

**ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ
СПЕЦИАЛЬНОСТИ «ПРОМЫШЛЕННОЕ
И ГРАЖДАНСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО»**
(г. Минск, БНТУ — 24.05.2011)

УДК 699.82

**ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВА, ЭКСПЛУАТАЦИИ
И РЕМОНТА ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫХ МЕМБРАН
ПОДЗЕМНЫХ И ЗАГЛУБЛЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ**

ЛОВЫГИН А.Н.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

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 значительной степени устарела нормативная база. Недостаточно в полной мере необходимой для проектирования гидроизоляционных работ при строительстве и эксплуатации сооружений литературы.

Сложившаяся сегодня ситуация в эксплуатации подземных и заглубленных сооружений давно требует повышения надёжности гидроизоляционных работ, направленных на устранение протечек воды, способствующих ускоренному износу и выходу из строя конструкций.

На сегодняшний день большинство сооружений подземной инфраструктуры в городах по истечению определённого 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, ~ до 95 % подземных и заглубленных сооружений имеют отказы по гидроизоляции, которые происходят на ранней стадии эксплуатации и способствуют ускоренному износу железобетонных конструкций [1].

Наиболее часто для защиты конструкций и сооружений от воды и влаги используются гидроизоляционные мембраны.

Материалы, применяемые для устройства мембран, могут быть:

- полностью непроницаемыми для воды и водяного пара;
- частично непроницаемыми;
- частично проницаемыми.

К первому типу материалов относятся металл, полиэтилен, стекло и другие полностью непроницаемые материалы. Ко второму типу материалов относятся материалы, в той или иной мере обладающие водопоглощением. Величина её может быть незначительной – 0,5-2% или значительной – 5-8%. Это различные типы рулонных, листовых и безрулонных органических и минерально-органических материалов. Капиллярно-пористые материалы (глины, бетон и различные минеральные обмазки) принадлежат к третьему типу.

Выбор типа гидроизоляционной мембраны зависит от величины уровня подземных вод, допустимой влажности помещений внутри сооружения, трещиностойкости конструкций. Эти величины определяются нормативами и гидрогеологической ситуацией на площадке.

В случае если необходимо получить влажность в подземном помещении 35-40%, следует использовать только непроницаемую для воды и её паров мембрану. При влажности до 75% возможно использование любых по проницаемости мембран, но температурно-влажностный режим необходимо регулировать при помощи вентиляции, теплоизоляции, кондиционирования воздуха и т.д.

1) В системах гидроизоляции, эксплуатирующихся в условиях позитивного и негативного давления воды, сооружаются 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.

2) В этой связи имеется два подхода к проектированию гидроизоляционных мембран:

- по стоимости и надёжности;
- по стоимости и ремонтпригодности.

3) Существует множество вариантов устройства мембраны с использованием металла:

- с устройством закладных, к которым крепятся металлические листы после бетонирования конструкций;
- в виде несъёмной опалубки;
- комбинированного типа.

4) При этом толщина листа стали должна быть не менее 6 мм.

5) Технология создания металлической мембраны достаточно сложная. Металлокаркас мембраны должен иметь требуемую жёсткость. Количество сварных швов должно быть минимальным. Особое внимание уделяется сварочным работам. Они должны обеспечить минимальные температурно-усадочные напряжения. Сложным и трудоёмким процессом является обустройство вводов, сопряжений, сложных и объёмных элементов.

6) Металлическая мембрана обладает высокой прочностью, водонепроницаемостью при больших давлениях воды и долговечностью. Однако имеет ряд существенных недостатков:

- является самой дорогой, но не всегда бывает самой долговечной;

- подвержена коррозии, поэтому защищается специальными покрытиями и не должна иметь контакт с арматурным каркасом железобетона;

- низкая ремонтпригодность и сложность контроля качества;
- чрезвычайно уязвима к перепадам температуры и промораживанию, поэтому её не следует применять без теплоизоляционной защиты;

- являясь жёсткой конструкцией, имеющей значительное количество сварных швов, она плохо переносит длительные динамические нагрузки и особенно на фоне перепадов температуры.

7) Чаще всего металл используется в следующих случаях:

- при большом гидростатическом давлении воды или пара, когда другие виды гидроизоляционных мембран ненадёжны;
- требуется обеспечить постоянную низкую влажность помещения;
- для изоляции конструкций, подвергающихся воздействию повышенных температур (свыше 80°C);
- при значительных механических воздействиях;
- при гидроизоляционной защите сооружений сложной формы;
- при сооружении специальных объектов.

8) Наиболее распространённым способом создания гидроизоляционной мембраны является применение многослойного покрытия из рулонных наплавляемых, оклеечных и механически закреплённых материалов.

9) Основной эксплуатационной проблемой является низкая ремонтпригодность гидроизоляционных мембран. Для того чтобы снизить вероятность отказа мембраны, она должна быть выполнена из качественных материалов и иметь несколько слоёв при наличии сплошного приклеивания. Но какими бы качественными они ни были, их срок службы меньше, чем у капитального сооружения. Поэтому необходимо повышать надёжность работы мембраны за счёт дренирования воды, применения защитных и теплоизоляционных экранов, укладки дополнительных и усиленных слоёв материала на швах и сопряжениях, устройства деформационных швов и т.д.

10) Следует отметить, что при укладке материалов большое внимание должно уделяться подготовке поверхности субстрата. Она должна быть сухой и чистой, т.е. иметь влажность не более 5%.

11) Все субстраты из бетона и железобетона перед укладкой наплавляемых материалов должны быть обработаны грунтовкой (праймером). В качестве её могут использоваться составы заводского изготовления, раствор битума в керосине и т.д.

12) К материалам жидкого нанесения на основе органических вяжущих относят растворы на основе битумов, каучуков, полиуретанов и т.п. Используют материалы холодного и горячего нанесения. К последним относятся составы на основе битума.

13) Нанесение жидких гидроизоляционных материалов производится со стороны позитивного давления воды.

14) Одним из основных преимуществ мембран из материалов жидкого нанесения является то, что они без применения каких-либо других покрытий и технологических приёмов создают возможность бесшовного нанесения в местах выступов и впадин, сопряжений с арматурой, трубами, а также в местах сопряжений стен с полом и перекрытием.

15) Основным недостатком в применении этих материалов является усадка, которая может привести к разрыву покрытия. К тому же при использовании этих материалов в условиях строительной площадки трудно обеспечить необходимую равномерность и однородность их нанесения толщиной – 1,2-1,5 мм.

16) Перед нанесением на субстрат следует произвести очистку и выравнивание поверхности. Особенно опасны «гребешки», получаемые в местах стыковки листов опалубки.

17) В местах сопряжения стен с полом выполняется галтель со скошенной под 45° кромкой, высотой примерно 2 см, а затем по контуру наносится первый слой покрытия. На участках температурных швов и участках поверхности, испытывающих сильные воздействия, материал армируется сеткой из стекловолокна, полипропилена или на него укладывается специальная листовая прокладка, выполняющая роль компенсатора.

18) Материалы для устройства мембран на минеральных вяжущих состоят в основном из портландцемента с песком, а также различных добавок. Существует четыре типа материалов:

- металлизированные;
- капиллярные (пенетрирующие);
- обмазочные с уплотняющими добавками;
- модифицированные полимерами.

19) Все материалы этого класса однотипны по технологии нанесения и уходу за ними, а также эксплуатационным характеристикам. Однако за счёт изменяющегося гранулометрического состава и использования специальных добавок они имеют различную адгезию к субстрату, водонепроницаемость, усадку и т.п. Эти материалы обладают некоторыми общими для них достоинствами, включая бесшовное нанесение при выполнении работ. Они не требуют устройства защитного покрытия при засыпке пазух котлована.

20) Однако есть ряд недостатков:

- все материалы на минеральных вяжущих не способны заделывать трещины более 0,3 мм;

- конструкции, расположенные выше уровня земли, подвергающиеся воздействию температур, необходимо утеплять и устраивать большое количество деформационных швов.

21) Изолирующая способность глин обусловлена свойством этих минералов увеличиваться в объёме при увлажнении и образовывать пластичное тесто, которое может сохранять заданную форму.

22) До конца 19 века гидроизоляция заглубленных помещений выполнялась в виде «глиняного замка» – слоя перемятой и плотно утрамбованной глины толщиной 30 см.

23) Однако устройство «глиняных замков» весьма трудоёмко в настоящее время практически не применяется.

24) На смену «глиняным замкам» пришли изделия в виде бентонитовой глины, порошка, листов и матов, обладающих достоинством «глиняного замка» и в то же время более технологичные в укладке.

25) В настоящее время бентонитовые производные добавляются в другие гидроизоляционные материалы, например в термопластичные и резинобитумные.

26) К достоинствам материалов на основе бентонитовых глин следует отнести:

- способность к самозалечиванию трещин;
- простота нанесения;
- разнообразие видов и вспомогательных средств.

27) К недостаткам:

- возможность преждевременной гидратации;
- отсутствие стойкости к фильтрационным потокам воды;
- низкая стойкость к сульфатам, хлоридам, воздействию переменного уровня воды, замораживанию/оттаиванию.

28) Конструкции подземных сооружений могут подвергаться намоканию по разным причинам. В зависимости от источников влаги может произойти капельножидкое или конденсационное увлажнение.

29) Капельножидкая влага может проникать в конструкции различными способами. Фильтрация в сооружение воды происходит в

случае отказа гидроизоляционной системы после выпадения дождей, таяния снега, прорыва трубопровода вне сооружения или из-за подъёма уровня грунтовых вод и т.п.

30) Конденсационное увлажнение происходит при перемещении водяных паров из зоны высоких в зону пониженных парциальных давлений и перенасыщения воздуха влагой при падении температуры. В подземном сооружении это происходит при отсутствии регулирования температуры поступающего с вентиляционной струёй воздуха.

31) Железобетонные конструкции могут обеспечить заданный уровень водонепроницаемости сооружения, но бетон – паропроницаемый материал, и если не принимать необходимых мер, то он будет активно пропускать пары воды.

32) Если вентиляция обеспечивает требуемый уровень влажности в сооружении, то негативного влияния на его эксплуатационный режим пары воды не оказывают.

33) Даже надлежащим образом запроектированные и эксплуатируемые сооружения могут не обладать необходимым уровнем надёжности по водонепроницаемости и паропроницаемости и требуют ремонта.

34) Выполнение ремонтных работ в сооружениях, где имеет место отказ гидроизоляционной мембраны, может осуществляться по локальной фронтальной схемам.

35) За рубежом существует несколько видов классификации по требованиям к уровню качества гидроизоляционной системы сооружений при их строительстве и ремонте в зависимости от их назначения [2].

36) В Великобритании, например, сооружения разбиты на 4 категории в которых учитываются протечки воды, влажность конструкций, диапазон эксплуатационных температур и контроль влажности воздуха в сооружениях.

37) Отечественная нормативная литература рассматривает подземные сооружения только с точки зрения наличия в них остаточного водопритока без учёта каких-либо других факторов.

38) В подземных сооружениях, таких как тоннели инженерных коммуникаций, гаражи, подземные автостоянки повсеместно наблюдается выпадение конденсата. При этом конденсация влаги

может происходить и под внешней гидроизоляционной мембраной, а при отсутствии теплоизоляционной защиты и высокой влажности воздуха – по внутреннему контуру внешних стен сооружения. Но все рекомендации относятся к новому строительству объектов. Указаний по ремонту сооружений с учётом требований их будущей эксплуатации сегодня не существует.

39) К материалам, которые широко используются в практике выполнения гидроизоляционных работ при ремонте сооружений, выполненных из бетона и железобетона при активном и негативном воздействии воды, относятся минеральные составы:

- 1) Обмазочные и штукатурные жёсткие покрытия.
- 2) Обмазочные покрытия пенетрирующего действия.
- 3) Полимерцементные эластичные покрытия.
- 4) Цементосодержащие ремонтные растворы, модифицированные полимерными добавками.
- 5) Покрытия для арматуры.
- 6) Выравнивающие и защитные покрытия.

40) В сооружениях, подверженных деформациям, жёсткие материалы гидроизоляционной мембраны потрескаются. С другой стороны, эластичные материалы обладают меньшим сцеплением с субстратом. Таким образом, при нанесении покрытий на конструкции, подверженные деформациям, следует искать компромисс между эластичностью материала и адгезией его к субстрату.

41) Очистка и подготовка поверхности перед нанесением защитных и гидроизоляционных покрытий является чрезвычайно сложной, трудоёмкой и дорогой технологической операцией. При ремонте сооружений перед нанесением покрытий очистка их должна выполняться практически всегда.

42) Поверхность субстрата должна перед нанесением защитных покрытий иметь соответствующую влажность, прочность на сжатие, растяжение, изгиб, сдвиг, быть ровной, без выступов и впадин, однородной, без трещин, раковин, инородных включений, не должна иметь на своей поверхности грязи, пыли, плесени, масел и т.п.

43) Если эти требования не будут выполнены или выполняться не в полной мере, то добиться необходимого качества работ невозможно.

44) Европейские и американские нормы и правила по защите, гидроизоляции и ремонту железобетона предусматривают следующую

щие основные требования к структуре и качеству бетонных поверхностей при выполнении ремонта и нанесении покрытий:

- удаление рыхлых и легко отслаивающихся слоёв;
- отсутствие трещин, проходящих параллельно поверхности, или раковин;
- удаление всех посторонних материалов, которые могут снижать адгезию;
- удаление загрязнённых хлоридами слоёв бетона вплоть до арматуры или до той глубины, где содержание хлоридов допустимо;
- прочность бетонной поверхности на отрыв должна быть не менее $1,5 \text{ Н/мм}^2$;
- качество очистки поверхности арматуры должно соответствовать требованиям SA 2,5 (шведский стандарт по очистке металла).

45) Обычно при производстве гидроизоляционных работ следует при строительстве и ремонте руководствоваться следующими требованиями к поверхности: 1) чистота поверхности; 2) контроль влажности; 3) контроль температуры; 4) щёлочность бетона (рН); 5) прочность поверхности; 6) прочность под поверхностным слоем; 7) наличие на поверхности бетона цементного молока; 8) однородность поверхности; 9) защита от воздействия нагрузок; 10) контроль наличия в бетоне активных химических и биологических веществ.

46) Очистка поверхности бетона перед нанесением покрытий может производиться следующими методами: 1) механическая обработка; 2) пескоструйная (сухая и мокрая); 3) дробеструйная; 4) обработка поверхностей водой под давлением; 5) химическая; 6) огневым способом.

ВЫВОДЫ

47) 1. Гидроизоляционную систему подземных сооружений следует рассматривать как комплекс мероприятий, обеспечивающих защиту от паров и фильтрации воды.

48) 2. При выборе материалов для производства гидроизоляционных работ следует ориентироваться на условия их применения, наличие активного или негативного давления воды или паров, тре-

бования по влажности воздуха на период эксплуатации сооружения, качество субстрата, качество и стоимость профессиональных материалов для производства гидроизоляционных работ, технологии нанесения, возможность контроля качества, наличие квалифицированных кадров, безопасность производства работ, что может быть обосновано характеристиками, приведенными в таблице 1.

49) 3. При производстве работ по созданию гидроизоляционной мембраны, обеспечивающей надёжную защиту подземного сооружения от воды и её паров, необходимо выполнять несколько ступеней защиты как по площади производства работ, так и на участках сопряжения строительных конструкций и материалов. При использовании мембран, работающих в условиях негативного давления воды, необходимо учитывать структуру бетона, его прочностные характеристики, наличие, объём и скорость коррозии арматурного каркаса, которая будет происходить под воздействием окружающей среды.

50) 4. Если рассматривать строительство и ремонт подземных сооружений, то 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 отдаётся минеральным водонепроницаемым, но паропроницаемым покрытиям.

51) 5. Длительное функционирование гидроизоляционной мембраны может быть обеспечено только при наличии внутреннего или внешнего дренажа. Избежать конденсации влаги в конструкциях можно только при наличии теплоизоляционной защиты, вентиляции и кондиционирования воздуха. В любом подземном или заглубленном сооружении должно быть предусмотрено водоудаление, которое должно предусматривать наличие соответствующих решений: уклоны, водосборники, трубопроводы, насосные станции.

Таблица 1[3]. Основные характеристики и условия использования материалов, применяемых для создания гидроизоляционных мембран

Характеристики, условие применения материалов	Мембраны из металлических листов	Мембраны из рулонных и листовых материалов	Мембраны из материалов жидкого нанесения	Мембраны на минеральных вяжущих	Мембраны на основе бетонных или глинистых смесей
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
Трудоемкость 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 полотнищ 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

ЛИТЕРАТУРА

1. Шилин А.А. Гидроизоляция подземных и заглубленных сооружений при строительстве и ремонте / А.А. Шилин [и др.]. – Тверь: Русская Торговая Марка, 2003.
2. ACI 515.1R-79. A Guide to the Use of Waterproofing, Dampproofing, Protective / and Decorative Barriers Systems for Concrete // ACI Manual of Concrete Practice, part 1-1999, 2000, 2001. – American Concrete Institute/
3. Шилин, А.А. Эксплуатация несущих конструкций тоннелей инженерных коммуникаций на основе мониторинга и планирования инвестиций / А.А. Шилин. – М.: МГГУ, 1998.