

остаются недооценёнными. Малые гидроэлектростанции производят значительное количество электроэнергии, однако первоначальные затраты, общественное восприятие (результат экологического и социального воздействия) снижают интерес к малой гидроэнергетике со стороны как государственных чиновников, так и частных инвесторов.

## **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. LIU, D., LIU, H., WANG, X., and Kremere, E., eds. (2019). World Small Hydropower Development Report 2019. United Nations Industrial Development Organization; International Center on Small Hydro Power. A

УДК 699.82

К.У. Саидов

*Белорусский национальный технический университет*

## **ТИПЫ ГИДРОИЗОЛЯЦИИ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

*Научный руководитель – доцент, к.т.н. Н.Н. Линкевич*

Высокий уровень грунтовых вод (УГВ) вызывает подтопление и затопление территории. Поскольку построенные здания и сооружения затрудняют естественный отток грунтовых и поверхностных вод, то при отсутствии необходимых мероприятий УГВ поднимется до либо выше первоначальных отметок. Подземные бетонные и железобетонные конструкции зданий и сооружений постоянно или периодически находятся в контакте с водой или капиллярной влагой. Особенно подвержены подтоплению здания и сооружения с близким расположением водоупора.

Бетон обладает структурой, пронизанной порами, капиллярами и микротрещинами. Их наличие обусловлено рядом факторов: испарением воды во время схватывания бетона; высоким водоцементным отношением; внутренними напряжениями, возникающими из-за усадки бетона в процессе твердения, набора прочности и пр. Для того чтобы исключить возможность фильтрации воды через поры, капилляры и микротрещины в бетоне, необходимо обработать его внутреннюю поверхность растворной смесью гидроизоляционных материалов проникающего действия. Результатом обработки является заполнение пор, капилляров и микротрещин бетона дендритными нерастворимыми химически стойкими кристаллогидратами, что позволяет повысить показатель водонепроницаемости бетона, а также придать бетону свойство самозалечивания трещин раскрытием до 0,4 мм. Защищать необходимо все бетонные поверхности и конструкции зданий и сооружений, которые так или иначе могут контактировать с

водой, а также в местах, где омывающие или конденсатные воды могут негативно влиять на материал конструкции.

Существует два пути решения проблемы: гидроизоляция подземной части зданий и сооружений (традиционный способ защиты) и отвод грунтовых вод дренажем (выполняется крайне редко). Гидроизоляцией называют водонепроницаемые покрытия, защищающие конструкции зданий и сооружений от воздействия грунтовых, в том числе агрессивных, вод или от повышенной влажности окружающих грунтов. Назначение гидроизоляции – защита внутреннего объема подземных сооружений от проникновения капиллярной, грунтовой или поверхностной воды через ограждающие конструкции (противокапиллярная гидроизоляция, наружная и внутренняя противонапорная гидроизоляция, гидроизоляция от безнапорных поверхностных или фильтрационных вод) и защита элементов фундаментов и ограждающей конструкции от коррозии (антикоррозийная гидроизоляция). В ряде случаев устраивают гидроизоляцию для предотвращения проникновения воды и иных жидкостей из резервуаров, бассейнов и каналов в окружающий грунт.

Безнапорная гидроизоляция служит для защиты от просачивания воды. Если давление подземных вод невелико, то в подвальных помещениях можно устраивать внутреннюю проникающую гидроизоляцию. Если переувлажнение происходит за счет конденсационных и капиллярных вод, то устраивают противокапиллярную гидроизоляцию.

Наилучшим способом защиты фундаментных бетонных конструкций является наружная гидроизоляция и устройство пристенного дренажа. При невозможности либо экономической нецелесообразности устройства наружной гидроизоляции рекомендуется выполнять гидроизоляцию с внутренней стороны подвальных помещений из материалов проникающего действия.

Входы в цокольные этажи зданий зачастую не имеют надежной защиты от атмосферных осадков. Снег и дождь при попадании на площадки, находящиеся ниже поверхности земли, скапливается и увлажняет несущие стены подвальных помещений. Защита подвальных помещений ведется по нескольким направлениям:

- уменьшение попадания атмосферных осадков на отметки, находящиеся ниже поверхности земли путем устройства навеса или козырька и организованный отвод осадков;

- защита фундамента от намокания, увеличение пути фильтрации устройством отмостки из водонепроницаемых материалов (асфальта), предотвращающих намокание грунта у основания здания и насыщения влагой бетона;

Существуют различные виды гидроизоляции, которые различаются назначением, местом применения, а также материалами [1–3]. Гидроизоляционные покрытия подразделяют на пластичные и жесткие. К пластичным относят обмазочные, окрасочные, оклеечные и литые, к жестким – цементно-песчаные, асфальтовые и другие штукатурки и листовые покрытия.

Выбор типа гидроизоляции производится с учетом величины действующего или ожидаемого гидростатического напора подземных вод и их химического состава, особенностей конструкций и назначения помещения.

При возведении новых подземных сооружений в условиях уже подтопленной территории при небольшой величине гидростатического напора над защищаемой поверхностью применяется наружная гидроизоляция.

При расположении подземных сооружений в зоне капиллярного увлажнения грунтов гидроизоляция может устраиваться как по внутренним, так и по наружным поверхностям защищаемых конструкций.

В существующих подземных сооружениях (в подвальных помещениях) без отрыва грунта по периметру может быть применена лишь внутренняя гидроизоляция.

Обмазочная гидроизоляция – сплошной водонепроницаемый слой из остывшей мастики (например, битумной), нанесенный на поверхность конструкции толщиной 2–4 мм, а окрасочная изоляция – более тонкий слой (0,2–0,8 мм) красящего состава (например, этиленового лака, смешанного с распушенным асбестом). Эти изоляции наносят на изолируемую поверхность (минимум в два слоя) распылителями, валиками или кистями. Их применяют главным образом для защиты конструкций от капиллярной влаги.

Для обмазочной гидроизоляции используют битумные, битумно-полимерные и полимерные составы. Покрытия могут быть горячими (окраска битумом, битумно-полимерными мастиками) и холодными (из эпоксидных лаков, красок и битумно-латексных смесей). Грунтовку выполняют из этих же материалов, но менее вязких. Поверхность перед окраской тщательно очищают, а при использовании разжиженного и горячего битума высушивают до воздушно-сухого состояния и затем грунтуют. Битумные эмульсии и пасты можно наносить на увлажненную поверхность. После окончания работы окрасочная гидроизоляция может быть покрыта защитным слоем.

Оклеечная гидроизоляция – сплошной водонепроницаемый ковер из рулонных или гибких листовых материалов, наклеенных в 1–4 слоя на изолируемую поверхность с помощью специальных мастик (битумных, дегтевых) или клеев. Такую изоляцию применяют при больших гидростатических напорах воды.

Гидроизоляцию всегда наклеивают на поверхность сооружения с напорной стороны, перед наклейкой поверхность очищают пескоструйными аппаратами и электрифицированными щетками, затем поверхность промывают струей воды и просушивают.

Горячую мастику сначала наносят на изолируемую поверхность, а затем на рулонный материал слоем толщиной 1–2 мм. Наклеивание последующего слоя производят с разбежкой стыков с нижележащим слоем не менее чем на 0,2 м и перекрытием смежных продольных стыков полотнищ на 0,1, а поперечных – на 0,2 м. Наклеенный рулонный материал разглаживают и прикатывают легким катком.

Одним из путей повышения уровня индустриализации строительства является замена многослойных изоляционных покрытий из традиционных рулонных битуминозных материалов (пергамин кровельный, толь кровельный, рубероид, гидроизол, изол, бризол) однослойными полимерными мембранами из стойких к окислению и морозостойких полимерных компонентов. Существует множество рецептур и технологических процессов производства полимерных мембран, которые широко используются для устройства кровель и долговечной гидроизоляции различных ответственных сооружений, например для изоляции резервуаров технической и питьевой воды, очистных сооружений, транспортных тоннелей, мостов, подземных частей зданий и др. Для герметичного соединения полотнищ мембран применяются специальные клеи и ленты.

Как правило, в стационарных (заводских) условиях предварительно собираются из вулканизированных полотнищ большие мембраны (ковры) площадью от 100 до 1000 м<sup>2</sup>. Для соединения укрупненных элементов в условиях строительства применяются малогабаритные передвижные сварочные установки (для горячей вулканизации) и клеевые композиции (метод холодной вулканизации).

Литая гидроизоляция устраивается в основном из асфальтовой массы, наносимой на горизонтальные и наклонные (не более 45°) поверхности, а также в виде шпонок в щелях и температурно-усадочных швах.

Литую асфальтовую гидроизоляцию применяют для защиты подземных и подводных частей сооружений в особо ответственных случаях. Горячий асфальтовый материал подают на очищенный изолируемый участок, разливают и разравнивают одним-двумя слоями общей толщиной 15–40 мм. Чтобы исключить образование швов в покрытии, раствор подают непрерывно. Стыки выполняют с предварительным прогревом краев ранее уложенного слоя на длине 0,1–0,15 м. Готовую поверхность гидроизоляции посыпают песком и затирают гладилкой. Вертикальные поверхности предварительно грунтуют,

затем заливают асфальтовую массу в щель, образованную опалубкой, шириной 30–50 мм слоями 0,2–0,4 м. Каждый последующий слой заливают после остывания материала предыдущего слоя, примерно через 2–3 ч.

Жесткая гидроизоляция представляет собой затвердевший, прочно сцепившийся с изолируемой поверхностью слой цементно-песчаного раствора или асфальтового штукатурного материала толщиной до 20–25 мм или сплошное сварное водонепроницаемое ограждение строительных конструкций из стальных или пластмассовых листов. Цементно-песчаную гидроизоляцию осуществляют двумя способами: торкретированием и оштукатуриванием. В растворы добавляют противоусадочные и уплотняющие добавки, среди которых наиболее распространены церезит и жидкое стекло. Церезит вводят в состав цементного раствора, а жидкое стекло является и поверхностным покрытием, и добавкой в растворы.

Горячую асфальтовую штукатурную гидроизоляцию применяют для защиты поверхности напорных граней гидротехнических сооружений, опускных колодцев, железобетонных свай, трубопроводов, а также при аварийных и ремонтных работах. Не рекомендуется применять ее на влажном или гибком основании, а также при раскрытии в нем трещин более 0,3 мм. Горячую асфальтовую штукатурку приготавливают из мастики, состоящей из битума (25–30 %), асбеста (5–8 %), заполнителя в виде молотого известняка или цемента (30–40 %), мелкого песка (около 40 %). Для асфальтовой гидроизоляции используют битумы.

Горячую гидроизоляцию наносят на вертикальную и потолочную поверхности, предварительно очищенные и просушенные, двумя-тремя слоями, толщиной каждого слоя 4–7 мм, с помощью специальных установок – асфальтометов. Материал наносят горизонтальными полосами сверху вниз, покрывая с одной позиции участок шириной 1 м, высотой 1,4–1,8 м. Последующий слой наносят после остывания предыдущего. При возможном раскрытии трещин в основании гидроизоляционного покрытия более 0,1 мм, а также для исключения отрыва покрытия от основания между первым и вторым слоем прокладывают гибкую армированную ткань. При работе в зимних условиях поверхность предварительно прогревают струей горячего воздуха. При нанесении на горизонтальную поверхность гидроизоляцию разравнивают и уплотняют с помощью вибрационных гладилок, виброреек или легких катков.

Холодную асфальтовую штукатурную гидроизоляцию применяют для защиты подводных и подземных поверхностей бетонных и железобетонных сооружений, в зоне переменного уровня, для противокоррозионной защиты бетонных конструкций от агрессивных вод, а также для заполнения деформационных швов. Ее можно устраивать на влажном основании.

Гидроизоляция представляет собой пластичный штукатурный покров из нескольких слоев холодной асфальтовой мастики, нанесенных на вертикальные, горизонтальные, наклонные или потолочные поверхности.

Холодную мастику наносят на очищенную поверхность слоями толщиной 5–10 мм с помощью асфальтометов, растворометов или насосов. Каждый последующий слой наносят на предыдущий лишь после его отвердения. Асфальтовые смеси наносят снизу вверх ярусами высотой 1,5–2,5 м. Сопряжение ярусов выполняют внахлестку с перекрытием на 0,3–0,4 м, с разбежкой стыков в разных местах. При необходимости покрытие армируют стеклосеткой или антисептированной мешковиной, расстилая их на поверхности свеженанесенного слоя и прикатывая до выступления мастики на поверхности ткани.

Таким образом, защита подземной части зданий и сооружений от проникновения капиллярной, грунтовой или поверхностной воды существенно увеличивает срок службы зданий и сооружений.

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Гидроизоляция подземных и заглубленных сооружений при строительстве и ремонте: учеб. пособие / А. А. Шилин [и др.]. – Тверь : Русская Торговая Марка, 2003. – 396 с.

2. Подтопление территорий грунтовыми водами при строительстве и их инженерная защита : сб. науч. тр. / ВИНТИ РАН. – М. : ВИНТИ, 1982. – Т. 8. – 110 с.

3. Попченко, С. Н. Гидроизоляция сооружений и зданий / С. Н. Попченко. –Л. : Стройиздат, Ленинг. отд-ние, 1981 – 304 с.

УДК 629.563.424

А. В. Максимович<sup>1</sup>, И. В. Калиновский<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Белорусский национальный технический университет,*

### **РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОВОРОТНОГО УЧАСТКА ТРУБЫ ЗЕМСНАРЯДА**

*Научные руководители: К. В. Хвилько<sup>1</sup>, И. В. Качанов<sup>1</sup>,  
С. Г. Короткевич<sup>2</sup>*

<sup>2</sup>*Государственное учреждение образования "Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь",  
Минск, Республика Беларусь*

На водотоках и водоемах Республики Беларусь землесосные снаряды (земснаряды) осуществляют дноочистительные и дноуглубительные работы, а