Восстановление защитного слоя бетона в проточной части ГЭС с применением высокоэффективных технологий



Скрипка Э. М.
главный инженер Воткинской ГЭС

В рамках Программы комплексной модернизации РусГидро на Воткинской ГЭС завершили модернизацию гидроагрегата №4. Он стал первым модернизированным гидроагрегатом станции. В ходе работ, длившихся в течение 11 месяцев, выполнена замена турбины, генератора, вспомогательного оборудования гидроагрегата, восстановлены строительные конструкции проточной части, проведена модернизация системы автоматического управления гидроагрегатом.

20 июня 2017 года был введен в работу первый модернизированный гидроагрегат Воткинской ГЭС со станционным номером 4.

Результатом модернизации станет полная замена всех гидроагрегатов ГЭС. Новые, более эффективные турбины и генераторы позволят увеличить мощность станции и выработку электроэнергии.



Nafufill KM 250 и MC-RIM PROTECT в проточной части ГА №4 Воткинской ГЭС

Проект по восстановлению строительных конструкций проточной части гидроагрегата №4 выполнен специалистами АО «Ленгидропроект» на основании проведенных визуальных и инструментальных обследований состояния бетонных конструкций спиральной камеры и отсасывающих труб.

В результате проведения обследований выявлены характерные для указанных областей дефекты, повторяющиеся в проточной части каждого агрегата: раковины и сколы, локальные протечки, волосяные трещины усадочного характера, эрозия бетона на глубину 30–50 мм по всей площади поверхности, поверхностная коррозия стальной облицовки.

В ходе инструментального обследования были получены результаты испытаний бетона методом отрыва со скалыванием со значениями прочности бетона проточной части, которая относится к классу В30 и выше. Результаты определения карбонизации показали, что глубина карбонизации проточной части 5–8 мм. Марка бетона по водопроницаемости соответствует W6–W8. Анализ проб воды, взятых из протечки между агрегатами А8 и А9 и в нижнем бьефе, показал одинаковый химический состав. Показатель pH имеет значение ниже 12 и составляет 7,6÷9,0, что свидетельствует о карбонизации бетона.

При разработке проекта для проточной части ставилась задача, связанная с детальным анализом многих факторов и граничных условий, так как каждый гидроагрегат является уникальным объектом как с точки зрения инженерных решений, так и с точки зрения примененных материалов (крупный и мелкий заполнитель бетона, а также примеси), условий эксплуатации (агрессивность среды) и т.д. При анализе характеристик бетона после испытаний в зоне постоянного воздействия воды установлено, что бетон имеет прочность на сжатие не менее 45 МПа. Такие прочностные характеристики характеризуют: правильный подбор состава бетона, соблюдение технологии производства работ при укладке бетонной смеси, а также большой возраст бетона, в течение которого набрана высокая прочность. В процессе эксплуатации даже такой бетон подвержен разрушениям, в результате чего появляются размывы, сколы, образуются трещины. Это вызвано протекающими процессами карбонизации и коррозии, водонасыщенностью бетона и истирающими нагрузками на поверхность, химическим составом воды. На основании последующего анализа выработались критерии для технологии работ и выбора материалов для восстановления проточной части.

Таблица 1. Соотношение классов бетона

Местоположение	Проектные значения (исполнительная документация 1961 г.)	Лабораторные испытания бетонных кернов	Значения прочности бетона, полученные методом отрыва со скалыванием
Спиральная камера (проточная часть)	БПМ 200, В-6 соответствует В15 W6	—	В30 (глубина карбонизации 8 мм)
Отсасывающая труба	БПМ 200, В-6 соответствует В15 W6	—	В30 (глубина карбонизации 8 мм)

Таблица 2. Требования к ремонтным и защитным составам

Параметр	Необходимые значения характеристик	Ремонтная смесь Nafufill KM250	Защитная система MC-RIM Protect
Прочность на сжатие	≥45 МПа, <60 МПа	55 МПа	58,6 МПа
Адгезия	≥2 МПа	3,55МПа	3,88 МПа
Усадка	<0,001	0,00078	0,00077
Модуль упругости (статический)	≥20000 МПа, ≤32500 МПа	22600 МПа	
Прочность на растяжение	≥6 МПа	8,5 МПа	7,8 МПа
Водонепроницаемость	≥W6	>W16	>W16
Общая пористость	<12%	8,3%	4,75%
Толщина нанесения за слой	от 5 мм	6–30 мм	5–15 мм
Стойкость к слабоагрессивной и щелочной среде	pH от 5–14	5–14	3,35–14
Стойкость к истирающим нагрузкам для сточных вод	100 000 циклов 0,5/1,2 (европейские нормы)		0,39/0,75

ОСНОВНЫЕ КРИТЕРИИ

1. Подготовка основания поверхности

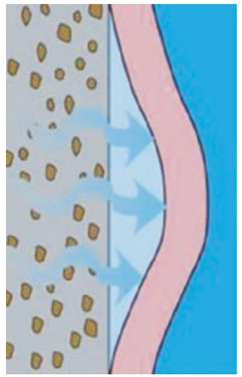
Подготовка основания — это не очистка от грязи и ила, а снятие слабого бетона, открытие всех пор и удаление окатанных частиц крупного заполнителя. При такой подготовке необходимо достичь показателя не менее 1,5 МПа на отрыв, что обеспечит наилучшее сцепление существующего бетона с наносимыми ремонтными составами. Для эффективной подготовки целесообразней всего использовать аппараты высокого давления воды с давлением от 500 бар — 30 л в минуту, в исключительных случаях с давлением от 500 бар — 20 л в минуту с насадкой турбодюзой.

2. Выбор материала для восстановления проточной части

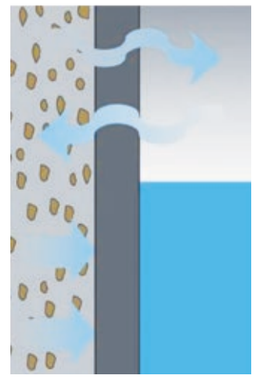
Для получения качественного и надежного состояния бетонных поверхностей рекомендуется применение ремонтных материалов, отвечающих повышенным требованиям по прочности на сжатие, усадке, водонепроницаемости, коррозионной стойкости и прочности сцепления. Перечисленные требования должны обеспечиваться с самого начала эксплуатации.

При выборе систем для гидроизоляции рассматривались различные системы на основе реакционных смол и полимерцементной. Использование материалов в качестве финишного слоя на основе реакционных смол (полиуретановой, эпоксидной основе) неэффективно, так как есть опасность образования осмотических процессов из-за непроницаемости водяных паров, нестойкости к истиранию и недолговечности (тонкослойное покрытие). После анализа широкого спектра ремонтных материалов, предлагаемых сегодня на рынке, выбор был сделан в пользу системы MC-Bauchemie, а именно — Системы Nafufill KM 250 — MC-RIM Protect, выполненной на полимерцементной основе и усиленной фиброй, что позволяет применять ее на потолочные и вертикальные поверхности с толщиной слоя от 8 мм.

Эта система положительно себя зарекомендовала также в проточной части гидроагрегатов Лесогорской и Светогорской ГЭС каскада Вуоксинских ГЭС ТГК-1. Работы на Воткинской ГЭС выполняла подрядная организация «Енисей–СГЭМ». Это первый опыт проведения подобных работ в РусГидро. На всех этапах выполнения работ (подготовка основания, инъецирование трещин, нанесение ремонтного состава, нанесение защитного состава) специалисты компании ООО «Эм-Си Баухеми» обеспечивали техническое сопровождение на объекте. Все материалы были нанесены машинным способом методом мокрого набрызга при помощи PFT swing L 400. По всей площади 3568 м^2(стены, потолок и пол) был нанесен ремонтный состав Nafufill KM 250 толщиной слоя 20 мм. После нанесения поверхность заглаживалась гладилками. Таким образом, восстанавливалась геометрия поверхности и на ровную поверхность машинным способом наносился защитный материал MC-RIM Protect по всей поверхности толщиной слоя 10 мм. Поверхность также заглаживалась гладилками. В итоге были созданы гладкая плотная водонепроницаемая поверхность и стойкая система к истирающим водным и кавитационным нагрузкам. Для осуществления сроков сдачи объекта соблюдалось строгое правило контроля по соблюдению технологии со стороны технического надзора и специалистов заказчика. Прогнозируемый безремонтный период нанесенных защитных систем составит более 30 лет, что обеспечит безопасность объекта.



Фрагмент осмотического процесса в паронепроницаемых системах



Фрагмент миграции пара в паропроницаемых системах

