

О ПРИМЕНЕНИИ ЭПОКСИДНЫХ КОМПАУНДОВ ДЛЯ ИНЪЕКЦИОННОГО ПОДАВЛЕНИЯ ФИЛЬТРАЦИИ ВОДОНАСЫЩЕННЫХ ОБЪЕКТОВ, ГИДРОИЗОЛЯЦИИ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ ПОЛОВ

В.А.Сытов, к.т.н.,с.н.с., А.Е.Верстаков, инж, А.Е.Воронин, инж.

В практике эксплуатации высоких бетонных плотин может возникать увеличивающаяся во времени фильтрация как через тело плотины, так и через скальное основание под верховой гранью плотины. Восстановление монолитности бетонных плотин, снижение фильтрации в их основаниях способом инъекции представляет серьезную проблему как по выбору материала для уплотнения бетона и основания, так и по технологическому обеспечению приемов инъекции.

В настоящее время в отечественной практике преобладает тенденция к использованию инъекционных составов на основе цемента с различными добавками (цементация). Широко применяются цементные, цементно-бентонитовые и цементно-силикатные растворы. Однако их применение в ряде случаев оказывается неэффективным. Так, работы по инъектированию с применением цементных, цементно-бентонитовых и цементно-силикатных растворов, проводимые на Саяно-Шушенской ГЭС в период с 1991 по 1994гг., не дали положительного результата.

Фильтрационные расходы продолжали увеличиваться. Неудачей окончилась и попытка провести инъектирование с помощью полиуретановых композиций. Полимер фильтрационным напором был выдавлен из трещин.

В 1995г. фирмой «Родио», испанским подразделением фирмы «Солетанш», была проведена опытно-промышленная работа по ремонту растянутой зоны бетона в секциях 23 и 24 путем инъектирования эпоксидного материала «РОДУР». Этот опыт оказался успешным. В итоге проведения опытных работ фильтрация через трещины в секциях 23 и 24 была полностью подавлена. В течение 1996-1997гг. с помощью материала «РОДУР» фирмой «Родио» были заинъектированы секции 30,31,27,46. В них также произошло полное (до 98%) подавление фильтрационного расхода. Однако ремонт основания плотины иностранной фирмой с помощью импортного материала «РОДУР» требовал больших затрат. Вследствие этого была поставлена задача разработать отечественный инъекционный материал на основе эпоксидных смол, создать или модифицировать существующее инъекционное оборудование и разработать технологию инъектирования больших объемов эпоксидных материалов. Это была сложная в научном, организационном и техническом плане задача, так как в России работ по инъектированию эпоксидных композиций в больших объемах своими силами раньше не проводилось.

Эпоксидные материалы для инъектирования должны обладать заранее заданной вязкостью, определяемой технологическими особенностями

оборудования, размерами и характером трещин, температурой инъектирования. Желательно иметь возможность легко регулировать вязкость композиции в широких пределах на рабочей площадке без применения легколетучих, огнеопасных и токсичных растворителей. Инъекционные материалы должны обладать хорошей проникаемостью в трещины, водостойкостью, отверждаться в воде при температуре 40 С, обладать хорошей адгезией к мокрым поверхностям бетона и скального основания плотин, должны обладать определенной эластичностью, чтобы исключить выкрашивание из трещин и отслоение от склеиваемых поверхностей при деформации плотины и скального основания из-за изменения уровня воды в верхнем бьефе, не обладать абразивным действием на инъекционное оборудование, быть экологически безопасными, иметь достаточное время жизнеспособности, чтобы обеспечить процесс инъектирования, не иметь склонности к возникновению быстрой лавинообразной реакции отверждения вследствие локального увеличения концентрации отвердителя, иметь стабильную и устойчивую структуру, обеспечивающую работоспособность композиции в зоне инъекции не менее 20 лет. В соответствии с этими требованиями были разработаны материалы марок КДС-173 и КДС-174. Сравнительные свойства материала марки КДС-173 и материала «РОДУР» представлены в таблице 1.

Разработанные композиции КДС-173 и КДС-174 являются двухкомпонентными и готовятся на месте потребления путем смешения эпоксикаучуковых смол КДС-173 и КДС-174 с отвердителем марки ОС-4В.

Таблица 1 – Физико-механические характеристики инъекционных материалов при 20 °С

| Характеристики материалов | Марка материала | |
|--|-----------------|---------|
| | РОДУР-624 | КДС-173 |
| Плотность, г/см ³ | 1,70 | 1,50 |
| Разрушающее напряжение при сжатии, МПа | 87 | 100 |
| Разрушающее напряжение при сдвиге при склеивании образцов сталь-сталь, МПа | 18 | 15 |
| Динамический модуль упругости, МПа | 4100 | 4900 |
| Водопоглощение, % | 0,05 | 0,04 |
| Коэффициент Пуассона | – | 0,35 |

Компаунды поставляются фасованными в комплекте. В состав комплекта входит: ведро связующего V= 20л и ведро отвердителя V= 3л

При инъектировании отвердитель выливается в ведро со связующим, композиция тщательно перемешивается с помощью погружного смесителя в течение 3 – 5 минут и затем выливается в приемную емкость инъекционного насоса. В качестве инъекционного насоса были выбраны поршневые насосы высокого давления с пневмодвигателем «Premier-80» фирмы «Crasco» с давлением на выходном патрубке до 510 атм. Совместными усилиями со специалистами Саяно-Шушенской ГЭС они были модернизированы с целью исключения в них образования застойных зон и удобства подачи инъекционного материала и контроля давления инъекции.

Давление инъектирования составляло на первом этаже – 50-100 МПа, затем для уменьшения воздействия процесса инъектирования на деформацию секций, оно было уменьшено до 20-25 МПа.

Процесс инъецирования включает в себя:

- изучение состояния объекта инъецирования, характер и размеры трещин (раскрытие, геометрия, распространение трещин), динамика развития трещин в зависимости от уровня водохранилища в верхнем бьефе,
- разработку технологической схемы инъецирования, включающей схему расположения скважин инъецирования, угол наклона скважин, глубину бурения скважин, количество рядов, шаг скважин, количество инъецируемого материала на скважину, давление инъецирования, контролируемые параметры,
- составление временного графика инъецирования с учетом раскрытия трещин в зависимости от уровня наполнения водохранилища на верхнем бьефе,
- подготовка оборудования и инъеционного материала,
- инъецирование с постоянным контролем всех основных параметров, определяющих качество инъецирования,
- промывка оборудования и различных конструктивных элементов. В случае отверждения эпоксидного компаунда в конструктивных элементах, его удаляют термической обработкой при температуре 350 – 400 °С или с помощью смывки «ЭПОКСИН»,
- контроль состояния объекта после инъецирования.
- Оценка оставшейся фильтрации объекта. Именно по этой схеме было проведено инъецирование основания плотины Саяно-Шушенской ГЭС. В общей сложности было заинъецировано 200 т материала. Восстановлена противопрофильтрационная завеса в основании 33 секций плотины. Каждая зона для большей гарантии заполнения инъецировалась в два этапа:

- первый этап при минимальном уровне воды в верхнем бьефе для заполнения наиболее промытых трещин и зон,
- второй этап проводился при максимальных уровнях воды в верхнем бьефе, когда трещины имели наибольшее раскрытие.

Глубина зоны инъецирования составляла 24 метра. Скважину бурили в два ряда. Скважину ряда А бурили под углом 18° к вертикали, направляемой в сторону верхнего бьефа. Скважину ряда Б бурили по вертикали.

Проведение работ по подавлению фильтрации основания плотины. Результаты ремонтных работ по снижению фильтрации приведены в таблице 2.

Стоимость работ по сравнению со стоимостью услуг фирмы «Солетанш» уменьшилась в 6 раз. Существующее оборудование, производственные мощности и имеющиеся подготовленные кадры специалистов позволяют гарантировать положительный результат при подавлении фильтрации, а также, вследствие возможности отверждения материалов на водонасыщенных поверхностях, применять их в качестве гидроизоляционных материалов на объектах, в том числе и не связанных с гидротехническими сооружениями. Для проведения не столь масштабных работ, как на плотинах, были доработаны технология из оборудования, при этом были уменьшены габаритные размеры и весовые характеристики оборудования и снижено давление инъецирования до 4-8 атм. Применение модернизированного оборудования, специально разработанных схем и технологии инъецирования позволило устранить фильтрацию воды в несущих конструкциях ряда объектов «Водоканала» на 100%.

Таблица 2 –Результаты инъецирования плотины Саяно-Шушенской ГЭС

| Наименование показателя | Номер секции | | | |
|--|--------------|------|------|------|
| | 26 | 27 | 28 | 29 |
| Фильтрационный расход до инъецирования, л/с | 8,3 | 15,9 | 28,3 | 7,5 |
| Фильтрационный расход после инъецирования, л/с | 3,19 | 2,57 | 2,05 | 1,25 |
| Снижение фильтрации, % | 61,5 | 83,8 | 92,7 | 83,3 |

Практика применения разработанных материалов марок КДС-173 и КДС-174 и последующей модификации КДС-600 показала, что их эффективно использовать при проведении ремонтных работ в фундаментах и несущих конструкций зданий и сооружений промышленного и гражданского

назначения, мостах, тоннелях, подземных переходах, на метрополитене, изготовлении гидроизоляции и наливных полов, в том числе химстойких и износостойких, в помещениях различного назначения и категорий, в гаражах, паркингах, на складах и терминалах.