

УДК 626/627:556.11

В.С. Малеева

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМЫ УДАЛЕННОГО КОНТРОЛЯ УСТОЙЧИВОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Рассмотрена проблема повышения уровня безопасности гидротехнических сооружений (ГТС) за счет создания системы удаленного контроля устойчивости, позволяющей оперативно определять коэффициент запаса устойчивости и вовремя принимать управляющие решения по обеспечению безопасности ГТС.

Ключевые слова: безопасность гидротехнических сооружений, уровень безопасности, коэффициент запаса устойчивости, удаленный контроль.

Гидротехнические сооружения являются технически сложными и ответственными с экономической, экологической и социальной точек зрения объектами, которые могут не только существенно изменять условия существования экосистем и социумов и физико-географические характеристики целых регионов, но и представлять потенциальную опасность возникновения крупных аварий и техногенных ЧС в результате отказов и неисправностей [1]. Августовская авария на одной из самых больших гидроэлектростанций Европы - Саяно-Шушенской ГЭС яркое тому подтверждение, заставляющее всерьез задуматься о надежности и безопасности столь сложных техноприродных систем.

Согласно данным МПР России, в настоящее время на территории страны эксплуатируется более 28,5 тысяч водохранилищ, 510 накопителей промышленных стоков и отходов, в том числе 330 крупных водохранилищ емкостью более 10 млн м³; в нижних бьефах ГТС в зонах потенциального затопления проживает около 10 млн. человек. На 200 водохранилищах и 56 накопителях отходов ГТС

эксплуатируются без ремонта более 50 лет и находятся в аварийном состоянии. Около 22 % всех ГТС на водохозяйственных объектах требуют капитального ремонта [2]. Все это свидетельствует о необходимости применения современных методов анализа разнообразной накопленной и вновь поступающей оперативной информации о возможных причинах снижения уровня безопасности ГТС. На этой основе должна быть обеспечена необходимая оперативность и объективность оценки состояния эксплуатируемых плотин.

Одним из важнейших факторов, определяющих надежность и безопасность гидротехнических сооружений, является их устойчивость. Устойчивость ГТС определяется рядом факторов, которые подробно проанализированы в трудах ВНИМИ, МГГУ, ВИОГЕМ и т.д. Особое значение приобретают вопросы обеспечения оперативного получения и обработки важных для оценки устойчивости гидротехнических сооружений параметров, которые определяют коэффициент запаса устойчивости η .

Проблема повышения уровня безопасности гидротехнических со-

оружений за счет создания системы удаленного контроля устойчивости плотины рассматривается на примере Кармановской ГРЭС.

Кармановская ГРЭС является промышленным предприятием по выработке электрической энергии за счет органического топлива. Объект является важным звеном ЕЭС России, так как обеспечивает энергоснабжение нефтедобывающих районов, расположенных на стыке Республики Башкортостан, Удмуртской Республики и Пермской области.

В состав ГТС напорного фронта Кармановской ГРЭС входит грунтовая плотина с бетонным водосбросом, перекрывающим русло р. Буй, с максимальным напором на сооружение – 13,6 м и водохранилище-охладитель со струенаправляющими дамбами. Основанием плотины служат песчано-гравелистые суглинки.

Уровень безопасности гидротехнических сооружений Кармановской ГРЭС определялся по «Методике оперативной оценки безопасности ГТС, находящихся в длительной эксплуатации» (ОАО НИИЭС) на основе сопоставления факторов безопасности, учтенных при составлении проекта и уточненных в ходе строительства, эксплуатации, ремонтов с факторами безопасности, действующими на момент обследования ГТС. Уровень безопасности гидротехнических сооружений Кармановской ГРЭС характеризуется как нормальный.

В ходе определения уровня безопасности (стандарт предприятия «НИИЭС») были выявлены основные факторы, внушающие опасения и смоделированы возможные сценарии развития аварий:

- наличие слабочувствительных и неработающих пьезометров, расположенных в грунтовой плотине, возможно обводнение низового клина плотины вследствие нарушения работы

дренажной системы и потеря его устойчивости;

- отсутствие наблюдений за пьезометрами водосброса из-за выхода их из строя, вследствие чего возможны потеря устойчивости бетонного водосброса из-за развития суффозионных процессов;

- отсутствие системы автоматизированного мониторинга ГТС, контроля сбора и обработки результатов измерений.

Возможно развитие аварии вследствие наступления катастрофического паводка и теракта.

Наличие в основании и теле плотины связных пород провоцирует возникновение в них порового давления, что значительно снижает устойчивость сооружения. Существующие пьезометры контролируют только уровень обводненности тела плотины, что недостаточно для определения фактической ее устойчивости.

Проведенный анализ уровня безопасности показал, что одним из основных факторов, внушающих опасения, является наличие слабо чувствительных и неработающих пьезометров, расположенных в грунтовой плотине и отсутствие системы автоматизированной системы мониторинга и контроля ГТС [3]. Поэтому в качестве основного способа повышения безопасности предложено создание системы удаленного контроля плотины, основанного на значительном опыте кафедры геологии МГУ и ООО «Карбон» в области геотехнического контроля устойчивости откосных сооружений техногенных массивов на горных предприятиях рудной, угольной и строительной отраслей. Подобная схема контроля применялась на гидроотвалах «Березовый Лог», «Балка Чуфичева», «Балка Суры» (Лебдинский ГОК), хвостохранилище и гидроотвале Михайловского ГОКа, хвостохранилище Вяземского ГОКа.

Первоначально был проведен расчет коэффициента устойчивости откосов по нескольким профилям плотины. Расчет производился по программе, разработанной на кафедре геологии МГТУ В. Н. Зуем. Программа позволяет после ввода даты измерений и выбора файла с данными о геометрии и материале дамб и градуировочными характеристиками датчиков производить расчёт положения депрессионной кривой и автоматически выбирает линию скольжения с наименьшим коэффициентом запаса устойчивости. Расчёт устойчивости дамб производится методом алгебраического суммирования и многоугольника сил.

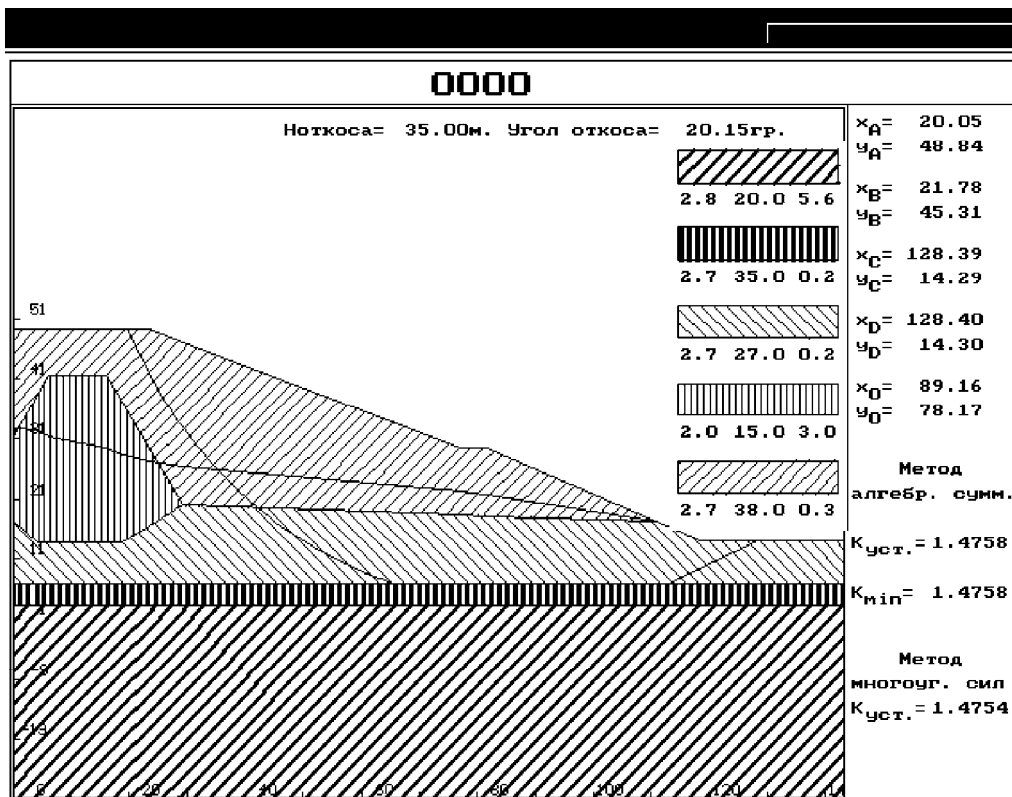
Программа расчета коэффициента запаса устойчивости предусматривает возможность ограничения снизу поверхности скольжения. При подготовке исходных данных на поперечном разрезе откоса и его основания, выполненном в одном вертикальном и горизонтальном масштабах, показывают геологического строения и положение кривой депрессии, оползневой клин разбивают на сегменты.

Исходными данными для расчета устойчивости плотины КГРЭС являются геометрические параметры откосов и свойства слагающих пород (плотность, угол внутреннего трения, сцепление). Оползневой клин разбивается на блоки, имеющие характерные особенности, в пределах которых поверхность откоса, границы между различными слоями пород и депрессионная поверхность представляют собой прямолинейные участки. Количество блоков не менее 7-8, чем больше блоков, тем выше точность [4]. Данные заносятся в файл. Результаты расчета коэффициента устойчивости по одному из профилей плотины представлены на рисунке.

Минимальный коэффициент запаса устойчивости составил $\eta = 1,33$ по наиболее широкому профилю (место прохождения старого русла реки), поэтому предлагается создание дополнительного створа на данном участке, по всем остальным профилям значения коэффициентов запаса устойчивости соответствуют нормативным ($\eta > 1,33$).

Эффективный контроль за состоянием плотины предлагается осуществлять за счет использования стационарных датчиков-пьезодинамометров, заложенных по возможным поверхностям скольжения. Принцип измерения заключается в подаче короткого высоковольтного импульса на обмотку возбуждения датчика и измерении периода свободных затухающих колебаний, наводимых струной датчика в обмотке, после снятия импульса возбуждения. Период колебаний зависит от внешнего давления на мембрану датчика. Система удаленного контроля предусматривает создание дистанционной опрашиваемой аппаратуры, совмещенной с компьютером, способной посылать сигнал на установленные в массиве плотины датчики и принимать их значения [5]. Это позволит оперативно определять коэффициент запаса устойчивости и вовремя принимать управляющие решения по обеспечению безопасности ГЭС.

В связи с развитием сотовой связи и удешевлением оборудования в настоящее время получили большое распространение устройства контроля и управления удаленных объектов через сотовую связь стандарта GSM в нескольких режимах (GPRS, SMS и т.д.). Разработано устройство для удаленного контроля состояния намывных плотин, в которых установлены струнные датчики давления



воды системы ДИГЭС (ранее «Гидропроект», Москва). Устройство разработано во ВНИМИ (г. Санкт-Петербург).

Устройство располагается в устье скважины на небольшой глубине и работает в необслуживаемом режиме длительное время (более полугода). Информация передается с заданной периодичностью, а в случае превышения измеренных значений предварительно заданных величин подается аварийный сигнал.

Скважинный автоматический периодомер САП-1М/GSM предназначен для измерения в автоматическом режиме периодов колебаний струнных датчиков давления типа ПДС, накопления результатов измерения в энергонезависимой памяти и передаче данных по сотовой GSM сети в компьютер.

Устройство состоит из следующих составных частей:

Скважинный комплект:

1. Блок электронный САП-1М/GSM и блок соединительный.
2. Кабель соединительный.
3. Блок питания с модемом Enfora Enabler II-G GSM0116-00.
4. Антенна выносная штыревая на магнитном основании.

Базовая станция:

1. Модем Enfora GSM1218 SA-GL.
2. Блок питания сетевой 7.5В/2А.
3. Антенна штыревая угловая ADA-0086-L.
4. Кабель модемный.

Программа SAPGSM служит для обеспечения работы устройства.

Устройство предназначено для измерения давления в газовой или жидкой средах совместно со струнными преобразователями давления (в даль-

нейшем, датчики) типа ПДС-ЗП, ПДС-10П, ПДС-30П и подобными. К устройству могут быть подключены до 10 датчиков указанных типов.

Устройство запоминает результаты измерения во внутренней энергонезависимой памяти емкостью до 64500 отсчетов, что позволяет записывать данные по 10 каналам с периодом измерения, например, 1 час, в течение 132 суток. Данные могут быть в любой момент считаны

в компьютер по стандартному последовательному интерфейсу RS-232 или переданы по радиоканалу согласно расписанию [5].

Экономия времени и средств на этапах сбора и обработки важных для определения устойчивости гидротехнических сооружений параметров позволит более оперативно выполнять диагностику их состояния и предотвращать возникновение и развитие чрезвычайных ситуаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Векслер А.Б., Ивашинцов Д.А., Стефанишин Д.В. Надежность, социальная и экологическая безопасность гидротехнических объектов: оценка риска и принятие решений. - СПб.:Изд-во ОАО «ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева», 2002 – 592 с.
2. Денисов В.В. Безопасность жизнедеятельности. Защита населения и территорий при чрезвычайных ситуациях: Учеб. пособие. – М.: ИКЦ «МарТ», 2007. – 720 с.
3. Декларация безопасности гидротехнических сооружений Кармановской ГРЭС от 12.08.05. Ростехнадзор. Управление по надзору в электроэнергетике.
4. Зайцев В.С., Кириченко Ю.В., Шекина М.В. Учебное пособие «Задачник по геомеханике» для студентов горных специальностей. - М, 2005.
5. Отчет «Локальный гидрогеомониторинг отвала меловых пород и хвостохранилища» на тему «Гидрогеомониторинг отвально-хвостового хозяйства ОАО «Стойленский ГОК» для обеспечения промышленной и экологической безопасности». МГУ – М., 2007. **УДБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Мадеева В.С. – аспирант, Московский государственный горный университет, Moscow State Mining University, Russia, ud@msmu.ru



ДИССЕРТАЦИИ

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	Название работы	Специальность	Ученая степень
КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ К.И.САТПАЕВА			
ФИОНИН Евгений Александрович	Разработка ресурсосберегающих схем путевого развития глубоких карьеров	25.00.22	к.т.н.