Опыт проектирования и реализации технических решений по герметизации деформационных и строительных швов гидротехнических сооружений методом инъецирования

Тихомиров А. А.[1], ГИП,
Изотов С. В.[2], ведущий инженер (АО “Ленгидропроект”)

Приводится описание реализованных на практике технических решений по восстановлению герметичности деформационных и строительных швов гидротехнических сооружений методом инъецирования.

Ключевые слова: деформационный шов, строительный шов, уплотнения, фильтрация, инъецирование.

Experience in the design and implementation of technical solutions for sealing the deformation and construction seams of hydraulic structures by injection

Tikhomirov A. A., chief engineer of the project,
Izotov S. V., leading engineer (JSC “Lenhydroproject”)

The author’s gives a description of implemented in practice technical solutions for the restoration of tightness of deformation and construction seams on hydraulic structures by injection

Keywords: deformation seam, construction seam, seals, filtration, injection.

Проблема герметичности деформационных и строительных швов актуальна как для существующих и уже введённых в эксплуатацию гидроэлектростанций, так и для вновь возводимых сооружений. Так как данные швы являются одним из наиболее уязвимых мест в плотине, ещё на стадии проектирования в них закладываются противофильтрационные уплотнения, дренажные устройства и материалы для герметичного заполнения полостей шва. По разным причинам: нарушение технологии строительства, резкий перепад сезонных температур и др. — нарушается целостность шпонок. В результате появляются неорганизованные водопроявления, а в некоторых случаях даже с напорной фильтрацией воды. Несвоевременное устранение протечек в теле плотины может привести к изменению прочностных характеристик бетона, уменьшению надёжности и безопасности эксплуатации плотины, а также к возможным аварийным ситуациям.

В рамках данной статьи описывается опыт ликвидации водопроявлений по деформационным и строительным швам с помощью современных материалов на примере Майнской и Нижне-Бурейской ГЭС.

Майнская ГЭС, герметизация температурного шва A_0. Майнская ГЭС расположена на р. Енисее в Хакасии и входит в Енисейский каскад ГЭС, являясь его второй ступенью. Майнский гидроузел является контррегулятором Саяно-Шушенской ГЭС и предназначен для сглаживания колебаний её расходов и уровней, а также для полного использования её энергетических возможностей (рис. 1).

Температурный шов A_o организован между зданием ГЭС и монтажной площадкой. Для обеспечения водонепроницаемости температурного шва A_o со стороны верхнего бьефа проектом были предусмотрены две вертикальные латунные шпонки, выполнена окраска поверхности шва горячим битумом, а также смонтирован закладной швеллерный дренаж, отвод воды из которого был организован трубой диаметром 89 мм в галерею здания ГЭС на отм. 294,50. Течи из дренажной трубы с расходами от 2 до 5 л/с наблюдались в галерее на отм. 294,50 с начала эксплуатации Майнского гидроузла. Кроме того, в этой галерее отмечались неорганизованные выходы воды по шву с расходом по верховой стене



Рис. 1. Майнская ГЭС

[1] TihomirovAA@lhp.ru
[2] Kritnsk@gmail.com



Рис. 2. Ситуация по шву A_o до инъецирования

до 0,5 л/с. Водопроявления в виде капельной фильтрации имели место на низовой стене галереи и в её потолочной части (рис. 2).

Для замеров расходов воды из шва A_o в декабре 2007 г. из галереи на отм. 294,50 в верховой участок шва были пробурены четыре исследовательские скважины. Регулярные наблюдения за изменением фильтрационных расходов в пробуренных исследовательских скважинах показали взаимосвязь изменения расходов, раскрытия шва и температуры окружающей среды и воды. При отрицательных температурах наружного воздуха в зимний период раскрытие шва увеличивается, возрастает фильтрационный расход: при повышении температуры, наоборот, раскрытие шва уменьшается, фильтрация снижается.

В ходе разработки рабочей документации по устранению фильтрации воды через шов A_o рассматривались различные инъекционные материалы, удовлетворяющие требованиям ГОСТ 32016-2012, где основными критериями служили:

быстрая и регулируемая скорость реакции, исключающая свободное вымывание материала;

низкая вязкость;

высокий показатель адгезии материала с бетоном;

эластичность материала для компенсации температурных раскрытий шва.

В итоге было принято решение о заполнении межшпоночного пространства шва A_o гидроструктурной смолой “MC-Injekt GL-95 TX” от компании “MC-Bauchemie”. Для реализации технического решения были проведены следующие мероприятия, предусмотренные рабочей документацией:

бурение шпуров диаметром 14 мм в шов A_o и установка в них разжимных пакеров по периметру галереи на отм. 294,50;

инъецирование через пакеры гидроактивной пены “MC-Injekt 2033” для быстрой остановки активной фильтрации воды, а также полиуретановой смолы “MC-Injekt 2300 Top” для долговечной герметизации пространства шва до первой шпонки;

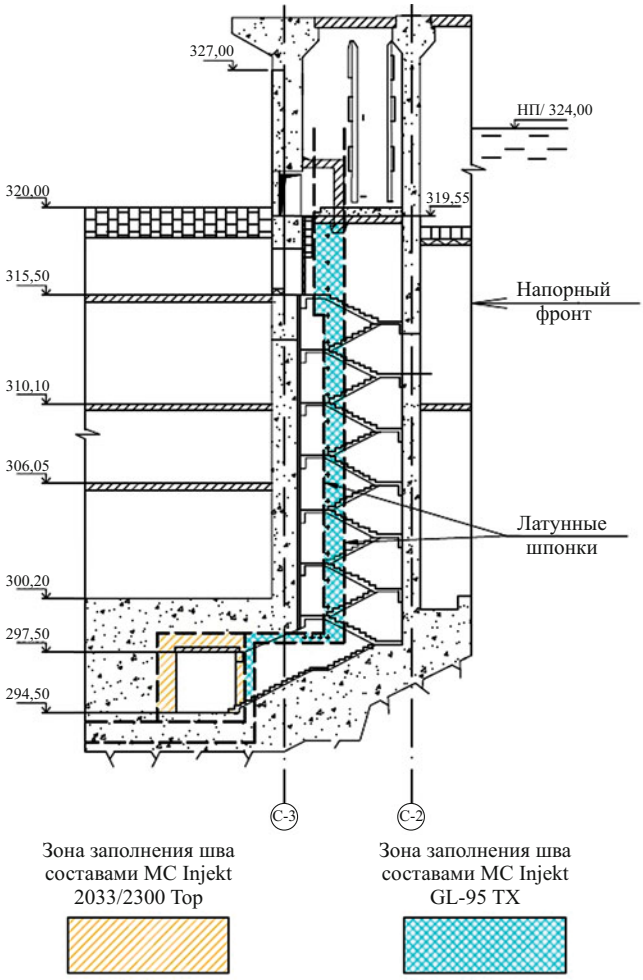


Рис. 3. Схема заполнения шва A_o инъекционными составами

монтаж “пластыря” из металлической полосы с резиновым уплотнением на верховую стену галереи на отм. 294,50 для предотвращения вымывания материала через швов;

колонковое бурение скважин диаметром 46 мм в отм. 294,50 – 324,00 с установкой тампонов на глубине контакта со швом Ао. Бурение велось с лестничного марша, проходящего вдоль шва.

Основное инъецирование межшпоночного пространства шва восходящим способом было выполнено акрилатным гелем “MC-Injekt GL-95 TX” через стальные пакеры под давлением 60 – 90 атм (рис. 3).

Перед началом основных работ по инъецированию шва A_o было выполнено гидроопробование с красящим маркером для определения сообщения между скважинами, а также для уточнения давления нагнетания материала. Были закрыты краны на всех исследовательских скважинах и установлены заглушки на отводящей трубе швеллерного дренажа для уменьшения скорости потока воды. В ходе



Рис. 4. Ситуация по шву A_o после инъецирования

производства инъекционных работ выяснилась необходимость дополнительного повышения скорости реакции акрилатного геля. Путём изменения весовых пропорций компонентов для приготовления материала достигли скорости реакции 14 с при температуре воды около 5 °С. В результате проведённой инъекции удалось добиться полного устранения неорганизованных выходов воды по периметру шва в галерею на отм. 294,50. Выход воды через дренажную трубу, отводящую воду из шва, сохранился, но расход уменьшился с 5 до 1,5 л/с. Это связано с решением оставить проектный швеллерный дренаж свободным, не заполняя его гидроизоляционным материалом, для организованной разгрузки температурного шва и измерений сезонных изменений расходов воды (рис. 4).

Данный метод восстановления герметичности деформационных и строительных швов показал свою высокую эффективность благодаря таким инновационным преимуществам, как:

возможность инъецирования шва с активным водопритоком благодаря быстрой реакции материала и разбуханию при контакте с водой;

отсутствие необходимости в жесткой заделке шва ремонтными составами и в бурении большого числа разгрузочных скважин;

низкая вязкость материала, что позволяет проводить работы при минимальном раскрытии шва, а значит, и при минимальных расходах воды;

эластичность материала, что позволяет рассчитывать на долгий срок эксплуатации даже при многократном раскрытии и закрытии шва при температурных изменениях.

В качестве недостатка можно отметить относительно высокую стоимость материалов и оборудования для инъецирования, однако это компенсируется высокой скоростью производства работ на объекте.

Нижне-Бурейская ГЭС. Герметизация температурных и строительных швов по зданию ГЭС.



Рис. 5. Нижне-Бурейская ГЭС

По результатам успешного применения технологии инъецирования на Майнской ГЭС специалистами АО “Ленгидропроект” были разработаны технические решения по ликвидации водопроявлений по температурным и строительным швам на строящейся в то время Нижне-Бурейской ГЭС, которая входит в Бурейский каскад ГЭС и является контрегулятором Бурейской ГЭС (рис. 5).

В процессе наполнения водохранилища летом 2017 г. были обнаружены водопроявления по температурным швам в коридорах нижнего бьефа на отм. 117,50. Причинами протечек являлись негерметичные уплотнения, установленные по температурным швам на проезжей части трансформаторной площадки на отм. 122,50, через которые проникала вода от атмосферных осадков. В результате этих протечек была повреждена выполненная на тот момент декоративная отделка помещений.

Рассматривались следующие варианты решения данной проблемы:

разборка с последующим восстановлением монолитного покрытия проезжей части трансформаторной площадки с заменой уплотнений температурных швов;

заделка швов ремонтными составами на цементной основе изнутри помещения;

инъецирование швов полиуретановыми смолами.

Первый вариант был отклонён по причине крайне высоких материальных и трудовых затрат на разборку и восстановление покрытия. Что касается второго варианта, то вызывала сомнение эффективность жёсткой заделки швов цементными составами. В итоге было принято решение об инъецировании температурных швов по осям 12 и 16 акрилатным гелем “MC-Injekt GL-95 TX”.

Инъецирование выполнялось изнутри с отм. 117,50 через пробуренные под углом 45° в шов шпуры, с шагом 150 мм. Для предотвращения выхода материала на швы были смонтированы металлические “пластыри” с резиновым уплотнением. Также было выполнено инъецирование строительных швов и трещин на покрытии трансформатор-



Рис. 6. Герметизация швов на трансформаторной площадке



Рис. 7. Ситуация по шву 16 после инъецирования

ной площадки полиуретановыми смолами “MC-Injekt 2300 Top”. После инъецирования была выполнена нарезка штраб по поверхности швов сечением 30 × 30 мм с заполнением их полиуретановым герметиком “Uniflex PU 3344F” для дополнительной герметизации (рис. 6). После проведения данных мероприятий протечки от атмосферных осадков в коридорах на отм. 117,50 были полностью ликвидированы, что позволило приступить к восстановлению отделки помещений (рис. 7).

По схожей технологии были инъецированы строительные швы в железобетонной оболочке спиральных камер гидроагрегатов, межбалочные швы перекрытия водоприёмников, швы в помещениях МНУ на отм. 110,85 и на гребне плотины на отм. 138,50, а также в других помещениях станции. Для каждого конкретного случая технические решения корректировались для достижения максимальной эффективности работы инъекционных материалов.

Выводы

1. Современные инъекционные материалы позволяют в большинстве случаев остановить напорную фильтрацию воды и обеспечить надёжную, долговременную герметизацию строительных и деформационных швов в гидротехнических сооружениях.

2. При проектировании и строительстве напорных сооружений необходимо уделять повышенное внимание конструкции уплотнений и заполнителя в деформационных и строительных швах, чтобы избежать впоследствии существенных материальных и трудовых затрат на восстановления их герметичности.

3. Для каждого случая неорганизованной фильтрации воды необходимо подбирать индивидуальное техническое решение по его ликвидации, руководствуясь анализом причин и природы протечек, конструкцией шва, а также возможностью применения современных ремонтных материалов.

Список литературы

1. *Шилин А. А.*, *Зайцев М. В.*, *Золотарев И. А.*, *Ляпидевская О. Б.* Гидроизоляция подземных и заглубленных сооружений при строительстве и ремонте. — Тверь, 2003.
2. СТО 51552155-302-2016. Ремонт и защита бетонных и железобетонных конструкций методом инъецирования” / ООО “Эм-Си Баухеми”. 2016.