

Г.Г. Круглов,

к. т. н., доцент, Белорусский национальный
технический университет

Н.Н. Линкевич,

к. т. н., доцент, Белорусский национальный
технический университет

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ РИСКА ВОЗНИКНОВЕНИЯ АВАРИЙ НА ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ И ШЛАМОХРАНИЛИЩАХ

В годы, предшествующие Великой Отечественной войне и после нее, в Беларуси наблюдался острый дефицит электрической энергии. Поэтому, несмотря на равнинный ландшафт нашей республики, активно велось строительство малых гидроэлектростанций (ГЭС) на небольших реках. К 1960 году было построено около 170 ГЭС с общей установленной мощностью примерно 20 МВт.

Когда было закончено создание Единой энергосистемы бывшего Советского Союза, основу которой составляли крупные (сотни тысяч и миллионы кВт установленной мощности) тепловые электростанции и ГЭС, малые ГЭС оказались нерентабельными. Было принято решение о выводе их из эксплуатации и консервации. Поэтому к 1991 году на территории Беларуси работало только шесть ГЭС, все остальные находились в неудовлетворительном состоянии.

Постоянный и интенсивный рост стоимости энергоресурсов в последние годы объясняется сокращением запасов органического топлива, увеличением затрат на его добычу и т. д. Поэтому в настоящее время в республике на реке Неман начато строительство Гродненской ГЭС установленной мощностью 17 МВт и проектирование Немновской ГЭС; разработан архитектурный проект Полоцкой ГЭС на реке Западная Двина; включено в пятилетний план проектирование ГЭС на реке Днепр. В Минске и Минской области строятся малые ГЭС на гидроузлах неэнергетического назначения: водохранилище Минской ТЭЦ-3, построены уже на водохранилище Минской ТЭЦ-2, гидроузел «Дрозды», водохранилище Жодинской ТЭЦ на реке Плисса, Саковщинская ГЭС на реке Западная Березина.

В состав сооружений гидроузлов малых ГЭС входят водоподпорные глухие плотины, возводимые из местных грунтов, водосбросные сооружения, как правило, бетонные, и здания ГЭС. Кроме энергетических объектов активно ведется строительство и реконструкция шламохранилищ РУП «ПО «Беларуськалий», которые также являются подпорными сооружениями.

Аварии на водоподпорных сооружениях всегда связаны с большими ущербами, а иногда и с человеческими жертвами. Так, авария на бетонной арочной плотине «Вайонт» (Италия) в 1963 году унесла более двух тысяч человеческих жизней, аналогичные последствия имела и авария на плотине «Мальпас» (Франция) в 1959 году. Разрушение в 1976 году грунтовой плотины «Титон» (США) вызвало затопление нескольких тысяч жилых поселков и больших площадей сельскохозяйственных угодий.

По данным Международной комиссии, на больших (более 15 м высотой) плотинах 45–50 % аварий связано с недостаточной надежностью основания, 27–37 % — с недостаточной водопропускной способностью сооружений и 7–14 % — с низким качеством работ.

В нашей республике крупных аварий, связанных с человеческими жертвами и большим экономическим ущербом, не было. Однако примеры достаточно серьезных аварий есть. Так, в 1993 году произошла авария на Добромысленской ГЭС на реке Черница в Витебской области. В состав сооружений гидроузла входит здание ГЭС, бетонная водосливная и земляная плотины (рисунки 1–3).



Рисунок 1 — Общий вид со стороны водохранилища на здание ГЭС, водосливную плотину и левобережную земляную плотину



Рисунок 2 — Бетонная водосливная плотина



Рисунок 3 — Здание ГЭС, водосливная плотина и правобережная земляная плотина

В связи с продолжительными и интенсивными осенними дождями произошло переполнение водохранилища и перелив воды через гребень земляной плотины, в результате чего левобережная земляная плотина была полностью смыта.

Во избежание аварийных ситуаций при проектировании и строительстве подпорных сооружений необходимо разрабатывать декларации их безопасности, а разработка деклараций требует оценки степени риска возникновения аварий на этих сооружениях. Однако в настоящее время в Республике Беларусь отсутствуют нормативные документы, позволяющие проводить такую оценку вероятности возникновения аварий.

На кафедре гидротехнического и энергетического строительства БНТУ имеется опыт такой оценки. Так, в 2008–2009 гг. на основании обследования экспертами шламохранилищ РУП «ПО «Беларуськалий» и рассмотрения всех возможных факторов, из-за которых может произойти разрушение дамб шламохранилища, проводилась оценка вероятности возникновения аварий.

При оценке степени риска разрушения дамб шламохранилища были проанализированы все возможные причины, по которым может произойти разрушение, оценена вероятность появления таких ситуаций по каждой из причин и их совокупности и на основании данного анализа установлен интегральный показатель степени риска разрушения ограждающих дамб.

При анализе учитывались результаты изучения причин разрушения

дамб в республике, а также аналогичные результаты, полученные за рубежом и опубликованные в литературных источниках. При этом учитывалось, что существующие методы расчета плотин и дамб разработаны в основном по результатам изучения причин разрушения таких сооружений.

В общем случае надежность дамб можно установить по группе показателей, которые определяются инженерными расчетами, а также по другой группе показателей, которые невозможно определить расчетным путем и которые оцениваются по аналогии с сооружениями, на которых наблюдались нарушения их нормальной работы или разрушения.

Основным показателем первой группы являются характеристики грунтов основания, их прочностные свойства, которые и обеспечивают устойчивость принятой конструкции. Недостаточная прочность грунтов для принятой конструкции дамб в большинстве случаев являлась причиной разрушения дамб.

Анализ причин возможного разрушения дамб шламохранилищ, которые нельзя оценить результатами строгих инженерных расчетов, выполняется по опыту эксплуатации дамб аналогичной конструкции и представляется в виде экспертной оценки.

В таблице 1 приведены возможные причины возникновения аварий на дамбе шламохранилища «Южная карта» 4-го рудоуправления РУП «ПО «Беларуськалий».

Таблица 1 — Определение вероятности возникновения аварий на дамбе шламохранилища «Южная карта»

Причины возникновения аварий	Вероятность разрушения ограждающих дамб по оценке экспертов, %					итоговая оценка
	Ф. И. О. экспертов					
	эксперт 1	эксперт 2	эксперт 3	эксперт 4	эксперт 5	
1. Причины, для оценки которых существуют инженерные расчеты						
1.1 обрушение откосов ограждающих дамб	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1.2 разрушение верхового откоса дамбы под действием волн	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1.3 разрушение верхового откоса дамбы под действием ледяного покрова	0	0	0	0	0	0
1.4 разрушение дамбы вследствие перелива шламов через гребень дамбы	0	0	0	0	0	0
2. Причины, для оценки которых нет инженерных расчетов						
2.1 разрушение ограждающих дамб из-за разжижения грунтов	0	0	0	0	0	0
2.2 образование сосредоточенных путей фильтрации вследствие:						
— образования трещин из-за неравномерных осадок дамб	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
— необнаруженных изысканиями прослоев фильтрующих грунтов	0	0	0	0	0	0
— ходов, проделанных землеройными животными	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
— интенсивного влагопереноса к фронту промерзания и образования в теле дамбы ледяных прослоев	0	0	0	0	0	0
2.3 размыв откосов ограждающих дамб при разрыве шламорассолопроводов, расположенных на гребне дамбы	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
2.4 обрушение в шламохранилище откоса свежееотсыпанных на существующий солеотвал галитов	0	0	0	0	0	0

Разрушение дамб по причинам рассматриваемой группы в большинстве случаев может происходить из-за плохой эксплуатации. При квалифицированной эксплуатации своевременное обнаружение любого отклонения от нормальной работы позволяет его устранить. При этом большинство причин приводят к разрушению не сразу после их появления, а через относительно длительный промежуток времени, достаточный для осуществления мероприятий по их ликвидации и обеспечению устойчивости дамбы. Все это позволяет оценивать степень риска разрушения дамб как незначительную.

Ознакомление с проектом, обследование в натуре дамб шламохранилища группой экспертов, проведенное в апреле 2009 г., выполненные расчеты устойчивости, системный анализ возможных причин разрушения

дамб аналогичной конструкции свидетельствуют о малой степени риска разрушения дамб шламохранилищ и, как следствие, возникновения гидродинамической аварии. Так, итоговая вероятность возникновения аварии на шламохранилище 4-го рудоуправления равна 0,05 %.

Аналогичная работа проведена на других шламохранилищах РУП «ПО «Беларуськалий».

Необходимость разработки декларации безопасности напорных гидротехнических сооружений и сооружений для складирования промышленных отходов обуславливает потребность в разработке методики оценки степени риска возникновения аварий на таких сооружениях и утверждения ее в качестве технического нормативного правового акта.

Библиографический список

1. ГОСТ 27.002-83. Надежность в технике. Термины и определения. — М.: Издательство стандартов, 1983.
2. Голикевич Т.А. Прикладная теория надежности. — М.: Высшая школа, 1985.
3. Мирцхулава Ц.Е. Надежность гидромелиоративных сооружений. — М.: Колос, 1974.
4. Малаханов В.В. Техническая диагностика грунтовых плотин. — М.: Энергоатомиздат, 1990.
5. Ничипорович А.А. Плотины из местных материалов. — М.: Стройиздат, 1973.
6. Гогоберидзе, М.И. Научные основы постановки натуральных наблюдений на плотинах. — Тбилиси: Мецниереба, 1980.
7. Обобщение данных статистического анализа аварий и инцидентов в аспекте надежности плотин / М.И. Гогоберидзе [и др.]. — Сообщения АН Груз.ССР. 1977, т. 86, № 3.
8. Schwitter, N/ Statistische Sicherheit der Talsperren/ Wasser, Enerqia, Laft, 1976. Vol. 68, № 5.
9. Исследование устойчивости грунтовых дамб по объекту «Реконструкция карт шламохранилища 4 РУ с получением дополнительной емкости». Заключительный отчет. — Минск, 2005.
10. Исследование устойчивости ограждающих дамб на слабом основании на объекте «Реконструкция карт шламохранилища 4 РУ с получением дополнительной емкости. II очередь». Заключительный отчет. — Минск, 2008.