

УДК 351.791.1

В.В. Гришко

Общество с ограниченной ответственностью Гидротехпроект, г. Харьков

НАТУРНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА СОСТОЯНИЕМ ОСНОВНЫХ СООРУЖЕНИЙ ДНЕСТРОВСКОЙ ГИДРОАККУМУЛИРУЮЩЕЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

В настоящее время, когда города развиваются с большой скоростью, все чаще постаёт вопрос об обеспечении их электроэнергией. Для потребления населением пиковой энергии в утреннее и вечернее время широко используются гидроэлектростанции. Однако гидротехнические сооружения являются ответственными и потенциально опасными объектами, требующие значительного внимания в вопросах надёжности и безопасности. На примере Днестровской гидроаккумулирующей электростанции рассмотрены основные подходы по оценке состояния гидротехнических сооружений по данным натуральных наблюдений.

Ключевые слова: гидроаккумулирующая электростанция, надёжность, контрольно-измерительная аппаратура, натурные наблюдения, критерии безопасности, предельно допустимые показатели.

Введение

Целью натурального контроля, с точки зрения надёжности, является регулярное получение достоверной оценки состояния гидротехнических сооружений (ГТС), а также направленности происходящих в них изменений и процессов, а с точки зрения безопасности — как можно более раннее обнаружение, оценка и прогноз потенциальной опасности. Для достижения этой цели должно быть обеспечено регулярное получение полноценной информации по состоянию и работе сооружений, что достигается оснащением сооружений контрольно-измерительной аппаратурой и проведением наблюдений в соответствии с установленными требованиями, техническими возможностями и имеющимся опытом.

Основой диагностического контроля ГТС является регулярные натурные наблюдения за состоянием основных гидротехнических сооружений, которые включают визуальные и инструментальные наблюдения, которые дополняют друг друга.

Кроме того, при необходимости должны проводиться наблюдения специальных видов по специальным методикам, с применением специальных переносных (передвижных) технических средств, а также лабораторных и камеральных методов обработки.

В данной работе приведена характеристика контрольно-измерительной аппаратуры (КИА) Днестровской ГАЭС, даны примеры полученных результатов измерений, изложены основные подходы к оценке состояния и работы гидротехнических сооружений.

Краткое описание основных сооружений Днестровской ГАЭС

Днестровская гидроаккумулирующая электростанция (ГАЭС) расположена на р. Днестр в юго-западной части Украины на территории Черновицкой и Винницкой областей и предназначена для работы в циклическом режиме: потребление излишней энергии атомных и тепловых электростанций в ночное время и выдача пиковой энергии в утреннее и вечернее время.

Днестровская ГАЭС является составной частью Днестровского гидроэнергетического каскада, в который входит:

- Днестровская ГЭС-1.	Установленная мощность ГЭС – 702 МВт.
- Днестровская ГЭС-2.	Установленная мощность ГЭС – 40,8 МВт.
- Днестровская ГАЭС	установленной мощностью 2268/2947 МВт (генераторный/насосный режимы) состоит из семи обратимых гидроагрегатов по 324/421 МВт каждый. На ГАЭС предусмотрены насос-турбины радиально-осевого типа.

В состав основных сооружений Днестровской ГАЭС входят (рис. 1): верхний водоём (4), склоны основных сооружений, верхняя и нижняя дренажные штольни, водоприемник (1), подводящие водоводы (2), здание ГАЭС (3), пристанционная площадка, отводящие водоводы, водовыпуск, нижнее водохранилище с защитными сооружениями (5).

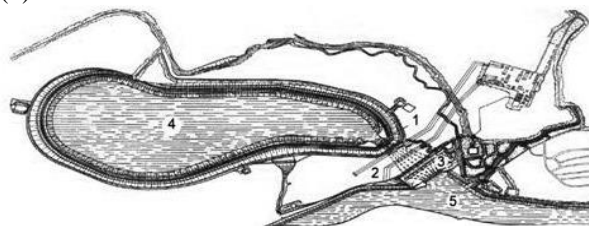


Рис. 1. План сооружений Днестровской ГАЭС

Верхній водоем являється искусственным и расположен на узком эрозийном мысе, ограниченном долинами рек Днестр и Сокирянка и системой Волошковских оврагов [1]. Верхний водоем создается в полувыемке-полунасыпи, расположенного выше уровня воды р. Днестр примерно на 150 м. Полный объем верхнего водоема составляет 38,80 млн. м³, полезный – 32,70 млн. м³. Ограждающие правобережная и левобережная земляные насыпные дамбы верхнего водоема выполнены до проектной отметки +231,500 м.

Нижним водоемом является буферное водохранилище Днестровской ГЭС-2. Нижнее водохранилище имеет объем при отметке НПУ 70,10 млн. м³, полезный – 60 млн. м³.

Для максимально возможного сохранения природного состояния склонов, гидрогеологических условий грунтового массива основания верхнего водоема и надежности работы всего комплекса сооружений ДГАЭС предусмотрен дренаж склонов, включающий дренажные штольни верхнего и нижнего ярусов [2]. Верхняя дренажная штольня длиной 1500 м предназначена для перехвата воды верхнего водоносного горизонта и предупреждать выход ее на склон. Она проходит ниже НПУ на 30 м в песках. Нижняя дренажная штольня длиной 2600 м предназначена для перехвата нижнего водоносного горизонта и проходит в аргиллитах ниже верхней штольни на 80 м. Дренаж склонов выполнен в полном объеме.

Водоприемник напорного типа из монолитного железобетона имеет длину по напорному фронту 85 м, по течению потока – 65 м, максимальная высота от подошвы – 32 м. На данном этапе железобетонный конструктив водоприемника выполнен в полном объеме.

Подводящие (напорные) водоводы – это семь отдельно расположенных туннелей, которые соединяют водоприемник с агрегатными шахтами, каждый из туннелей включает вертикальный водовод со сталежелезобетонным креплением высотой около 100 м, диаметром 7,5 м и горизонтальный участок длиной около 400 м, из которых 200 м с железобетонным креплением и 200 м со сталежелезобетонным креплением. Подводящие водоводы №1, №2 выполнены в полном объеме.

Здание ГАЭС шахтного типа расположено у подножья склона правого берега р. Днестр. Гидроагрегаты ГАЭС находятся в отдельно расположенных шахтах диаметром 26 м, глубиной 50 м, на расстоянии 54 м по оси один от другого. На отметке +85,850 м шахты агрегатов имеют общую надстройку - машинный зал и монтажную площадку, которые расположены со стороны гидроагрегата №1. Шахты гидроагрегатов, монтажная площадка, машинный зал в пределах гидроагрегата №1 и №2 имеют полную строительную готовность. В шахтах гидроагрегатов №3, №4 и №5 ведутся проходческие работы, работы по бетонированию фундаментной плиты, в шахтах

гидроагрегатов №6 и №7 работы не начинались [3, 4].

Отводящие водоводы это семь отдельно стоящих нитей, соединяющих агрегатные шахты с водовыпуском. Отводящие водоводы длиной 120-150 м и внутренним диаметром 8,2 м. На данном этапе выполнены в полном объеме отводящие водоводы №1, №2, №3. На отводящих водоводах №4 и №5 выполнены проходческие и бетонные работы. На отводящих водоводах №6 и №7 строительные монтажные работы не выполнялись.

Водовыпуск соединяет отводящий канал с семью водоводами со стороны НБ одним сооружением железобетонной конструкции, длина по фронту 182,0 м, ширина – 45,0 м, высота – 28,8 м. Железобетонный конструктив водовыпуска выполнен в полном объеме.

Состав контрольно-измерительной аппаратуры

В соответствии с разработанной Укргидропроектом «Программой натуральных контрольных и специальных наблюдений и исследований сооружений и конструкций Днестровской ГАЭС в период строительства и эксплуатации» было предусмотрено оснащение гидросооружений соответствующей контрольно-измерительной аппаратурой (КИА), проведения контрольных визуальных наблюдений и замеров всех показателей, необходимых для оценки состояния как наземных, так и подземных сооружений.

В соответствии с указаниями нормативных документов [5, 6], для наблюдения за основными параметрами состояния сооружений была запроецирована и установлена следующая КИА:

- высотные марки и пьезометры правобережной и левобережной ограждающих дамб верхнего водоема;

- пьезометры и обратные отвесы на плато вокруг ограждающих дамб;

- пьезометры и другая КИА в дренажных штольнях;

- высотные марки, контрольные знаки и пьезометры склона основных сооружений, Днестровского и Сокирянского склонов;

- высотные марки, шелемеры, пьезометры и другая КИА бетонных сооружений узлов водоприемника и водовыпуска;

- датчики для контроля показателей напряженного состояния большей части подводящих и отводящих водовод;

- датчики для контроля показателей напряженного состояния железобетонных стен и других конструкций шахт гидроагрегатов №1 и №2, частично - №3;

- пьезометры пристанционной площадки и часть пьезометров территории между зданием ГАЭС и отводным каналом.

Фактически на данном этапе общее количество КИА, установленной на сооружениях и

конструкциях Днестровской ГАЭС равна 2699 единиц, из них 2221 действующих.

Действующий нормативный документ [7] содержит требование по оснащению ответственных напорных гидротехнических сооружений автоматизированной системой диагностического контроля.

В соответствии с этим, начиная с сентября 2009 года до настоящего времени на Днестровской ГАЭС выполняется комплекс мероприятий по разработке и внедрению автоматизированной системы контроля гидротехнических сооружений (АСК ГТС). Сначала была разработана первоочередная АСК ГТС для нужд пускового комплекса гидроагрегата №1. Указанная система практически внедрена. Далее были разработаны проект и рабочая документация расширения АСК ГТС для пускового комплекса гидроагрегатов №2, №3.

Примеры полученных результатов натурных наблюдений

Инструментальные и визуальные наблюдения по состоянию ГТС Днестровской ГАЭС проводятся с периодичностью раз в месяц, в период пуско-наладочных работ замеры выполняются в учащенном режиме [8].

Все полученные данные по натурным наблюдениям, выполненные ручным съёмом, обрабатываются и заносятся в общую базу данных. На сегодняшний день для удобного и качественного формирования базы данных используется программа Microsoft Office Excel 2007, которая позволяет выполнять вычислительные, аналитические операции и визуализировать данные в кратчайшие сроки.

Для наглядности и упрощения процесса анализа выполняются графики, построенные по всем полученным значениям за весь период наблюдений. На графиках хорошо видны закономерные изменения в техническом состоянии сооружений, обусловленные изменением температуры воздуха, бетона и воды, а также условиями работы верхнего водоема, при необходимости строятся эпюры отражающие данные за последний цикл наблюдений (рис. 2, 3).

Основная цель создания и внедрения АСК ГТС - обеспечение полноты и оперативности инструментального контроля путем оснащения точек датчиками для частого снятия показаний в автоматическом режиме. Функции автоматического сбора данных, их хранения, обработки и разнообразного представления результатов осуществляет специальный программный комплекс "Титан". На данный момент специальный программный комплекс «Титан» находится на стадии внедрения в эксплуатацию.

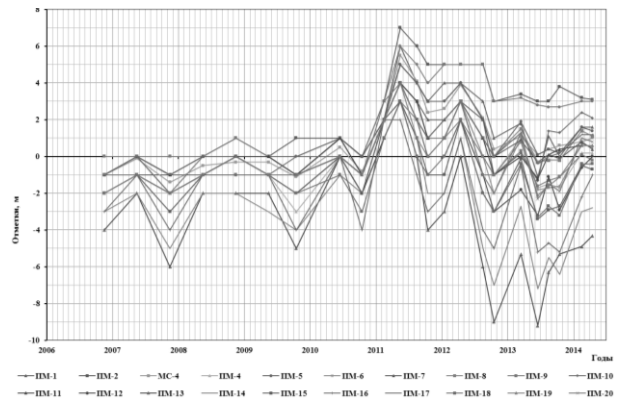


Рис. 2. Пример графиков осадок по маркам установленных на Днестровском склоне

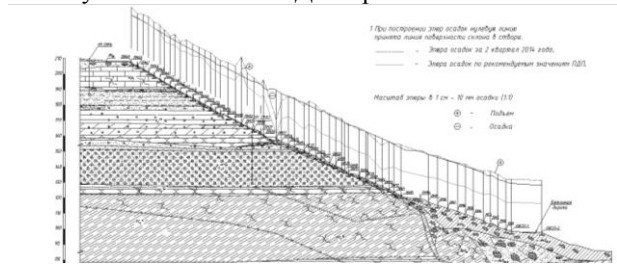


Рис. 3. Эпюра осадок в геодезическом створе №23

Существующие подходы к оценке состояния ГТС по данным натурных наблюдений

В данной работе было рассмотрено и проанализировано два более широко применяемых подхода по оценки состояния гидротехнических сооружений, таких как:

- критерии безопасности гидротехнических сооружений [9];
- предельно допустимые показатели состояния гидротехнических сооружений [10].

Критерии безопасности гидротехнических сооружений

Отличительной особенностью данной методике является введение двух уровней критериальных значений диагностических показателей состояния сооружений К1 и К2. При этом первый уровень К1 является предупреждающим. Превышение первого уровня сигнализирует о наступлении потенциально опасного состояния и требует от собственника (эксплуатирующей организации) оповещения об этом органа надзора и принятия оперативных мер по переводу сооружения в нормальное состояние. В отличие от первого, превышение второго уровня критериальных значений К2 влечет за собой также и ввод ограничений на режим эксплуатации гидротехнического сооружения (вплоть до понижения уровня верхнего бьефа) и характеризуется как опасный уровень и неработоспособное (аварийное) состояние.

Оперативную оценку эксплуатационного состояния сооружения и его безопасности следует осуществлять путем сравнения измеренных (или вычисленных на основе измерений) количественных и качественных диагностических показателей с их критериальными значениями К1 и К2.

Назначение численных значений критериев К1 и К2 производится на основе результатов поверочных расчетов при основных и особых сочетаниях нагрузок, эмпирических функциональных зависимостей, построенных на основе статистической обработки данных многолетних натуральных измерений. Критериальные значения показателей представляются в виде их численных значений, эпюр, графиков связи с нагрузками и воздействиями, качественных характеристик процессов и т.п.

При назначении критериев безопасности сооружения должен соблюдаться принцип последовательного уточнения их значений, начиная с периода перед наполнением водохранилища, в период наполнения водохранилища до НПУ вплоть до выхода работы сооружения на установившейся режим. После получения необходимого объема натуральных наблюдений производится сравнение их с проектными предпосылками, уточнение математических моделей сооружений в комплексе с их основаниями, корректировка состава и величины критериев надежности и безопасности.

В последующий период эксплуатации корректировку критериев целесообразно повторять при составлении и пересмотрах Декларации безопасности, а также после выполнения работ по реконструкции, ремонту сооружений или при появлении неблагоприятных признаков «старения» сооружений, снижающих их надежность.

Критерии безопасности предназначены для использования эксплуатационным персоналом при оперативной оценке состояния контролируемых сооружений (в системе мониторинга) по данным натуральных наблюдений.

Предельно допустимые показатели (ПДП) состояния и работы гидротехнических сооружений

Под предельно допустимыми значениями показателей имеются в виду такие, при достижении которых устойчивость или прочность сооружения, его основания или их отдельных элементов еще соответствуют нормативным требованиям. Такой подход основан на предположении, что в этих условиях обеспечивается стабильное состояние сооружений. При этом резкое изменение наблюдаемых показателей должно анализироваться с целью выявления причины, вызвавшей это изменение и его влияния на надежность сооружений.

Предельно допустимые контролируемые показатели рекомендуется устанавливать по таким параметрам как абсолютные значения показателей и допустимая интенсивность их изменения во времени.

Необходимость контроля интенсивности изменения показателей обусловлена тем, что в период нормальной эксплуатации в работе сооружений могут возникнуть по разным причинам не предусмотренные проектом негативные явления, которые проявляются в виде резкого увеличения деформаций сооружения (осадки, горизонтальные

перемещения), противодействия по подошве, фильтрационного расхода и др.

Для проектируемых сооружений предельно допустимые значения показателей работы гидротехнических сооружений определяются на основании расчетов сооружения по непригодности к эксплуатации (предельные состояния первой группы) и по непригодности к нормальной эксплуатации (предельные состояния второй группы).

Предельно допустимые показатели для длительно эксплуатируемых сооружений определяются по результатам многолетних натуральных наблюдений с учетом старения материалов и расчетов, выполненных при проектировании. При каждом очередном обследовании сооружений предельно допустимые контролируемые показатели могут быть уточнены, если в процессе эксплуатации были выявлены новые особенности в работе сооружения.

Оперативная оценка состояния сооружений производится на основе сравнения установленных рекомендуемых ПДП с результатами измерения этих показателей по КИА. В случаях, превышения измеренной величины одного или нескольких показателей над назначенными предельно допустимыми значениями будет указывать на то, что в состоянии сооружения происходят изменения, по сравнению с проектными. В этом случае службой эксплуатации ГТС с привлечением проектной организации производится оценка состояния сооружений и последствий возможного нарушения их нормального состояния, возможность возникновения аварийной ситуации и необходимость разработки предложений по ее исключению.

Выводы

По состоянию на настоящее время количество установленной и действующей на Днестровской ГАЭС контрольно-измерительной аппаратуры можно оценить, как условно достаточное для обеспечения надежного контроля состояния ГТС.

Контроль и оценка состояния гидротехнических сооружений Днестровской ГАЭС выполняется на основании сравнения предельно допустимых показателей с количественными показателями, измеренными по установленной КИА, а также на основании анализа качественных показателей состояния сооружений, по результатам визуальных обследований.

Для анализа на Днестровской ГАЭС была выбрана методика предельно допустимых показателей оценки состояния гидротехнических сооружений. Она позволяет выявить отклонения от проектного состояния до того момента как показатели измеренные по КИА превысят назначенные предельно допустимые показатели. В данной методике предусмотрен контроль за интенсивностью измерения показателей, резкое увеличение измерений свидетельствует о

возникновении негативных явлений в гидротехнических сооружениях не предусмотренных проектом. А это в свою очередь позволит на ранних стадиях предотвратить развитие неблагоприятных процессов в гидротехнических сооружениях и обеспечить надежную работу всего комплекса Днестровской ГАЭС.

Литература

1. Бондаренко Ю.Н., Павловский В.И., Сук С.П. Искусственный водоем энергетического назначения. «Гидроэнергетика Украины», №1, 2013, стр. 16.
2. Вайнберг А.И. Численные исследования напряженно-деформированного состояния, прочности и устойчивости склона основных сооружений. «Гидроэнергетика Украины», №1, 2012, стр. 48.
3. Вайнберг А.И. Особенности напряженно-деформированного состояния агрегатных шахт Днестровской ГАЭС. «Гидроэнергетика Украины», №3, 2009, стр. 28.
4. Вайнберг А.И., Хлапук Н.Н., Рябенко А.А. Днестровская ГАЭС - новые достижения гидроэнергетики Украины. «Гидроэнергетика Украины», №3, 2009, стр. 21.
5. ГКД 34.21.342-2003. Типова технічна програма обстеження гідротехнічних споруд і гідромеханічного обладнання електростанцій.
6. ГКД 34.21.542-2003. Гідротехнічні споруди гідроелектростанцій. Інструкція з експлуатації.
7. ГКД 34.20.507-2003 «Технічна експлуатація електричних станцій і мереж. Правила».
8. Чугунников В.С. Управление безопасностью Днестровской ГАЭС путем проведения постоянного мониторинга. «Гидроэнергетика Украины», №1, 2012, стр. 31.
9. РД 153-34.2-21.342-00 «Методика определения критериев безопасности гидротехнических сооружений».
10. П-836-85 «Рекомендации по определению предельно допустимых значений показателей состояния и работы гидротехнических сооружений» Гидропроект.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. А.И. Вайнберг, ООО «Гидротехпроект», Харьков.

Автор: ГРИШКО Виталия Витальевна
Общество с ограниченной ответственностью
Гидротехпроект
E-mail - nio@uhp.kharkov.ua

НАТУРНІ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА СТАНОМ ОСНОВНИХ СПОРУДЖЕНЬ ДНІСТРОВСЬКОЇ ГІДРОАКУМУЛЮЮЧОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

В.В. Гришко

Нині, коли міста розвиваються з великою швидкістю, все частіше постає питання про забезпечення їх електроенергією. Для споживання населенням пікової енергії в ранці та в вечорі використовуються гідроелектростанції. Проте гідротехнічні споруди є відповідальними і потенційно небезпечними об'єктами, що вимагають значної уваги в питаннях надійності і безпеки. На прикладі Дністровської гідроакумлюючої електростанції розглянуті основні підходи по оцінці стану гідротехнічних споруд за даними натурних спостережень.

Ключові слова: гідроакумлююча електростанція, надійність, контрольно-вимірвальна апаратура, натурні спостереження, критерії безпеки, гранично допустимі показники.

MODEL WATCHING THE STATE OF BASIC BUILDING OF DNIESTER STORAGE PLANT

V. V. Grishko

Presently, when cities develop with high speed, all more often there is a question about providing their electric power. For a consumption the population of energy of spades in morning and evening time is widely use the hydroelectric power stations. However hydrotechnical building are responsible and potentially dangerous objects, requiring considerable attention in the questions of reliability and safety. On the example of the Dniester storage plant basic approaches are considered for the estimations of the state of hydrotechnical building from data of model supervisions.

Keywords: storage plant, reliability, control and measuring apparatus, model supervisions, criteria of safety, maximum possible indexes.