



ОАХК «БАРКИ ТОЧИК»

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДЛЯ ПРОЕКТА СТРОИТЕЛЬСТВА РОГУНСКОЙ ГИДРОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ



ФАЗА I

ОЦЕНКА СУЩЕСТВУЮЩИХ СООРУЖЕНИЙ РОГУНСКОГО ГЭП КРАТКИЙ ОТЧЕТ

Сентябрь 2013

Отчет №Р.002378 РР 39 ред. С

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДЛЯ ПРОЕКТА СТРОИТЕЛЬСТВА РОГУНСКОЙ ГИДРОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

ФАЗА I ОЦЕНКА СУЩЕСТВУЮЩИХ СООРУЖЕНИЙ РОГУНСКОГО ГЭП КРАТКИЙ ОТЧЕТ

Сентябрь 2013

Отчет №P.002378 RP 39 ред. С

В	28/08/2013	Вторая редакция	Лучиано Корти/ Винсен Либод	Николя Санс	Николя Санс
Б	10/07/2013	Первая редакция	Лучиано Корти/ Винсен Либод	Николя Санс	Николя Санс
Редакция	Дата	Тема редакции	Подготовлен	Проверен	Одобен

СОДЕРЖАНИЕ

1.	ИСТОРИЯ ПРОЕКТА И ДИАПАЗОН ОЦЕНКИ	3
2.	ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ СООРУЖЕНИЙ НА ОТКРЫТОМ ВОЗДУХЕ	5
2.1	Подъездные дороги и Транспортные тоннели	5
2.1.1	Подъездные дороги	5
2.1.2	Транспортные тоннели	5
2.2	Карьеры	7
2.3	Производство обычного вибробетона (ОВБ)	8
2.3.1	Организация производства ОВБ	8
2.3.2	Оценка производства ОВБ	9
2.3.3	Выводы	9
2.4	Транспортировка насыпных материалов ленточной конвейерной линией	9
2.4.1	Проект конвейерной системы	10
2.4.2	Оценка конвейерной системы	10
2.4.3	Заключения	10
2.5	Строительные площадки	10
2.6	Оборудование на участке	11
2.7	Общие установки стройплощадки	11
3.	ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА МЕСТАХ	14
3.1	Нынешнее состояние подземных сооружений	14
3.1.1	Машинный зал	14
3.1.2	Трансформаторное помещение	15
3.1.3	Строительные тоннели	15
3.1.4	Другие подземные сооружения	15
3.1.5	Испытания бетона на сжатие	16
3.1.6	Испытания Люжона	16
3.2	Электромеханическое оборудование	16
4.	СТРУКТУРНАЯ ОЦЕНКА ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ	17

4.1	Оценка тоннелей	17
4.1.1	Структурная проверка	17
4.1.2	Общие рекомендации	18
4.1.3	Анализ напряжений предлагаемых мер по увеличению устойчивости	19
4.1.4	Специальные рекомендации	20
4.2	Оценка Машинного и Трансформаторного зала	21

1. ИСТОРИЯ ПРОЕКТА И ДИАПАЗОН ОЦЕНКИ

Предлагаемый Рогунский гидроэнергетический проект (Рогунский ГЭП) расположен на реке Вахш, приблизительно в 110 км к северо-востоку от Душанбе и примерно в 80 км вверх по течению от существующей Нурекской плотины.

Исследования начались в 1965 г, а работы по проекту Рогунской ГЭС в 1976 г; значительный объем строительства был выполнен, в основном подземные работы и наземные сооружения, пока работы не были приостановлены после распада Советского Союза.

Впоследствии, дополнительные исследования проводились, пока, в 2011 году, Барки Точик не поручил Консорциуму Coyne et Bellier / Electroconsult / IPA провести технико-экономическую оценку Рогунского ГЭП, которая включает в себя оценку соответствия выбранного участка для разработки предлагаемого Проекта, в рамках финансирования и надзора Всемирного банка.

Согласно плану проекта Института Гидропроект Москвы (ИГП), обновленному в 2010 году, проект включает в себя земляную плотину высотой 335 м с общим объемом 71,4 млн. м³. Сооружения выработки электроэнергии включают в себя шесть независимых водоводов, подземный машинный зал, в котором будут расположены 6 агрегатов (мощностью 600 МВт каждый), трансформаторное помещение, шесть галереи токопроводов, две кабельных галерей и ОРУ. Защита от паводков, в соответствии с первоначальным проектом ИГП, должны была предоставляться системой туннелей на обоих берегах долины, то есть три строительных туннеля, эксплуатационный тоннель третьего уровня и глубинный водосбросный тоннель.

Принимая во внимание тот факт, что большинство работ было проведено 30 лет назад и что затем строительные работы были приостановлены, а также из-за некоторых возникших проблем, появилась необходимость в проведении тщательной оценки их фактического состояния. Это и есть цель проведения исследования технико-экономической оценки по Фазе 1.

Задача включает в себя оценку состояния существующих сооружений под жильё, технику и оборудование для строительства, инфраструктуру и любых существующих работ, выполненных для реализации проекта. Проводился ряд анализов для определения пользы существующих сооружений для потенциального дальнейшего развития предлагаемого проекта а также для определения их приемлемости с целью включения в заключительную схему проекта в качестве постоянного элемента. их, При необходимости, в настоящем отчете по Фазе I даются рекомендации по приведению работ в соответствие с требуемыми стандартами безопасности и качества. Более того проведена оценка построенных сооружений с учетом исправительных работ необходимых, в конечном счете, также представлено, согласно международно-признанной методологии.

В настоящем кратком отчете представляется оценка Консультанта о приемлемости существующих сооружений на территории Рогунского ГЭП. Он был рассмотрен Правительством Таджикистана, Группами экспертов и технической командой Всемирного банка. Окончательная редакция этого краткого отчета будет подготовлена

после рассмотрения комментариев заинтересованных сторон, представляющих страны бассейна и гражданское общество и принятия их во внимание соответствующим образом.

2. ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ СООРУЖЕНИЙ НА ОТКРЫТОМ ВОЗДУХЕ

2.1 Подъездные дороги и Транспортные тоннели

2.1.1 Подъездные дороги

Наличие хорошего состояния подъездных дорог является ключевым фактором успеха проекта с точки зрения бюджета и сроков выполнения работ. Около 86 км наземных дорог уже были построены на территории проекта.

Подъездная дорога, связывающая главный магистраль от Душанбе до города Рогун и створа Рогунской плотины составляет 10 км асфальтированной дороги. Эта дорога открывает крайне необходимый доступ рабочим, а также для транспортировки материалов/оборудования.

Также имеется обширная сеть подъездных дорог, которые должны быть расширены минимум от 12 м до 15 м, включая обочины и дренаж.

Существующие подъездные дороги нуждаются в восстановлении, особенно между каждым карьером, строительной площадкой, и плотиной.

2.1.2 Транспортные тоннели

На участке есть два типа транспортных тоннелей:

- = Постоянные тоннели: предназначены для доступа к подземным сооружениям для транспортировки оборудования и материалов на фазе строительства и для постоянного доступа к станциям и вспомогательным устройствам для обслуживания на фазе эксплуатации.
- = Временные тоннели: обеспечение доступа к сооружениям лишь на период строительства.

Для проекта в общей сложности было запланировано около 60 км тоннелей. Приблизительно 27 км уже было пройдено и облицовано, включая 6,5 км транспортных тоннелей. Дополнительные 4,5 км транспортных туннелей требуют проходки или завершения.

Фактическое состояние туннелей оценивалось в ходе проверки объекта. Некоторые повреждения или дефекты были отмечены (по бетонной отделке, открытым швам, вентиляции и дренажу...). Эти проблемы могут усложнить движение транспорта и, следовательно, ход работ. Поэтому их следует устранить согласно тому, как объясняется в Разделе 3 и 4 ниже.

Временные Транспортные Тоннели

Тоннель №	Расположение	Длина [м]	Ширина дороги [м]	Описание
Т3	Правый берег	1530	[12.8 ; 13.50]	Главный подходной тоннель к руслу реки в период строительства.

T37	Правый берег	635	6.7	Удлинение тоннеля Т3.
T37A	Правый берег	174	7.7	Удлинение тоннеля Т3.
T37'	Левый берег	174	7.7	Удлинение тоннеля Т37 посредством моста №1.
T5A	Правый берег	194	6.7	Ответвления тоннеля Т3.
T7	Правый берег	185	10	
T7A	Правый берег	100	12.5	
T22	Левый берег	515	[10.4 ; 11.5]	Доступ к гребню плотины первой очереди. Еще не полностью пройден.
T10A	Левый берег	Еще не построен, размеры должны быть установлены согласно трафику		Используется для перевозки материалов. Еще не пройден.
Конвейерный тоннель	Левый берег	2100	7.56	Может быть использован для установки системы конвейерной линии или перевозки материалов грузовиками.

Постоянные транспортные тоннели

Тоннель №	Расположение	Длина [м]	Ширина дороги [м]	Описание
T2	Левый берег	690	10.3	Доступ к камере затворов, соляной галереи и телу плотины.
T3'	Правый берег	537	[10.1; 13.4]	Удлинение тоннеля Т3. Постоянный доступ к цементационным штольням.
T4	Левый берег	1385	[7;8]	Доступ к машинному залу. В основном облицован .
T6	Левый берег	110	8.90	Доступ к помещению трансформаторов.
T8	Левый берег	280	11.3	Главный доступ к камеры затворов строительных тоннелей. Соединен с тоннелем Т4.
T10	Левый берег	Еще не построен, размеры должны быть установлены согласно трафику		Используется для перевозки материалов и доступа к левому берегу. Еще не пройден.
T18	Левый берег	Строительство началось.		Доступ к камере турбинного водовода.

Другие тоннели, указанные в отчете ИГП должны быть пройдены и облицованы в дополнение к вышеприведенным тоннелям. Маршруты этих тоннелей были обновлены Консультантом в рамках ТЭО.

Тоннель №	Описание
T39 –T41	Соединение верхнего и нижнего бьефа плотины на отметке около 1300.
T23	Короткое ответвление тоннели Т39, предоставляя доступ к дороге гребня.
T43	Обеспечивает доступ к камере затворов вихревого тоннеля.

T-CT3	Обеспечивает доступ к камере затворов тоннеля CT3.
-------	--

Планирование и проектирование поверхностных и подземных подходов к основным подземным сооружениям и относящиеся к ним сооружения должны быть пересмотрены в соответствии с обновленной программой работ.

Подъездные дороги и/или транспортные тоннели для доставки материалов к телу плотины, еще не запланированы для строительства плотины на полную мощность, поскольку еще не начались работы по размещению материалов на тело плотины. Это ключевой вопрос, который необходимо решить на стадии детального проектирования.

2.2 Карьеры

Карьеры будут обеспечивать поставку материалов для подземных и наземных бетонных работ, и для строительства насыпи плотины.

Именно поэтому источники материалов были определены на правом и на левом берегах, вниз и вверх по течению от плотины.

Карьеры перечислены в нижеследующей таблице.

Название	Планируемое использование
<i>Правый берег</i>	
Карьер15 А	Бетонные работы
Карьер 21	Мелкозернистые материалы для ядра
<i>Левый берег</i>	
Карьер15	Тело плотины: Материалы призмы, бетонные работы
Лябидара	Переходные слои плотины
Карьер 17	Суглинистые материалы ядра
Карьер 26 А и Б	Материалы каменной наброски призмы плотины

Все карьеры были посещены, в результате чего были сделаны следующие наблюдения:

- Не наблюдалось активных действий.
- Машины не работали, и следовательно было невозможно проверить их производительность и эксплуатационные качества.

Следующие таблицы резюмируют доступный объем материала, помещаемого в плотину самой высокой отметки, а также процесс, необходимый для обеспечения соответствия техническим спецификациям. Также приведен перечень вопросов, требующих дальнейших исследований.

Источник (Карьер/ карьерная зона)	Общие начальные объемы	Извлеченные объемы	Объемы отходов	Складированные объемы	Оставшиеся объемы	Пригодные объемы для плотины (аллювиальная призма, ядро, верхняя одежда, каменная наброска)	Необходимые объемы для плотины	Пригодные объемы для заполнителей бетона
	[Мм ³]	[Мм ³]	[Мм ³]	[Мм ³]	[Мм ³]	[Мм ³]	[Мм ³]	[Мм ³]
Карьер № 15	75,6	26,6	3,1	22,1	49	64,7	Аллювиальная призма: 39,6	Пригоден для заполнителей

								бетона после обработки
Лябидара	6,6	4,0	1,6	4,0	1,0	5,0	Переходные слои: 4,9	-
Карьер 17	17	2,5		2,5	14,5	17,0	Ядро: 7,3	-
Карьер 26 А и Б	5,2	0,8	1,2	0,8	22,4	23,2	Верхняя одежда: 17,8/ каменная наброска: 1,5	-
	18		1,1					

Таблица 2-1: Сводные заключения по строительным материалам 1/2

Источник карьер/карьерная зона	Переработка/обработка, чтобы соответствовать спецификациям	Вопросы на рассмотрение в рамках Фазы II
Карьер № 15	Удаление материалов > 700 мм, что представляет около 2-3% (для аллювиальной призмы)	Специальные методы эксплуатации/позападность работы должны быть определены во избежание проблем с затоплением.
Лябидара	Удаление валунов > 100 мм, что представляют около 13 - 16 % (для переходов)	Дополнительные испытания должны быть проведены, чтобы проверить высокую слюду и содержание порошкообразной глины.
Карьер № 17	Снизить влажность до 10-12 %. удалить материалы > 200мм. увеличить мелкозернистое содержание (*)	Процессы для: увеличение мелкозернистого содержания, удаления частиц >200 мм, снижение влажности, подлежат тщательному определению и испытанию (*)
Карьер 26 А и Б	Физические и технические свойства должны быть испытаны и определены точно.	-

Таблица 2-2: Сводные заключения по строительным материалам 2/2 – Согласно рекомендациям ИГП

(*) Как отмечается выше, материал карьерной зоны 17 не может быть использован для размещения напрямую в ядре плотины, в связи с недостаточным содержанием в нем глинисто-илистых частиц (мельче, чем 80 мкм). Соответственно, требуется разработка специальной обработки.

Отчет по Фазе II по строительным материалам подтвердит или модифицирует представленные заключения в данном отчете о строительных материалах.

2.3 Производство обычного вибробетона (ОВБ)

2.3.1 Организация производства ОВБ

Первоначальная концепция (конца 1980-х):

Для производства инертного материала и бетона, был центральный ДСХ для обработки инертных материалов чуть выше центрального бетонного завода, откуда бетон поставлялся на весь участок проекта.

Концепция ИГП (отчет за 2009 г):

Концепция производства инертных материалов и бетона поменялась. Вместо концентрации производства инертных материалов и бетона в одном месте, производство было разделено на 2 стройплощадки. (№ 1 и № 2)

В отчете ИГП есть анализ потребностей в инертных материалах, согласно последующему использованию обработанных материалов, а также ориентировочная программа потребления этих материалов. Там также есть ориентировочная программа спроса на бетон.

2.3.2 Оценка производства ОБВ

В настоящий момент существует:

- 9 маленьких БСУ и ДСХ, размещенных по всей стройплощадке, вместо 3 БСУ и ДСХ, предусмотренных в отчете ИГП. Некоторые заводы находятся в зоне, которая будет затоплена, когда уровень водохранилища возрастет.
- Установлен завод по производству сухих смесей для торкрета и завод по производству соляного раствора.
- Бетонная лаборатория находится в зоне мастерских.

2.3.3 Выводы

- ДСХ состоят из очень старого оборудования, которое будет часто выходить из строя, что в результате ограничит производство на БСУ.
- Оборудование может использоваться для работ, которые не стоят на критическом пути.
- Оснащения для производства бетона необходимо подвергнуть значительному обновлению.

2.4 Транспортировка насыпных материалов ленточной конвейерной линией

В отчете ИГП предлагается два альтернативных варианта для транспортировки материалов призмы, поскольку конвейерная система может быть недоступна в требуемое время, так как тоннель все еще должен быть пройден, а конвейерная система все еще не доступна:

- Для перемычки: отчет предлагает использовать грузовики/самосвалы.
- Для основной плотины: предполагается осуществить транспортировку конвейерной линией.

2.4.1 Проект конвейерной системы

Концепция конвейерной ленточной системы 1986 года состоит из 4.3 км на открытом воздухе и 2.1 км в тоннеле. Конвейер был 2 м шириной и мог транспортировать материалы с максимальным размером в 400 мм.

В 2009, ИГП представил обновленное решение, учитывая:

- Одно наземное ответвление, длиной около 0.5 км, пролегающее от кавальера LG2, чтобы подавать галечник и мелкозем на конвейерную систему
- Одно подземное ответвление протяженностью около 700м, проходящее от конвейера до точки доставки на отметке 1075, расположенной над телом плотины первой очереди.

2.4.2 Оценка конвейерной системы

- Дробильное хозяйство уже давно заброшено.
- Некоторые участки конвейерной ленты были затоплены, а некоторые остатки стальной конструкции не подлежат дальнейшему пользованию.
- Существующая обделка туннели должна быть проверена, и оставшиеся 1,1 км еще не пройдены.
- Дороги, проходящие вдоль наземной части конвейера, необходимо восстановить.

2.4.3 Заключение

Рекомендуется спроектировать совершенно новую систему конвейерной линии и установить ее, так как:

- = Существующее оборудование не получится экономически выгодно восстановить.
- = С момента проектирования первоначального конвейера более 30 лет назад, технология конвейеров улучшилась. Значительно увеличилась производительность электромеханических частей и ленты.

2.5 Строительные площадки

Строительные площадки указаны в нижеследующей таблице (сборочный цех стали и предварительный сборочный цех спиральных камер усваиваются следующим образом).

Название	Описание
Строительная площадка №1	Главная сборочная площадка участка разделена на площадки: А: Изготовление бетонных конструкций, БСУ и ДСХ.

	Б, В, Г: мастерские, склады, парковочная площадка оборудования Д: Стальные конструкции, оборудование, механизмы... Е: Офисы
Строительная площадка №2	БСУ №1, завод по производству смесей для торкрета и ДСХ № 1
Строительная площадка №3	Площадка для установок субподрядчика
Строительная площадка №4	Она предназначена для монтажа и тестирования трансформаторов мощностью 600 МВт для машинного зала/трансформаторного помещения.
Строительная площадка №5	Предназначена для сборки, монтажа и тестирования трансформаторов мощностью 600 МВт.
Площадка сборки металлоконструкций	На этой площадке изготавливается стальная облицовка и сетка армирования для соляной галереи.
Площадка сборки спиральных камер	На этой площадке в начале 90-х предполагалась сборка отсасывающих труб и спиральных камер .

2.6 Оборудование на участке

В период 1980х, оборудование с проекта Нурекской плотины было поставлено или переведено на сборочную площадку проекта в начале работ, или поставлено на стройплощадку и постоянных сооружений в машинном зале для агрегатов 5 и 6.

Имеющееся на месте оборудование нынешнего генерального подрядчика РогунГЭСстрой новое, выглядит в хорошем состоянии и подходит для проведения работ в рамках предварительного договора.¹ Однако это оборудование больше ориентировано на строительные работы и земляные работы, чем для тоннельных работ.

Что касается оборудования Субподрядчиков, было обнаружено, что оборудование, в основном, не новое. Что касается основного подрядчика, имеющееся на месте оборудование больше ориентировано на строительные работы, земляные работы и инженерно-геологические работы, чем на тоннельные работы

Для своевременного завершения проекта с учетом его экономической целесообразности, надежность и производительности строительного оборудования, выделяемого для работ, имеет первостепенное значение. Далее, старое существующее оборудование могло бы быть использовано для стадии предварительного контракта и работ, которые не являются существенно важными (или те, которые не станут существенно важными на этапе осуществления проекта).

2.7 Общие установки стройплощадки

Общие установки стройплощадки приведены в нижеследующей таблице:

¹ Разрабатывается возможный план действий для предлагаемого Рогунского ГЭП, согласно требованию технических заданий (ТЗ), который предусматривает фазу предварительного контракта, в первую очередь охватывающий (а) восстановление существующих сооружений и оснащений на объекте, и (б) подготовительные меры для основного контракта по строительству contract.

Вахтовые поселки для строительных работ (СР), Электромеханические (ЭМ) и гидротехнические конструкции (ГТС)	Оценка
Вахтовые поселки рабочих	Рабочие будут набираться из города Рогун и кишлаков в окрестностях. Поэтому предполагается, что необходимость строительства вахтовых поселков для рабочих будет ограничена.
Жилье для персонала	Будет необходимо восстановление апартаментов/зданий в г. Рогун; определенные работы по этому вопросу уже проводились.
Заведения в вахтовых поселках (Ресторан, Поликлиника/больница первой помощи, гостиница/гостевой дом)	Заведения в вахтовых поселках (Ресторан, Поликлиника/больница первой помощи, гостиница/гостевой дом) построены и в настоящем действуют. До 2012г. обслуживали до 8.5 тыс.человек. В г.Рогун и п.г.т.Оби Гарм имеется вся необходимая инфраструктура для проживания строителей и их обслуживания, в т.ч. магазины, мини-рынки, точки питания, школы, больницы с современным оборудованием, пункты оказания первой помощи, санатории. Однако, некоторые из этих существующих заведений в вахтовых поселках должны быть улучшены. Более того, вместимость этих инфраструктур не достаточна для завершения всей работы.
Коммунальные хозяйства вахтовых поселков/ коммунальные услуги (,	Коммунальные хозяйства вахтовых поселков/коммунальные услуги (обработка воды, сеть снабжения питьевой воды, дренажная система, электроснабжение) в основном имеются и в настоящем действуют. Но нет эффективной дренажной системы. Трансформаторная линия мощностью 220kV электропередачи доставляет электричество в город Рогун и на участок. Заводы по очистке сточных вод (БИО 4200 и БИО 700) имеются.
Телекоммуникации вахтовых поселков	Мобильный телефон и интернет доступны на участке
Установки участка для строительных работ	Оценка
Лаборатории (Бетонная лаборатория, земляная лаборатория)	Необходимо строительство новой бетонной лаборатории на стройплощадке №2. Необходимо организовать земляную лабораторию рядом с плотиной или местом обработки ядра.
Подача сжатого воздуха	Необходимо установить электрические компрессоры меньшего размера ближе к местам, где требуется подача сжатого воздуха.
Установка по разгрузке цемента	Количество и емкость разгрузочных бункеров потребуется увеличить и расположить близко к соответствующему БСУ.
БСУ и ДСХ	Необходимо обновить оснащения по производству инертных материалов и бетона.
Цементационный завод	должен быть оборудован турбо миксерами и должен быть установлен максимально близко от зоны нагнетания.
Подготовка материалов ядра (смесь из карьера 17 и 11)	Место и способ транспортировки будут определены.
Подготовка материалов призмы	материал >400 мм (5%) должен быть удален из исходного материала до транспортировки на створ плотины
Склады и мастерские	Расположение и установку обычно оставляют на усмотрение и инициативу, а также организацию Подрядчиков и Субподрядчиков.
Установки стройплощадки для ГТС и ЭМ	Оценка
Стройплощадка №1,Зона Е	Приемлема для предварительной сборки частей ГТС на ранних стадиях проекта.
Левый берег, вблизи LG1	Приемлем для сборки отсасывающих труб и спиральных камер на

	ранних стадиях проекта.
Стройплощадка №4, 5	Приемлема для сборки и тестирования трансформаторов
Стройплощадка №2	Приемлема для предварительной сборки частей ГТС , когда зона Е на стройплощадке №1 будет заполнена водой.

3. ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА МЕСТАХ

3.1 Нынешнее состояние подземных сооружений

Были выполнены обширные земляные работы на створе плотины в период 1982-1990 гг, общей протяженностью около 27 км. Некоторые из этих сооружений пострадали от наводнений, которые имели место в 1993 году (смывание верхней перемычки в мае и селевые потоки от реки Оби-Шур в июне), привели к обширному заиливанию и наводнению. За последние годы проводились обширные ремонтные работы с целью восстановления пострадавших сооружений.

Консультант осуществил различные поездки на участок, собирая документацию и выполняя проверку сооружений, с целью определения самых критических точек для дальнейшего изучения.

Испытания Люжона и прочности бетона были проведены с участием Консультантов, которые собрали соответствующие данные относительно состояния самых важных подземных сооружений.

3.1.1 Машинный зал

Выработка машинного зала, расположенная в наносном комплексе состоит из песчаника и алевролита примерно 21 м в ширину, 69 м в высоту и 220 м в длину. Большой объем работ по разработке грунта уже был проведен в районе агрегатов 5 и 6, где отметка спиральной камеры была достигнута и значительные объемы крепи были установлены в прошлом.

Были обнаружены значительные деформации стен, составляющие около 600 мм в алевролитовой части до августа 2008 и достигшие всего около 738 мм до августа 2012. Увеличение с 600 до 738 мм было вызвано углублением разработок на участках вокруг агрегатов 5 и 6.

Трещины и повреждения влияют на отделку бетонных сооружений на различных местах на боковых стенах выработки и соседних сооружениях как следствие этого процесса конвергенции (т.е. внутреннее движение стен зала), а также создают другие менее значимые проблемы.

На основании результатов кампании испытаний на сцепление, которые указали на неэффективность анкеров, установленных в прошлом, были запланированы восстановительные работы, в том числе замена первоначальной системы, состоящей из опор с многожильными преднапряженными анкерами, установка опорных колонн крановых балок и поперечных балок.

3.1.2 Трансформаторное помещение

Трансформаторное помещение расположено в такой же геологической среде, что и машинный зал, составляет около 19 м в ширину, 42 м в высоту и 212 м в длину. В настоящее время большинство проходческих работ завершено.

По сравнению с примером выработки машинного зала, никаких доказательств глобальной неустойчивости не было, как и никаких повреждений, требующих восстановительных работ.

3.1.3 Строительные тоннели

Два строительных тоннеля были полностью разработаны и почти полностью обделаны, за исключением переходных участков, пересекающих реку ближе к концу нижнего бьефа.

Строительство тоннелей началось в 1980-х годах и в обоих из них основные вывалы произошли во время первого периода эксплуатации.

Обширные восстановительные работы были проведены, стабилизация вывалов и строительство новой тяжелой армированной обделки толщиной 1,8 м. Стальная облицовка была установлена на участках более подверженных эрозии от наносов.

В настоящее время нет никаких доказательств локальных или глобальных проблем нестабильности и обнаружены лишь незначительные дефекты отделки. Оценка структурной выдержки и приемлемости этих тоннелей при ожидаемых нагрузках оценивается в Разделе 4.

На участке туннелей, где пересекается Разлом 35, железобетонные подкладки 1,8 м толщиной, разделенные на кольца длиной 3 м, были приняты. Это позволяет относительно перемещения между этими элементами в случае возникновения ползучести в связи с зоной сдвига.

3.1.4 Другие подземные сооружения

Другие подземные сооружения также были детально проверены с целью записи всех обнаруженных дефектов и предложения возможных исправительных мер.

В целом, никаких доказательств структурной нестабильности не было отмечено. Наиболее распространенные дефекты были связаны с поверхностью черновой обделки, наличием раковин в бетоне, открытых арматурных стержней и окисление, и неконтролируемые притоки воды.

Однако, хотя перечисленные недостатки будут устраняться, в целом они не влияют на состояние безопасности сооружений.

Наиболее серьезные обнаруженные проблемы были в некоторых транспортных тоннелях, в которых части бетонной обделки на контакте между боковыми стенками и лотковой частью отсутствовали; такая ситуация требует осуществления надлежащих ремонтных работ, чтобы привести структуры к условиям необходимой безопасности и эксплуатационной пригодности.

Для того, чтобы проверить фактическую прочность бетонной отделки, испытания на сжатие образцов, полученных посредством бурения, были выполнены в различных тоннелях, а также эффективность цементации была проверена через кампанию испытаний Люжона.

3.1.5 Испытания бетона на сжатие

Задача испытаний на образцах, пробуренных из существующих сооружений, состояла в определении прочности бетона на сжатие. Данная информация учитывалась при структурных проверках тоннелей и выработок. Эти испытания проводились на отделке существующих выработок (машинный зал и камеры затворов), Строительных Тоннелей, Подводящий тоннель первой очереди и транспортных тоннелях Т-4 и Т-3.

Результаты испытаний отображают показатели согласно которым прочность бетона на сжатие, как правило, превышает 25 МПа: этот показатель брался за основу для структурных проверок (см. Раздел 4).

3.1.6 Испытания Люжона

Испытания Люжона проводились во второй части скважин для отбора керн в строительных тоннелях и в подводящем тоннеле первой очереди.

На основе анализа результатов, считается необходимым выполнить дополнительную укрепительную цементацию, особенно из пикетажа 5 +20 до пикетажа 8 +70 обоих строительных тоннелей, в частности, на участках тоннелей, пересекающих разлом № 70, где значения Люжона были записаны до 60-70.

Кроме того, дополнительная цементация предусмотрена на участке подводящего тоннеля первой очереди между пикетажем 1+60 и 2+60.

3.2 Электромеханическое оборудование

Как было определено в ходе проверок, большая часть оборудования, необходимого для конфигурации Этапа 1 проекта, уже установлена или имеется в стране.

Что касается энерговырабатываемого оборудования, значительная часть первых двух агрегатов уже поставлена и хранится в Таджикистане. Две турбины почти полностью готовы к использованию, но был поставлен только один генератор.

Учитывая, что агрегаты хранились в течение 20 лет, их сохраненное состояние в целом хорошее, и они считаются пригодными для установки на станции, хотя могут потребоваться значительные изменения и дополнения.

Кроме того, некоторые другие компоненты оставшихся агрегатов уже поставлены. Однако, Консультант рекомендует установить только те компоненты, которые относятся к первым двум агрегатам. Это даст возможность избежать возложения на плечи нового поставщика использование оборудования, разработанного и изготовленного другими компаниями, для которых гарантии не могут быть обеспечены.

4. СТРУКТУРНАЯ ОЦЕНКА ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

В рамках исследования ТЭО для проекта Рогунской ГЭС, Консультант должен провести техническую оценку уже построенных подземных сооружений, включая предоставление рекомендации надлежащих мер для корректировки небезопасных условий и доведения существующих работ до обозначенных спецификаций.

Основа для оценки состоит из расчетов типовых разрезов различных тоннелей, Гидрогеологическая модель, а также Геомеханическая модель, предоставленных проектировщиком ИГП.

4.1 Оценка тоннелей

4.1.1 Структурная проверка

Техническая оценка тоннелей была выполнена в две фазы: на предмет сопротивления сооружений по отношению к объединенному общему функционированию, а также изгибающего момента и сдвигающего действия, и во-вторых путем проведения детального анализа напряжения одного сечения Строительного тоннеля №1, направленного на проверку того, были ли предлагаемые исправительные меры пригодны для обеспечения требуемых условий безопасности и эксплуатации.

Проверка была выполнена на самых репрезентативных структурах, применяя двумерные модели (2D) для 39 проанализированных случаев, решенных методом конечных элементов, и следуя коэффициентам комбинации нагрузок, примененных проектировщиком, Русские стандарты и те, что рекомендованы в Еврокоде EC2, следуя методу Состояния предела прочности.

Следующие аспекты были отмечены относительно нагрузок, рассматриваемых проектировщиком:

- **Нагрузка горной породы** была основана на формуле Протожьяконова, и никакое взаимодействие давления горной породы и сооружения не рассматривается в дополнение к собственному весу ослабленной горной массы; такой подход считается не соответствующим и может привести к недооценке долгосрочных нагрузок, воздействующих на обделку тоннелей.
- Максимальное значение **гидростатического давления** в 100 кПа нагрузки воды, принятое проектировщиком, подразумевает высокую производительность и хорошее обслуживание всех дренажных систем; при фактической эксплуатации такой показатель работ возможно не удастся обеспечить.
- Методология, использованная проектировщиком для реализации эффекта **сейсмической нагрузки** в расчетах больше не приемлема в соответствии с современными процедурами, согласно которым выпускаются гораздо более значительные напряжения, чем полученные по предыдущей методологии.

- Кроме того, в ряде случаев в расчетах, предоставленных проектировщиком, принятый коэффициент сокращения на 50% вертикальной нагрузки горной породы и для нагрузки, вызванной водой. В некоторых случаях гидродинамическая нагрузка полностью отсутствует.

Проверка, которая проводилась, применяя те же нагрузки, рассмотренные в первоначальном проекте (которые считаются не консервативными) и комбинацией коэффициентом нагрузок согласно методу состояния предельной прочности, привели к заключению, что постоянная система крепи тоннелей должна быть укреплена.

Геометрическая характеристика обделки и схема армирования, описанная в чертежах детализированного проекта, не оставляет никаких запасов прочности относительно несущей способности даже в случае небольших вариаций или недооценки всего лишь одного из учитываемых параметров при исследовании. Это делает невозможным выполнение требований структурной проверки, в тех случаях, когда будут применяться и оцениваться более жесткие условия нагрузки.

В ряде случаев армирование очень близко расположено, или даже ниже минимальной стальной площади, необходимой для усадки и контроля температурных воздействий.

Было принято однородное внешнее давление воды 200 кПа. Анализы показали что эта нагрузка, даже без любой другой, привела к перенапряжению бетонной обделки где толщина составляла 60 см (например, на участке отводящих тоннелей, начинающегося с коллекторов отсасывающей трубы, и далее вниз по течению вдоль почти всего их развития).

Таким образом, Консультанты считают, что проанализированные тоннельные структуры являются не приемлемыми в их нынешнем состоянии для намеченных целей. **Они не отвечают техническим требованиям безопасности и эксплуатационной пригодности, требуемые нынешним международно-признанными критериями проектирования и стандартов, и система постоянной крепи тоннелей должна быть укреплена.**

4.1.2 Общие рекомендации

Основываясь на перечисленных соображениях, необходимо продолжать принимать приемлемые меры по увеличению тоннельных сооружений, которые не соответствуют критериям проекта и международным стандартам для проектов такого масштаба и значения, как Рогунский ГЭП.

Такие исправительные меры могут быть направлены на контролирование нагрузок, воздействующих на сооружения (дренажные системы, состоящие из дренажных скважин через обделки тоннелей или дренажных штолен) или упрочнение самого сооружения путем дополнительной крепи (анкерные болты или анкера, более эффективные, чем те, установленные на данный момент, или дополнительная армированная бетонная обделка).

Поскольку эффективность дренажной системы может изменяться со временем, необходимо обеспечить ее долгосрочную работоспособность, связывая ее с регулярным техническим обслуживанием и программой мониторинга.

Эти решения могут быть объединены, при необходимости для достижения требуемой степени безопасности по отношению к ожидаемым нагрузкам.

В любом случае, будет необходимо провести дальнейшие анализы при последующих фазах детального проектирования с целью разработки должных укрепительных мер для различных тоннельных сооружений. Для целей настоящего исследования были составлены скромные расчеты о степени требуемых мер по восстановлению для различных тоннелей и связанных затрат.

Стоит отметить, что Заказчик проводил кампанию полевых исследований, направленных на отображение степени зоны разгрузок в горной массе, окружающей тоннели, в целях интеграции описания зоны разрушения вокруг обделки тоннелей. Для фазы детального проектирования будет необходимо определить характеристики горной массы, сейсмических нагрузок, гидравлическое сопротивление (не менее 200 кПа для всех участков вверх по течению от разлома 35 и 100 кПа для участков вниз по течению от этого же разлома), соответствующие условия нагрузок для каждого рассмотренного сечения.

Итоги проводимых исследований могут быть использованы одновременно с уже имеющейся информацией и результатами, для проверки структур данных, необходимых для выполнения детального проектирования (Фаза III) укрепительных мер, учитывая фактические условия пород, окружающих сооружения.

4.1.3 Анализ напряжений предлагаемых мер по увеличению устойчивости

Для подтверждения соответствия возможных мер по обеспечению устойчивости, был подробно проанализирован случай наиболее важного участка строительных тоннелей, принятый вдоль большей части безнапорных участков вниз по течению от слияния с коллекторами отсасывающих труб. Данный анализ принимал во внимание самую последнюю информацию по проходке, а также первичную крепь.

Было проведено два двумерных анализа МКЭ, моделирующие неармированную первичную обделку и воздействия вероятного процесса проходки на опорную систему, с целью изучить следующее:

- Реакцию горной породы и первичной бетонной обделки, с целью определения протяженности зоны разрушения, для которой на следующем этапе анализа был применен долгосрочный параметр горной породы.
- Структурное поведение существующей армированной окончательной облицовки, оценивая несущую способность, под нагрузкой внешнего давления воды, сейсмической нагрузки и нагрузки, вызванной от взаимодействия горной

породы и сооружения. Под комплексом этих условий нагрузки, не может быть достигнута устойчивость существующей армированной облицовки. Это требует ряд объединяющих мер по устойчивости крепи.

- Реакцию предложенной дополнительной крепи горной породы и укрепительных мер, которые были окончательно проверены.

Анализ подтвердил, что в рамках предлагаемого комплекса мер по стабилизации можно окончательно увеличить несущую способность комплекса системы крепи и обеспечить соответствие сооружения тоннеля требуемым критериям безопасности и эксплуатационной пригодности.

4.1.4 Специальные рекомендации

На основе проведенных анализов, которые показывают, что предлагаемые меры по исправлению положения могут эффективно улучшить условия безопасности в тоннелях, эти коррективные меры были предложены для большинства постоянных тоннелей, главным образом с целью предоставления экономической оценки для исследования вариантов плотины.

Что касается строительных тоннелей, предлагаемые вмешательства вдоль как напорного участка, так и большинства безнапорного участка, включают осуществление модели полностью зацементированных анкеров вдоль, дополнительной армированной бетонной обделки подковообразной формы и модель дренажных отверстий.

На некоторых участках было предусмотрено принятие анкерных болтов высокой прочности для укрепления лотковой части тоннеля. Также предлагаются дренажные отверстия по всей зоне конструкции затворов, направленные на ограничение внешнего давления воды. Предлагается две цементационные и дренажные галереи, по одной на каждой внешней стороне двух тоннелей.

Тот же набор вмешательств также предлагается для постоянных тоннелей, но для кабельных галерей и различных дренажных/цементационных галерей, предлагается торкрет-бетонная обделка вместо только бетонной обделки.

Должны быть реализованы специальные меры на участках тоннелей, пересекающих Разлом 35, состоящие из отливки новой толстой облицовки с сильным армированием, предусмотренных с поперечными швами, что позволяет относительно перемещения между "кольцами" в случае возникновения эффекта ползучести на участке разлома.

Что касается различных камер затворов, рекомендуется проверить надлежащие свойства дренажной системы, проводя ремонт или техобслуживание там, где требуется.

По итогам испытаний Люжона, проведенных в Строительных тоннелях и Подводящем тоннеле первой очереди, предусматривается дополнительная цементация вдоль тех участков, где была обнаружена высокая проницаемость горной массы.

Наконец, рекомендуется восстановление зон локальных повреждений и незаконченной бетонной обделки новым железобетоном или торкрет бетоном для основных транспортных тоннелей; наряду с тем должна быть прикреплена стальная сетка к

существующему бетону. Когда необходимо должны быть приняты решетчатые балки для обеспечения укрепления участка тоннеля, встроенные в новые бетонные облицовки или торкретбетон.

4.2 Оценка Машинного и Трансформаторного зала

При проведении анализа Консультантом, особое внимание было уделено оценке выработки машинного зала, в котором по истечении лет произошла существенная деформация стен.

Относительно устойчивости комплекса машинного зала, проектировщик показал, что никакая устойчивая конфигурация не может быть достигнута при разработке агрегатов 5 и 6 при учете снижения параметров горной массы вследствие процесса проходки.

В течение 2012 г проектировщики разработали новую 3D модель конечных элементов комплекса Машинного зала – Трансформаторного помещения, чтобы провести повторный анализ деформационного поведения выработки, зарегистрированные в период с 1989 по 2007 гг., на основе доступных данных по конвергенции.

Модель подготовленная ИГП, кажется слишком сложной для проведения анализа характеристик подземных сооружений и для становления инструментом обеспечения надежной и быстрой оценки данной ситуации в ходе будущего процесса строительства.

Таким образом, для того, чтобы провести независимую оценку, возникла необходимость подготовки и анализа двухмерной (2D) модели, внедрение надежных материальных уравнений соответствующим образом представляющих как упруго-пластических и зависящих от времени поведения массива горных пород.

Анализ был нацелен на оценку фактических условий устойчивости комплекса выработки, а также набор предварительных необходимых мер, которые должны быть реализованы для достижения должной производительности, уделяя особое внимание части комплекса, пройденной в алевролитовых породах.

Доступные определения (естественное напряжение на месте, основные структурные характеристики горной массы и т.д.) были учтены в модели и параметры начального набора прочности и деформируемости были получены из базы данных по характеристикам пород и числовых анализов ранее выполненных работ.

Была признана потребность в тщательном переопределении тех же объемов, относящихся к алевролитам, для использования при проведении исследования согласно моделированию на стадии будущего детального проектирования и была проведена особая кампания по отбору кернов и проведению лабораторных испытаний.

Выполненная фактическая очередность проходки с Сентября 1986 г по настоящий день, а также система крепи и установка бетонных стоек на протяжении времени, были смоделированы.

Была получена информация о процессе деградации параметров пород посредством применения процедуры обратного анализа, на основе фактического поведения

деформации с течением времени в Машинном зале. Как только были выявлены подсчитанные деформации, с целью соответствия зарегистрированным значениям, была смоделирована последовательность всей проходки и применения крепи до завершения выработки, исследуя поведение пород, существующей крепи и предвиденных дальнейших вмешательств.

Развитие зон разрушения и сдвигов в горной массе, особенно в целике между двумя выработками, показали несоответствие стабилизационных мер, примененных до настоящего времени, в силу того, что зона разрушения была больше чем длина установленных анкеров в пород.

Распределения растяжения и деформации показали критические условия устойчивости в комплексе выработки. Это требует дополнительного укрепления и стабилизационных мер до безопасного проведения любых проходческих работ по углублению выработки Машинного зала.

Эти предлагаемые меры по стабилизации включают установки анкеров длиной в 35 м на обеих стенах и стабилизация/упрочнение массива горных пород в целике между Машинным залом и Трансформаторным помещением в зоне агрегатов № 5 и 6. Это будет достигнуто установкой стальных свай с задвижками, расположенных на надлежащем расстоянии друг от друга, для заполнительной цементации (Мульти пакерная система труб с гильзами). **Анализы подтвердили, что через предлагаемые меры по стабилизации есть возможность достаточно улучшить условия стабильности в подземных залах с целью выполнения требуемых критериев безопасности и эксплуатации.** Предлагаемые меры по стабилизации будет необходимо оптимизировать путем проведения более детальных исследований в последующих фазах проекта.

Обеспечение надлежащей системы мониторинга конвергенции в подземной выработке является обязательным условием выполнения до проведения любых проходок по углублению выработки. Это также является существенным компонентом подхода интерактивного наблюдательного проектирования.

5. ОЦЕНКА ЗАТРАТ НА СУЩЕСТВУЮЩИЕ СООРУЖЕНИЯ

Среди предстоящих задач в рамках исследования по Фазе I, от Консультанта требовалось подготовить детальную смету вложенных инвестиций в Проект (понесенные затраты по нынешним ценам) на основе согласованной методологии. Такая работа была выполнена. Информация по оценке затрат считается конфиденциальной и таким образом не будет опубликована.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЯ

На основе проверок на объекте, а также различных выполненных анализов, делаются выводы о том, что при выполнении предлагаемых мер по стабилизации подземных сооружений, существующие сооружения и электро-механическое оборудование может использоваться для потенциального дальнейшего развития предлагаемого проекта.