

ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОЙ И ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ КАПЧАГАЙСКОЙ ГЭС

В 1965 г. решением Совета Министров Казахской ССР была образована дирекция строящейся Капчагайской ГЭС, в 1969 г. закончено строительство по созданию русловой и логовой плотин, ввод в эксплуатацию производился за период с 1970 по 1971 г. с последовательным запуском четырех гидроагрегатов, окончательное завершение строительство Капчагайской ГЭС состоялось в 1980 г.

Созданная плотина Капчагайской ГЭС образует Капчагайское водохранилище многолетнего регулирования объемом 28,14 миллиарда кубических метров.

Мощность Капчагайской ГЭС составляет 364 МВт, при среднегодовой выработке в 972 миллиона кВт. В производственном здании ГЭС установлены четыре вертикальных гидроагрегата с поворотно-лопастными двухперовыми турбинами ПЛ-50/642-В-650, работающими при расчетном напоре воды 40,9 м и гидрогенераторы СВ1225/130-56 мощностью по 91 МВт при максимальной мощности 108,5 МВт /1/.

В программу многофакторного исследования гидротехнических сооружений Капчагайской ГЭС входили следующие задачи /1/:

- Экспериментальное обследование железобетонного крепления верхнего откоса логовой плотины от гребня до бермы с оценкой его прочности, устойчивости и эксплуатационной надежности;
- Водолазное визуальное обследование с проведением видеосъемки подводной части зуба на верхнем бьефе логовой плотины с оценкой его прочности, устойчивости и эксплуатационной надежности;
- Геодезическое обследование грунта на смещение и осадку низового откоса логовой плотины;
- Обследование скального останца с дренажной штольной и дренажной галереи на водопроницаемость с оценкой его прочности, устойчивости и эксплуатационной надежности;
- Обследование и испытание бетона основных конструкций входных оголовков эксплуатационных водосбросов с оценкой их прочности, устойчивости и эксплуатационной надежности;
- Обследование бетона туннелей эксплуатационных водосбросов с оценкой их прочности, устойчивости и эксплуатационной надежности;
- Обследование технического состояния водозаборных сооружений и арматуры с контролем за состоянием металла;
- Выполнение геодезических обследований объектов ГЭС с определением смещений осадок грунта;
- Обследование правого берега отводящего канала на предмет размыва;
- Водолазное обследование водобойной плиты на наличие подмыва с оценкой ее прочности, устойчивости и эксплуатационной надежности, с видеосъемкой;
- Водолазное обследование состояний подводной части входных оголовков гидроагрегатов №1, 2, 3, 4 с проведением подводной видеосъемки;
- Водолазное обследование отсасывающих труб и железобетонной облицовки отводящего канала ГЭС;
- Обследование бетона турбинных водоводов гидроагрегатов № 2, 3 и камеры рабочего колеса, с оценкой их прочности, устойчивости и эксплуатационной надежности.

Реализация поставленных задач выполнялись в 2011 году ТОО «Институт сейсмологии» с привлечением специалистов из КазНТУ имени Сатпаева, водолазов и геологов.

Целью работы являлось определение эксплуатационной и сейсмической надежности сооружений и конструкций ГЭС.



Рис. 1. Космический снимок гидротехнические сооружения Капчагайской ГЭС.

Гидротехническое сооружение Капчагайской ГЭС расположено на реке Или в начале Капчагайского ущелья в Алматинской области (рисунок 1), ГЭС построена по плотинному типу /2/. В состав исследованных объектов гидротехнического сооружения входят:

- русловая плотина, намытая из эоловых песков, длиной по гребню 470 м, высотой 50 м и шириной по основанию плотины 450 м;
- логовая плотина из щебнистых и песчано-супесчаных грунтов длиной по гребню 370 м, высотой 56 м и шириной по основанию 270 м;
- монтажная площадка, состоящая из четырех агрегатных секций;
- турбинные водоводы №1–№4, водоприемники к турбинным водоводам;
- эксплуатационные водосбросы №1 и №2;
- площадка водозаборных сооружений, в состав которой входят насосная, резервуар, глубинные скважины.

Для оценки прочности бетона вышеизложенных объектов были проведены испытания неразрушающим методом ударного импульса с применением электронного измерителя прочности бетона ИПС-МГ4.03 и эталонного молотка Кашкарова /3/, для обнаружения и распознавания арматуры в бетоне монолитных железобетонных конструкций использовалась портативная системы Ferrosan /4/.

На рис. 2-а показан фрагмент сканирования одной из железобетонных плит размерами 10х10м логовой плотины, которая показывает наличие арматуры в бетоне на глубине от 60мм до 100мм с длиной сканирования 9 метров участка плиты. Данный вид сканирования по длине, предназначен для определения количество арматуры с определенным шагом в железобетонных конструкциях и носит информативных характер для возможности сопоставления результата сканирования с чертежами конструкции. На рисунке 2-б показан фрагмент сканирования железобетонной конструкции с точным определением сетки армирования. Данный способ сканирования позволяет определить шаг вертикальной и горизонтальной арматуры с определением глубины залегания и диаметра стержня. В случае, когда тяжело определить шаг армирования через более точный снимок применяют сканирование по длине.

а)

б)

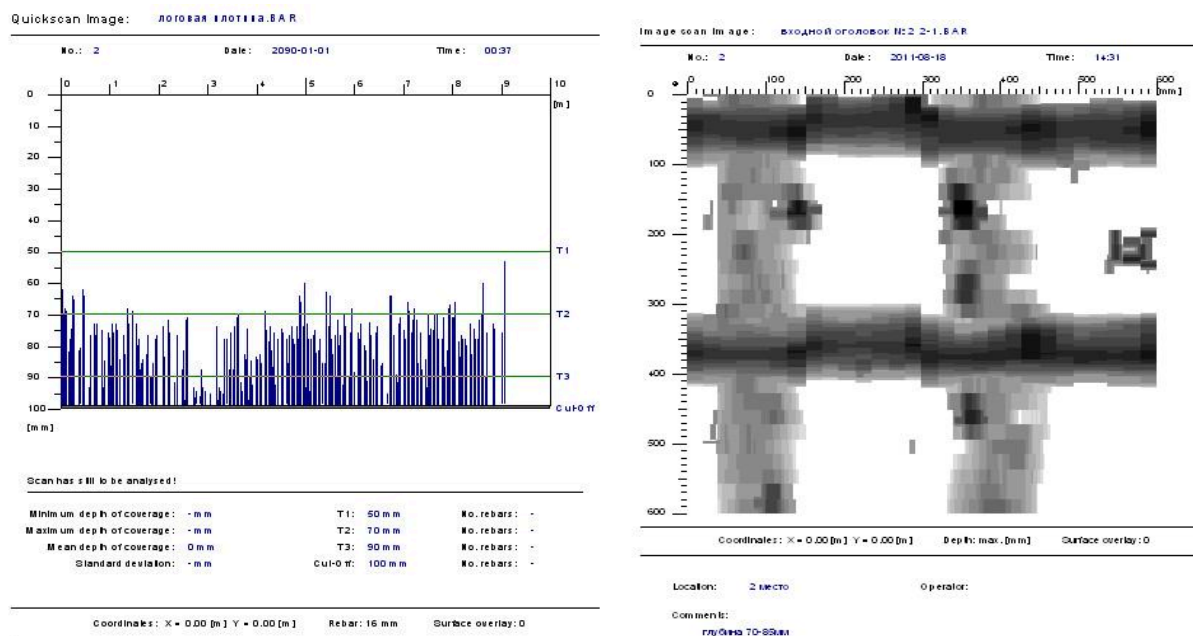


Рис. 2. Данные обнаружения и распознавания арматуры в железобетонной конструкции.
а - для логовой плотины; б - для входного оголовка эксплуатационного водосброса

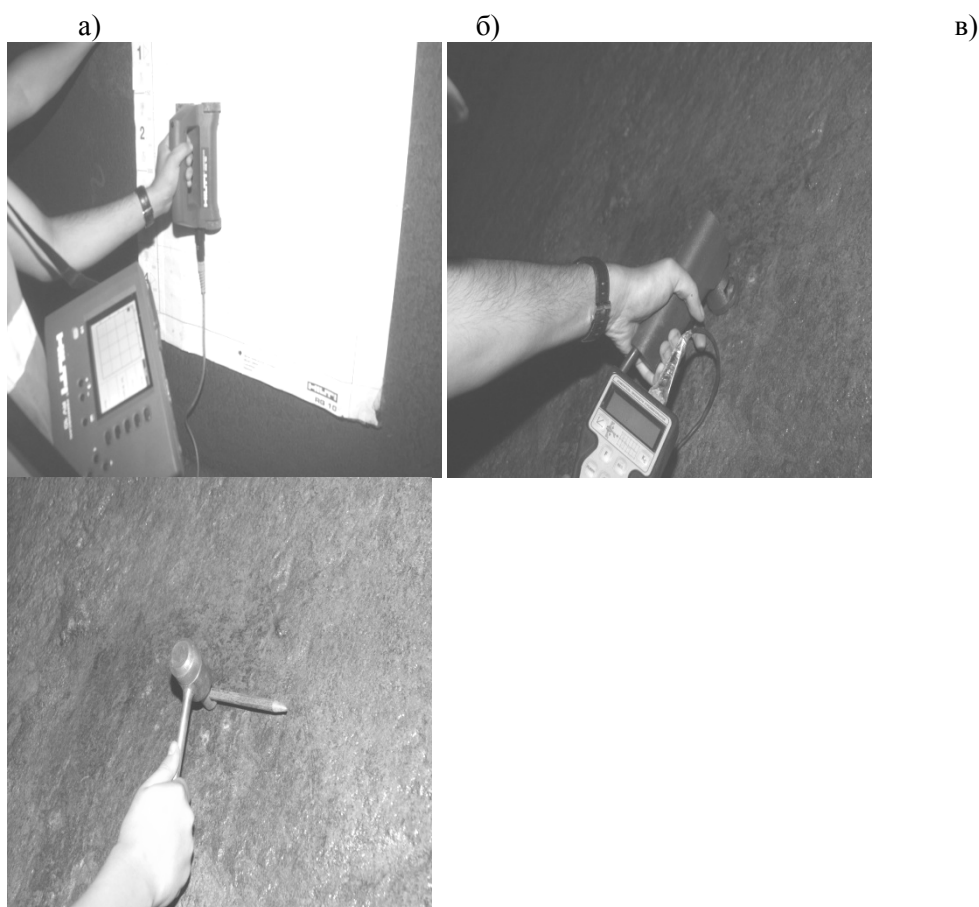


Рис. 3. Оценка прочности обделки камеры гидроагрегата №3
а - обнаружение и анализ арматуры с использованием портативной системы (Ferrosan FS 10); б - проверка прочности методом ударным импульсом ИПС-МГ4.03; в - проверка прочности ударным способом молотком Кашикарова

В качестве примера анализа прочности бетона неразрушающим ударным импульсным методом в табл. 1 и 2 показаны результаты определения прочности бетона в конструкции турбинного водовода гидроагрегата №2 тоннеля.

Таблица 1. Прочности бетона определенные по ИПС-МГ4.03

Участок туннеля № места	R, МПа	Класс, В	Марка
1	21,9	15	350
2	31,3	25	300
3	34,5	27,5	400
4	28,6	22,5	350
5	40,6	30	400

Таблица 2. Прочности бетона определенные эталонным молотком Кашкарова

Участок туннеля, № места	R, МПа	кгс/см ²	Класс В	Марка
1	24,5	250	20	250
2	28,65	292,5	22,5	300
3	31,7	323	25	350
4	25,45	259,5	22,5	300
5	37,67	384	30	400

Дополнительно для объекта логовой плотины и основных конструкций входных оголовков эксплуатационных водосбросов были произведены определение прочности бетона монолитных железобетонных конструкций по выбуренным образцам с испытанием на сжатие гидравлической разрывной машиной ГРМ – 50, результаты которого приведены в табл. 3.

Таблица 3. Прочность бетона в монолитных конструкциях

Место взятия образца	Возраст бетона, сутки	H, см	D, см	H/D	η	P, кгс	A, см ²	R ^{обр} , кгс/см ²	α	R= R ^{обр} α η, кгс/см ²	R _{ср} кгс/см ²
Плита 1В	>90	10,1 5,7 6,0	5,4	1,87 1,06 1,11	1,19 1,04 1,04	5540 4500 5200	22,9	242 196 227	1,03 1,07 1,07	297 218 253	256
Плита 3В	>90	7,0 9,9	5,4	1,30 1,83	1,10 1,18	5750 5300	22,9	251 231	1,03 1,03	284 281	282
Плита в воде	>90	10,0 10,5	5,4	1,85 1,94	1,19 1,19	5650 5700	22,9	247 249	1,03 1,03	303 305	304
холостой водосброс	>90	9,8 9,1	5,4	1,81 1,68	1,18 1,16	5550 5950	22,9	242 260	1,03 1,03	294 311	302

Обозначение:

$R = R^{\text{обр}} \cdot \alpha \cdot \eta = P/A \cdot \eta \cdot \alpha$, где

R – прочность образца базового размера и формы (куб 150x150x150), кгс/см²;

R^{обр} – прочность образца испытанного на сжатие, кгс/см²;

P – разрушающая нагрузка, кгс;

A – площадь поперечного сечения цилиндра, см²;

H – высота цилиндра, см;

D – диаметр цилиндра, см;

η – коэффициент, учитывающий отношение высоты цилиндра к его диаметру, принимаемый при испытаниях на сжатие по табл. 2, ГОСТ 28570-90./5/

α – масштабный коэффициент, по табл.5 ГОСТ 28570-90./5/

ВЫВОДЫ

Данная методика применялась для всех обследуемых объектов ГЭС, включая проверку состояния металлических конструкций водозаборных сооружений: механизмов подъема, тросов, шандор и шлюзов, сороудерживающих решеток, металлических обрамлений камер гидроагрегатов и арматур конструкций.

В результате проведения инженерных обследований были выявлены дефекты в конструкциях, которые могут повлиять на эксплуатационную и сейсмическую нагрузку устойчивость ГЭС. Прочность бетона в конструкциях сооружений в целом соответствует проектным, которые были учтены в годы строительства. По туннелям выходной части эксплуатационных водосбросов были выявлены трещины, протечи и выщелачивание бетона, а также локальные разрушения бетона от вымывания. В камерах гидроагрегатов 2 и 3 были выявлены трещины в бетоне и существенные протечи воды сквозь трещины в железобетонных обделках тоннелей. В бетоне плит логовой плотины местами были выявлены незначительные трещины, которые не влияют на устойчивость конструкции плотины.

В связи с тем, что конструкции важнейших производственных объектов ГЭС: входных оголовков гидроагрегатов №1, 2, 3 и 4 и эксплуатационных водосбросов №1 и 2 имеют значительный срок эксплуатации, необходимо произвести комплексное усиление их технического состояния, а также расчет сейсмостойкости с учетом существующих сейсмогенерирующих зон.

ЛИТЕРАТУРА

1. Отчет по программе: Проведение многофакторного обследования водохозяйственных систем и сооружений Капчагайской ГЭС. Институт сейсмологии. Алматы 2011. , С18-20.
2. Технический паспорт гидротехнических сооружений Капчагайской ГЭС// Мин. Топливо и энергетики РФ. Москва 1993., С 27.
3. Рекомендации по определению прочности эталонным молотком Кашкарова по ГОСТ 22690.2-77 // Москва Стройиздат 1985.
4. Руководство по программному обеспечению для Ferrosan FS10 версия 4. // Компания Hilti. Лихтенштейн 1999.
5. Бетоны. Методы определения прочности по образцам, отобранным из конструкций ГОСТ 28570-90

Резюме

Су электр станциясының пайдаланымдық және сейсмикалық беріктігін анықтау үшін, оның құрамындағы нысандар мен құрылымдардың техникалық жағдайлары зерттелген.

Summary

Investigated and determined the seismic and operational reliability of the current technical conditions of constructions and structures related to the hydropower station.

КазНТУ им. К.И. Сатпаева

Поступила 06.02.12 г.