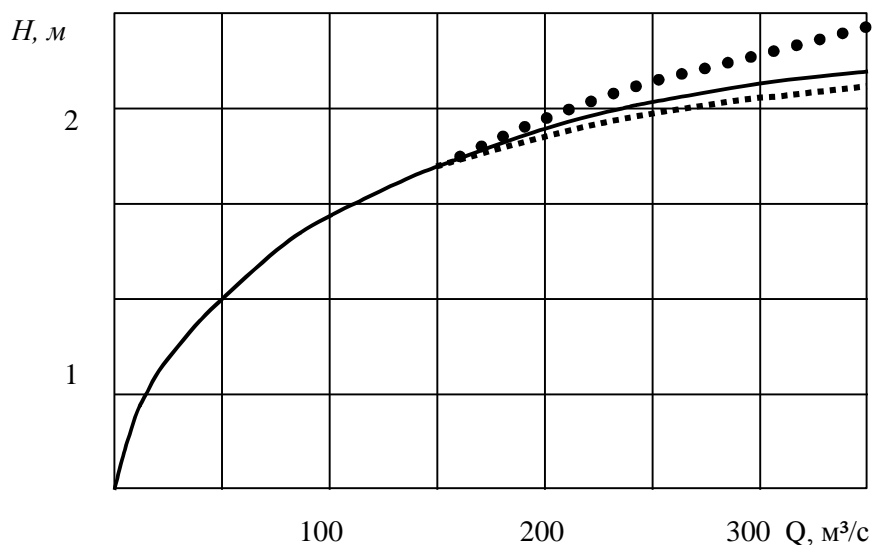


Рис. 1. График пропускной способности водосбросов грунтовых плотин.

Наличие наносов в потоке воды приводит к нарушению режима работы гидросооружения. Для открытых водосбросов нежелательным является отложение наносов на его поверхности: песок и камни агрессивно воздействуют на рабочую часть сооружения, что приводит к повреждению водосброса и выводу его из строя. Во многих случаях поток воды через водосброс транспортирует эти наносы в нижний бьеф, и возникает следующая задача - предотвращение попадания поверхностных, донных и взвешенных наносов в магистральные каналы, трубопроводы и аванкамеры насосных станций. Борьба с наносами на водозаборных узлах предгорных оросительных систем весьма актуальна в южном Казахстане, в частности в Алматинской области.

Одним из вариантов повышения эффективности непрерывной очистки воды от поверхностных, донных и взвешенных наносов является использование закрутки потока и поверхностного слива некоторой части расхода воды, в которой сконцентрированы поверхностные наносы, накопление донных наносов в отстойнике и удаление взвешенных наносов в виде пульпы с использованием конструкции типа гидроциклон [2, 9].

Проведенные эксперименты показали, что для быстотока с клиновидными плитами необходимо для уменьшения величины скорости до

бытовых значений установить в нижнем бьефе водобойную стенку. Гашение энергии в гидротехническом перепаде происходит за счет образования гидравлического прыжка на каждой ее ступени. Расчет длины ступени производится при максимальном расходе.

Рассмотренные выше открытые водосбросы имеют высокую пропускную способность. Отсутствие регулятора на водосливе позволяет гидротехническим сооружениям работать в автоматическом режиме. Надежность и безопасность работы сооружения также обеспечиваются высокой степенью гашения энергии сбросного потока и локализации с последующим удалением наносов на водосливном тракте.

Внедрение предлагаемых конструкций целесообразно для проектируемых, строящихся и существующих сооружений. Сравнительно несложная конструкция и малая материалоемкость позволит без больших затрат времени построить ее в любых геологических условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гидротехнические сооружения /Розанов Н.П., Бочкарев Я.В., Лапшенков В.С., Журавлев Г.И., Каганов Г.М., Румянцев И.С.; Под ред. Розанова Н.П. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 432 с.
2. Касымбеков Ж.К., Кошумбаев М.Б. Улучшение защиты сооружения от наносов // Исследования, результаты. – 2006. – №3. – С. 212-213.
3. Кошумбаев М.Б. Повышение безопасности гидротехнических сооружений за счет эффективности и надежности работы водосброса. // Докл. НАН РК. – 2006. – № 3. – С.33-34.
4. Мироненков А., Сарсембеков Т., Сарсембеков В. Безопасность гидроэнергетики Центральной Азии начинается с плотины. Уроки для Таджикистана. //Мировая энергетика. – 2006. – № 8. – С. 21-29.
5. Мойс П.П. Шахтные водосбросы. –М.: Энергия, 1970.–79 с.
6. Патент 2912 KZ, МКИ Е 02 В 7/06. Водосливная грунтовая плотина. /Кошумбаев М.Б. и др. Заявлено: 08.10.93. Оpubл. Б.И. 1995. – № 4. – 5 с.
7. Постановление Правительства Республики Казахстан от 31 декабря 2003 г. № 1383 «О Программе развития государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций на 2004-2010 годы».
8. Предварительный патент №13045 KZ, МКИ Е 02 В 7/06. Водосливная грунтовая плотина. /Кошумбаев М.Б. Заявлено 21.02.2002. Оpubл. 15.05.2003, бюл. № 5. – 3 с.

9. Предварительный патент №12861 KZ, МКИ Е 02 В 8/02. Наносоуловитель. /Кошумбаев М.Б. Заявлено 22.02.2002. Опубл. 17.03.2003, бюл. № 3. – 3 с.

Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы

**ҚҰРЫЛЫС ЖӘНЕ ҚЫЗМЕТ КЕЗІНДЕ ГИДРОТЕХНИКАЛЫҚ
СООРУЖЕНИЯНЫҢ ЭКОЛОГИЯ МАСЕЛЕСІ**

Техн. ғылым. канд. М.Б. Кошумбаев

Гидротехникалық құрылыстардың тәуекел апат талдаулары және маңызды себептер берілді. Сенімді және қауіпсіз құрылыстарды жұмыс жоғарлату үшін жаңа құрылымдар қарастырылады