

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ СЕМИНАР

**ВОПРОСЫ ВНЕДРЕНИЯ НОРМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И
СТАНДАРТОВ ЕВРОПЕЙСКОГО СОЮЗА
В ОБЛАСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА**

(г. Минск, БНТУ — 22–23.05.2013)

УДК 624.012.45

**ЗАЩИТА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПОДЗЕМНЫХ
СООРУЖЕНИЙ ОТ УВЛАЖНЕНИЯ И ПОДТОПЛЕНИЯ, КАК
КОМПЛЕКСНАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАДАЧА ПРИ ПРОЕКТИ-
РОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

ЛОВЫГИН А.Н., БОСОВЕЦ Ф.П.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Подземные сооружения различного назначения нередко подвергаются увлажнению и подтоплению. Причиной этого являются атмосферные осадки, грунтовые воды, поверхностные стоки, техногенные источники – утечки из резервуаров, отстойников, водопровода и канализации. В зависимости от источников влаги может происходить капельно-жидкое или конденсационное увлажнение. Последнее происходит при перемещении водяных паров из зоны высоких парциальных давлений в зону пониженных и перенасыщения воздуха влагой при падении температуры.

На сегодняшний день практически все сооружения подземной инфраструктуры в городах по истечению определенного срока эксплуатации, который, как правило, существенно меньше проектного имеют отказ гидроизоляционной системы. В подавляющем большинстве случаев это приводит к неизбежному преждевременному ремонту всего сооружения.

По данным многолетних исследований, ~ 80% подземных и заглубленных сооружений имеют отказы по гидроизоляции, которые происходят на ранней стадии эксплуатации и способствуют ускоренному износу железобетонных конструкций. Наиболее показательными в этом отношении были дефекты в конструкциях, выявленные при обследовании таких подземных сооружений в г. Минске, как: подземные переходы в больницах скорой помощи по ул. Кижеватова, детской инфекционной по ул. Якубовского, сооружениях «ГО», коллекторных тоннелях, теплотрассах и многих других.

Гидроизоляционная система – это совокупность элементов, направленных на защиту сооружения от воздействия воды и влаги. К элементам гидроизоляционной системы относят мероприятия, обеспечивающие эту защиту – гидроизоляционные мембраны, теплоизоляцию, вентиляцию, дренаж, водоудаление и др.

За последние годы проблеме гидроизоляционных работ при строительстве и ремонте подземных и заглубленных сооружений не уделяется должного внимания, в том числе и по учебным программам строительных вузов. В достаточной мере отсутствует необходимая нормативная база, а также требуемая для проектирования и эксплуатации гидроизоляционных систем техническая литература.

Наиболее часто для защиты конструкций сооружений от воды и влаги используются гидроизоляционные мембраны. Выбор типа гидроизоляционной мембраны зависит от величины уровня грунтовых вод, допустимой влажности помещений внутри сооружения, трещиностойкости конструкций. Эти величины определяются нормативными параметрами и гидрогеологической ситуацией на площадке.

В системах гидроизоляции, эксплуатирующихся в условиях позитивного и негативного давления воды могут сооружаться мембраны, созданные с использованием:

- металлических листов;
- рулонных и листовых органических материалов;
- составов органического происхождения, которые наносятся в жидком состоянии (безрулонных);
- безрулонных материалов на основе минеральных вяжущих;

- рулонных и безрулонных материалов на основе бентонитовых глин.

При выборе материалов для производства гидроизоляционных работ следует ориентироваться на условия их применения, наличие активного или негативного давления воды или паров, требования по влажности воздуха на период эксплуатации сооружения, качество субстрата, качество и стоимость профессиональных материалов для производства гидроизоляционных работ, технологию нанесения, возможность контроля качества основания, наличие квалифицированных кадров, безопасность производства работ.

При строительстве и ремонте подземных сооружений нужно иметь в виду, что при активном давлении воды предпочтение может быть отдано как рулонным, так и безрулонным органическим и минеральным покрытиям. В условиях ремонта или выполнения работ изнутри сооружения, работающего при воздействии негативного давления воды, предпочтение всегда отдается минеральным водонепроницаемым, но паропроницаемым покрытиям.

При использовании мембран, работающих в условиях негативного давления воды, необходимо учитывать состояние субстрата, т.е. структуру бетона, его прочностные характеристики, наличие дефектов, объём и скорость коррозии арматурного каркаса, которая будет происходить под воздействием окружающей среды.

Типы гидроизоляционных мембран при проектировании и реконструкции подземных сооружений могут назначаться из таблицы 1 в зависимости от условий работы и характеристики применяемых материалов [1].

При конденсационном увлажнении поверхностей конструкций подземных сооружений различают три ее разновидности: систематическую, дифференциальную и круговую.

Гидроизоляционная система большинства сооружений страдает главным образом от систематической и дифференциальной конденсации, обусловленных значительными длительными перепадами температуры поверхностей, ростом или падением температуры вследствие температурного гистерезиса конструкций.

Систематическая конденсация может иметь место в случае повышенной влажности помещения. При отсутствии теплоизоляции в зимнее время мембрана может быть разрушена. Теплоизоляционная

защита обеспечивает долговечность работы гидроизоляционной мембраны, предохраняющей сооружение от проникновения в него влаги и воды.

Таблица 1. Основные характеристики и условия использования материалов, применяемых для создания гидроизоляционных мембран

<i>Характеристики, условие применения материалов</i>	<i>Мембраны из металлических листов</i>	<i>Мембраны из рулонных и листовых материалов</i>	<i>Мембраны из материалов жидкого нанесения</i>	<i>Мембраны на минеральных вяжущих</i>	<i>Мембраны на основе бентонитовых глин</i>
Удлинение при разрыве	Минимальное	Хорошее	Прекрасное	Отсутствует	Хорошее
Химическая стойкость в грунте и атмосфере	Хорошая при качественной защите	Хорошая	От средней до хорошей	Хорошая	Средняя
Трудоёмкость укладки	Высокая	Средняя	Простая	Простая	Простая
Толщина слоя	6 мм и более	0,5- 10 мм	1,5 - 2 мм	1-5мм иногда больше	6 - 12 мм
Возможность работы при активном и негативном давлении воды	В любом режиме	Только в активном режиме	Только в активном режиме	В любом режиме	Только в активном режиме
Участки, требующие обследования и дополнительных усилий и затрат при нанесении материалов	Швы, накладки, качество защитных покрытий, анкера, сопряжения	Нахлест полотниц и швы; профилирование у отверстий и сопряжений, переходных наземных элементов	Толщина материала, особенно у перегибов; профилирование и грунтовка у отверстий и сопряжений	Галтели, швы и сопряжения; профилирование швов и трещин	Нахлест, профилирование у отверстий и изменении плоскости
Ремонт	От средней трудности до неремонтпригодности	От средней трудности до трудного	От средней трудности до трудного	Простой при укладке по внутреннему контуру	От средней трудности до трудного
Необходимость защиты при засыпке пазух	нет	Да	да	нет	да
Стоимость работ	Самая высокая	Высокая	Средняя	Низкая	Низкая и средняя
Необходимость в квалифицированной рабочей силе	Высокая	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя

Основным принципом в решении этого вопроса является снижение теплотеря наружных ограждающих конструкций за счет увеличения их сопротивления теплопередаче.

В общем случае опасность появления конденсата на внутренней поверхности конструкций тем больше, чем выше влажность внутреннего воздуха.

Водяные пары, содержащиеся в воздухе помещения, конденсируются на внутренней поверхности ограждения, когда температура поверхности окажется ниже точки росы внутреннего воздуха (τ_p). Следовательно, при расчете ограждения необходимо обеспечить его внутренней поверхности такую температуру ($\tau_{вн}$), которая была бы не ниже точки росы для данной влажности воздуха. Согласно теории теплопередачи, величина ($\tau_{вн}$) связана с термическим сопротивлением (R_o) ограждающей конструкции и сопротивлением теплоприятия (R_b) зависимостью [2]:

$$\tau_{вн} = t_в - ((t_в - t_n)/R_o) \cdot R_b \quad (1)$$

где $t_в$ и t_n – температуры внутреннего и наружного воздуха °C;

$R_b = 1/\alpha_b$ – сопротивление теплопередаче на внутренней поверхности, ($m^2 \cdot ^\circ C$)/Вт;

α_b – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, Вт /($m^2 \cdot ^\circ C$);

$R_o = (1/\alpha_b) + R_k$ – сопротивление теплопередаче, ($m^2 \cdot ^\circ C$)/Вт.

Таким образом, регулируя величины R_o , R_b термического сопротивления и сопротивления теплоприятия ограждающей конструкции, должно обеспечить необходимые условия для невозможности возникновения на ее внутренней поверхности конденсата.

В связи с этим следует отметить, что при реконструкции попытки установить утеплитель с внутренней стороны ограждения не приводит к положительному эффекту. При этом нарушается диффузия водяных паров из подземного сооружения наружу, что создает условия для образования конденсата на границе утеплителя и стены.

Следует отметить, что к материалам, применяющимся в качестве теплоизоляции подземных сооружений, предъявляются особые требования: малое теплопоглощение, высокая прочность при сжатии при низкой теплопроводности, стойкость к агрессивным подземным водам, неподверженность гниению, а их выбор базироваться на действительном состоянии температурно–влажностного режима помещений, условий эксплуатации конструкций, экономической целесообразности, т.е. стоимости и ремонтпригодности, наличия

имеющейся сырьевой базы, квалификации исполнителей и других сопутствующих факторов [3].

Для защиты подземных сооружений от подтопления при устройстве гидроизоляционной системы наряду с устройством гидроизоляционной мембраны традиционно предусматривается дренаж в виде отсыпки песчаной призмы и дренажных труб с фильтрующими обсыпками из песчано–гравийной смеси, керамзита и других материалов или оберток из искусственных волокнистых материалов.

Гидроизоляционная мембрана, как правило, выполняется из обмазочных или рулонных битумных и битумо–полимерных материалов и служит не более 10 – 15 лет [1]. Устройство пристенного дренажа из сыпучих материалов связано с трудоемкими работами по отрывке котлована, качественным подбором фильтрующих материалов и большим объемом применяемого фракционированного песка и гравия.

С целью улучшения качества строительства и условий эксплуатации подземных сооружений в последнее время были разработаны различные типы конструкций вертикальных (пристенных) и горизонтальных пластовых дренажей. Часто для этих целей используют дренажные плиты из фильтрационных материалов [3].

Дренажные плиты из фильтрационных бетонов на основе различных связующих и заполнителей имеют пористую структуру, которая образуется за счет подбора состава таким образом, чтобы связующее (например, цементный раствор) только обвалакивало зерна заполнителя, оставляла пространство между ними. Внутри плит формируются отверстия для отвода воды. Основные характеристики фильтрационных бетонов: коэффициент фильтрации $K_f = 50–500$ м/сут.; прочность при сжатии $R_c = 2,5–10,0$ МПа; толщина дренажной плиты $d = 8–10$ см.

Крупнопористые плиты на основе фильтрационного пенополистирола или пенополиэтилена имеют значительные преимущества перед фильтрационным бетоном: малую массу ($\rho_0 = 18–20$ кг/м³), высокую водопропускную способность ($K_f > 1000$ м/сут.), стойкость к агрессивным грунтовым водам.

Наличие в грунтах илистых и глинистых частиц приводит к заполнению фильтрующих полостей, снижению дренажной способности плит. Для обеспечения длительной работы в дренажах ис-

пользуют геотекстильные материалы, которые фильтруя воду, задерживают частицы грунта и препятствуют их проникновению в дренажную систему. Эти материалы более 30 лет используют в дорожном, гидротехническом и подземном строительстве.

Геотекстилем называют водопроницаемые тканые, нетканые, вязаные и композиционные полотна из синтетических волокон, выполняющих три основные функции в массиве грунта – сепарацию, фильтрацию и армирование.

По технологии изготовления различают тканые, нетканые и вязаные материалы.

Тканые геотекстильные материалы состоят из волокон взаимно перпендикулярного направления. Они отличаются друг от друга видом волокна, типом плетения и числом нитей на единицу площади.

Нетканые геотекстильные материалы получают тремя способами – механическим (иглопробивные), термическим (термоупрочненные), адгезивным (клееные). Наибольшее распространение получили иглопробивные и термоупрочненные материалы.

Вязаные материалы состоят из одной или нескольких волоконных систем, петлеобразно соединенных друг с другом в виде пряжи. Особенности этих материалов является: высокая прочность на растяжение при небольшом относительном удлинении вдоль волокон пряжи; возможность восприятия нагрузки в диагональном направлении.

Анализ существующих в настоящее время дренажных систем позволяет сделать вывод о том, что самую надежную защиту сооружений обеспечивает устройство пристенного и горизонтального пластового дренажа с использованием геокомпозиатов в сочетании с трубчатым дренажом. Геокомпозиаты различных конструкций возможно применять при любом типе грунта к глубине заложения сооружения до 15 – 20 м, а также в условиях воздействия агрессивных грунтовых вод. Кроме того, геокомпозиаты весьма эффективны при устройстве внутреннего дренажа зданий.

Как было сказано выше основным элементом гидроизоляционной системы подземных сооружений является гидроизоляционная мембрана. Ее длительное функционирование может быть обеспечено только при наличии внутреннего или внешнего дренажа. Избежать конденсации влаги на поверхностях конструкций можно толь-

ко при наличии их теплоизоляционной защиты, вентиляции и кондиционирования воздуха. В любом подземном или заглубленном сооружении должно быть организовано водоудаление, которое должно предусматривать наличие соответствующих уклонов, водосборников, трубопроводов, насосных станций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шилин А.А., Зайцев М.В. и др. Гидроизоляция подземных и заглубленных сооружений при строительстве и ремонте. // Тверь. Изд-во «Русская торговая марка», 2003. – 396 с.
2. Умняков П.А. Теплоизоляция ограждающих конструкций жилых и общественных зданий.– М.: Стройиздат, 1978. – 160 с.
3. Ловыгин А.Н., Босовец Ф.П. Теплоизоляционное обеспечение строительных конструкций подземных и заглубленных сооружений как фактор эффективности их гидроизоляционной защиты. Вопросы внедрения норм проектирования и стандартов Европейского союза в области строительства. Сборник научно–технических статей. Часть 1. Минск, БНТУ, 2012. – 260 с.