

Бурсов Николай Генрихович, заведующий научно-исследовательской лабораторией, РУП «Институт БелНИИС», г. Минск (Беларусь)

Сидорцов Александр Леонидович, директор, ИТУП «Реммерс Бел», г. Минск (Беларусь)

Корзун Алексей Сергеевич, менеджер, ИТУП «Реммерс Бел», г. Минск (Беларусь)

Nikolai Bursov, head of the scientific and research laboratory, Institute BelNIIS RUE, Minsk (Belarus)

Aleksandr Sidortsov, director, Remmers Bel Foreign Trade Unitary Enterprise, Minsk (Belarus)

Aleksey Korzun, manager, Remmers Bel Foreign Trade Unitary Enterprise, Minsk (Belarus)

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ УСТРОЙСТВА ГИДРОИЗОЛЯЦИИ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПОДЗЕМНЫХ И ЗАГЛУБЛЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ И СООРУЖЕНИЙ

MODERN ENGINEERING AND TECHNOLOGY SOLUTIONS FOR MOISTURE-PROOFING OF PLAIN- AND REINFORCED-CONCRETE UNDERGROUND AND BURIED CONSTRUCTIONS AND STRUCTURES

АННОТАЦИЯ

Одним из основных факторов, влияющих на долговечность подземных и заглубленных сооружений, является воздействие воды, проникающей внутрь строительных конструкций, и способной вызвать как разрушение бетона, так и коррозию арматуры, что ухудшает статические свойства конструкции и, в конечном итоге, может привести к ее разрушению. Кроме того, проникающая во внутренние помещения подземной части сооружений вода снижает их эксплуатационные свойства, нарушает работу технологического оборудования, ухудшает микроклиматические условия

в помещении и пр. Устройство качественной и долговечной гидроизоляции, особенно подземных и заглубленных бетонных и железобетонных конструкций, является дорогостоящим и трудоемким процессом: стоимость работ, в среднем, составляет от 0,1 до 0,5 % общей сметной стоимости строительно-монтажных работ, на этот вид работ приходится до 3% от общего объема трудовых затрат при возведении сооружения [13]. При этом, как показывает практика [13], в 90 % случаев отказ подземных и заглубленных сооружений происходит именно по причине отказа гидроизоляции, причем на ранней стадии эксплуатации, что способствует ускоренному износу несущих конструкций. В большинстве случаев отказы в работе гидроизоляционных систем обусловлены ошибочным выбором конструктивных решений, неверным подбором изоляционных материалов, неудовлетворительным качеством выполнения работ и неправильной эксплуатацией. В то же время ремонт гидроизоляции является сложной, дорогостоящей, а часто и малоэффективной операцией. Поэтому для снижения риска проявления проблем важно выбрать правильные технические и технологические решения гидроизоляционных систем, рассчитанные на весь срок эксплуатации сооружения с учетом всех неблагоприятных воздействий, исключающие протечки воды и снижающие до приемлемого минимума дополнительные расходы, обусловленные необходимостью восстановления гидроизоляции.

ABSTRACT

A principal factor effecting the durability of underground and buried structures is impact of water penetrating the building constructions and capable of causing both the destruction of concrete and corrosion of reinforcement, worsening the construction static properties and being prone to force it collapse. Besides, water penetrating the internal premises of the underground part of the structures deteriorates their service properties, disturbs the operation of the processing equipment, worsens the microclimatic conditions of the premises, etc. High-quality and durable water proofing, particularly of underground and buried plain-and reinforced-concrete constructions, is expensive and labour intensive process: average cost of works is 0.1–0.5 % of the total estimate cost of the

construction and assembly works; this kind of works accounts for 3% of the total labour costs when erecting the structure [13]. As practice shows [13], in 90% of cases the failure of underground and buried structures takes place for the very reason of failure of waterproofing; moreover the failure occurs at the early stage of operation which contributes to the accelerated wear-out of the load-carrying constructions. In most cases, the failures in operation of the water-proof systems result from erroneous choice of construction solutions, incorrect selection of insulating materials, unsatisfactory quality of the works performance and improper operation. At the same time, the repair of the waterproofing is a difficult, expensive and often also ineffective operation. To reduce the risk of occurrence of problems, it is therefore important to choose the right engineering and technology solutions for waterproofing systems designed for the whole service life of the structure with due account for all the adverse effects, which would exclude water leakages and reduce to the acceptable minimum the additional expenditures conditioned by the need of restoration of the waterproofing.

Ключевые слова: гидроизоляция, бетонные и железобетонные конструкции, технология устройства гидроизоляции, гидроизоляционные системы, подготовка и ремонт поверхности конструкции, сухая гидроизоляционная смесь, битумная мастика, инъекционная гидроизоляция, силикагель.

Keywords: waterproofing, plain- and reinforced-concrete constructions, waterproofing technology, waterproofing systems, preparation and repair of the construction surface, dry waterproofing mix, bituminous joint filler, injection waterproofing, silica gel.

ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПОДЗЕМНЫХ И ЗАГЛУБЛЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Эффективная гидроизоляция должна обеспечивать:

- защиту подземных и заглубленных сооружений от проникновения воды и от их увлажнения грунтовыми и подземными водами;

- собственную устойчивость к статическим, динамическим и коррозионным нагрузкам и воздействиям различного происхождения;
- защиту коммуникаций зданий и сооружений, их инженерного оборудования, систем жизнеобеспечения и пр.;
- возможность эксплуатации подземных и заглубленных сооружений без ограничений и минимизацию затрат на их содержание.

Работы по устройству гидроизоляции выполняют как при строительстве новых сооружений, так и при ремонте уже построенных с использованием различных технических и технологических решений. При этом следует учитывать различные требования к гидроизоляции, расположенной на поверхности конструкции, подверженной гидравлическому воздействию («позитивное» или «положительное» воздействие воды), а также гидроизоляции, расположенной на поверхности конструкции, не подверженной гидравлическому воздействию («негативное» или «отрицательное» воздействие воды). Здесь в качестве гидравлического воздействия на строительную конструкцию рассматриваются все виды воздействий в соответствии с [6] и [11]. При этом гидроизоляционное покрытие, воспринимающее «позитивное» воздействие воды, работает «на прижим», а воспринимающее «негативное» воздействие воды – «на отрыв». В любом случае, для достижения максимального эффекта при устройстве гидроизоляции конструкций материалы следует использовать комплексно и учитывать множество факторов, которые влияют на конечный результат, в том числе:

- гидрогеологические условия территории строительства, химический состав подземных вод и климатические условия в процессе выполнения работ;
- объемно-планировочные и конструктивные решения зданий и сооружений, наличие деформационных швов;
- глубину заложения фундаментов и возможные деформации конструкций с учетом собственного веса и полезной нагрузки;
- планируемое использование внутренних помещений и требуемое значение относительной влажности в них;
- директивные сроки производства строительно-монтажных или ремонтных работ и пр.

Оценить и полностью предвидеть все возможные воздействия на гидроизоляционную систему очень сложно, а учесть все нюансы практически невозможно. Как показывает практика, эффективной следует считать многоуровневую гидроизоляционную систему, устроенную с использованием различных материалов, совмещенных в одном техническом решении и подобранных с учетом результатов исследования гидрогеологических условий территории строительства и условий функционирования конструкций (в случае нового строительства) или предварительного обследования существующих конструкций (в случае ремонта и восстановления гидроизоляции). Поэтому в качестве исходных данных для выбора и проектирования систем гидроизоляции зданий и сооружений следует рассматривать:

- геотехническую категорию сложности территории строительства (в том числе наличие слабых искусственных, биогенных, неравномерно сжимаемых грунтов и пр.);
- класс геотехнического риска условий строительства согласно [7];
- результаты изысканий в соответствии с [1]–[5], в том числе сбор, изучение, обобщение и анализ опубликованных и фондовых результатов изысканий прошлых лет (при необходимости), определение наличия и глубины залегания водоносных горизонтов в зоне производства работ, химический состав, а также направление и скорость движения подземных вод и пр.;
- данные, учитывающие и характеризующие назначение, конструктивные и технологические особенности здания (конструктивная схема заглубленной части здания и расположенных над ним сооружений и пр.), а также техническое состояние и эксплуатационная пригодность отдельных конструкций и всего здания в целом;
- расчетные значения действующих и ожидаемых после завершения строительства здания нагрузок и воздействий, а также способ их передачи на заглубленные части. Например, прямое воздействие грунтовых вод, сезонные и климатические колебания уровня грунтовых вод, наличие воды, обусловленной утечками из различного рода водонесущих коммуникаций и пр.;

- сведения о вибродинамических колебаниях здания, возникающих в процессе его возведения и эксплуатации, в результате природных и техногенных воздействий, а также воздействий городской инфраструктуры, сооружений подземного, надземного транспорта и пр.;
- сведения об условиях эксплуатации здания, последовательность возведения его частей, а также их взаимного влияния друг на друга;
- экологические требования и пр.

Современный рынок строительных материалов и технологий устройства гидроизоляции предлагает широкую гамму разнообразных технических и технологических решений, однако надежный гарантированный результат можно получить лишь при правильном подборе материалов, учете их совместимости и строгом соблюдении технологии производства работ.

Важным технологическим аспектом устройства качественной гидроизоляции является правильная подготовка поверхности изолируемой конструкции. При этом особое внимание следует обратить на обеспечение отсутствия цементной пленки на поверхности конструкции. При нанесении гидроизолирующего покрытия на бетон с цементной пленкой образуется трехслойная система: «бетон конструкции–цементная пленка–покрытие», при этом в швах системы достигается не более 50% от ожидаемого значения прочности, и отрыв покрытия при эксплуатации происходит именно по этой границе раздела. Для грамотной подготовки поверхности изолируемой строительной конструкции рекомендуется использовать следующие способы очистки:

- механический способ очистки (с использованием пескоструйных установок, шлифовальных машин, щеток с металлическим ворсом и пр.) применяют для обработки конструкций независимо от степени их разрушения, за исключением случаев, когда недопустима запыленность или загрязнение окружающей среды;
- гидравлический способ очистки (с использованием водоструйных и водопескоструйных установок с рабочим давлением от 18 до 120 МПа). Для удаления ослабленного бетона и продуктов коррозии рекомендуется использовать

водоструйную установку, развивающую давление от 60 МПа и более. Данный способ обработки не следует применять в случаях, когда на месте производства работ не допускается изменение влажности окружающей среды;

- термический способ очистки (с использованием пропановых или ацетиленово-кислородных горелок и пр.). Данный способ обработки применяют для очистки поверхности конструкции, имеющей повреждения незначительной глубины (от 3,0 до 5,0 мм). После термической очистки поверхность конструкции дополнительно обрабатывают механическим или гидравлическим способами;
- химический способ очистки (с использованием растворов соляной, фосфорной кислоты и пр.). Данный способ обработки применяют в случаях невозможности применения иных способов очистки, с учетом санитарно-гигиенических требований, а также в условиях стесненной площадки производства работ. Обязательным условием применения химического способа очистки является последующая обильная промывка поверхности обработанной конструкции водой.

Способ подготовки поверхности бетонной или железобетонной конструкции выбирают с учетом минимально допустимого значения прочности бетона конструкции (таблица 1).

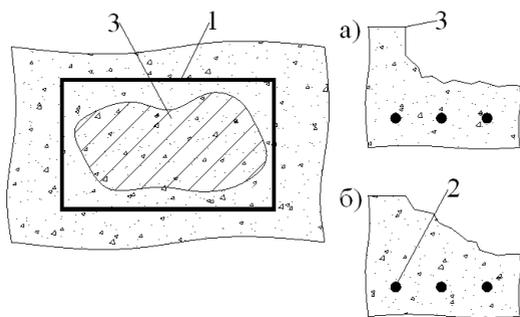
Таблица 1

Способ очистки поверхности конструкции	Минимально допустимое значение прочности бетона, МПа, не менее
Механический способ очистки с использованием щеток с металлическим ворсом	1,5
Механические способы очистки с использованием шлифовальных машин или вибрационных фрез	5,0
Гидравлический способ очистки с использованием водоструйных установок	0,3
Гидравлический способ очистки с использованием водопескоструйных установок	5,0

Следующий шаг в подготовке поверхности конструкции к устройству гидроизоляции – ремонт участков конструкции

с нарушенной структурой материала, который выполняется в следующей последовательности:

- намечают болгаркой на поверхности конструкции контур ремонтируемого участка, прорезая борозду глубиной от 10 до 20 мм (рисунок 1) в плоскости, перпендикулярной ремонтируемой поверхности, что позволит локализовать ремонтируемый участок и предотвратить дальнейшее разрушение поверхности конструкции;



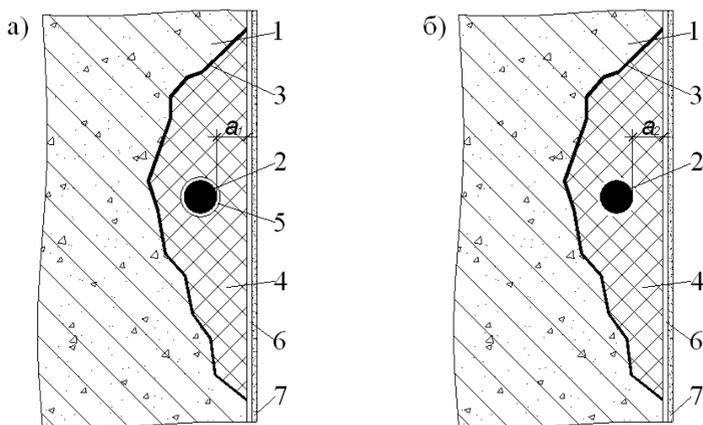
1 – контур ремонтируемого участка; 2 – арматура;
3 – разрушенный участок изолируемой строительной конструкции

Рисунок 1. Схема подготовки ремонтируемого участка изолируемой конструкции:
а – правильная подготовка ремонтируемого участка;
б – неправильная подготовка ремонтируемого участка

- удаляют перфоратором с поверхности конструкции материал с нарушенной структурой (непрочный, рыхлый или отслоившийся) с захватом полосы прочного материала, расположенного вне контура ремонтируемого участка, шириной около 5 мм;
- обеспыливают поверхность ремонтируемого участка и при необходимости насыщают водой и грунтуют гидроизолирующей грунтовкой Kiesol (например, при использовании полимерцементных ремонтных растворных смесей) или

- просушивают (например, при применении ремонтных растворов смесей на основе эпоксидных смол);
- укладывают ремонтный материал (например, ремонтные растворные смеси Betofix R4, Betofix R4 SR или Betofix R2, предприятие-изготовитель – компания Реммерс) на подготовленное основание и выдерживают его в течение времени, указанного в сопроводительной документации изготовителя.

На этом же этапе выполняют восстановление защитного слоя арматуры. При этом после удаления с поверхности конструкции материала с нарушенной структурой следует произвести очистку арматуры до степени Sa 2^{1/2} по [8]. Для восстановления защитного слоя арматуры рекомендуется использовать полимерцементные ремонтные растворные смеси (например, Betofix R4, Betofix R4 SR или Betofix R2) (рисунок 2).



a_1 – 10 мм и менее; a_2 – более 10 мм.

1 – изолируемая строительная конструкция; 2 – арматура; 3 и 4 – подготовительный и основной слои ремонтной растворной смеси соответственно (например, Betofix R4); 5 – слой растворной смеси, защищающий арматуру (например, Betofix R2); 6 и 7 – защитное покрытие, в том числе гидрофобизирующая грунтовка или акриловая краска

Рисунок 2. Схема ремонта сухих участков конструкций с разрушением защитного слоя арматуры с использованием материалов системы Реммерс: а – толщина защитного слоя арматуры 10 мм и менее; б – то же более 10 мм

Дефекты в бетонных и железобетонных конструкциях, имеющие значительную протяженность, разделяют с помощью отбойного молотка с образованием полости в форме «ласточкин хвост». Размер образовавшейся полости в ширину должен быть 25 мм и более, а в глубину – 50 мм и более. Трещины с шириной раскрытия более 0,4 мм, а также швы, стыки, сопряжения и примыкания штрабят по всей длине, а вводы инженерных коммуникаций штрабят по всему контуру (поперечный размер штрабы должен быть не менее 25x25 мм). При этом не рекомендуется выполнять штрабы в стыках и по трещинам в виде борозд с расширением наружу. Штрабы очищают от остатков бетона, обеспыливают и промывают, а также смачивают до полного влагонасыщения бетона (прекращения впитывания воды) или высушивают (при необходимости) после чего заделывают в соответствии с решениями, определенными в проекте.

В местах сопряжения конструкций устраивают выкружки (радиус закругления принимают в соответствии с указанным в проекте, как правило, в пределах от 5 до 15 см), например, с использованием растворной смеси Dichtspachtel (предприятие-изготовитель – компания Реммерс) или других материалов, обладающих аналогичными свойствами.

Ремонтные растворные смеси на поверхность конструкции наносят, как правило, тонким слоем, и отношение площади нанесенной растворной смеси к ее объему является достаточно значительной величиной. Подобное соотношение является причиной быстрого испарения воды, что в свою очередь приводит к развитию усадочных напряжений и образованию трещин. Интересным решением подобной проблемы, реализованным при разработке составов сухих растворных смесей Betofix R4 и Betofix R4 SR, является их дисперсное армирование синтетическими волокнами, что позволяет эффективно влиять на размеры усадочных деформаций.

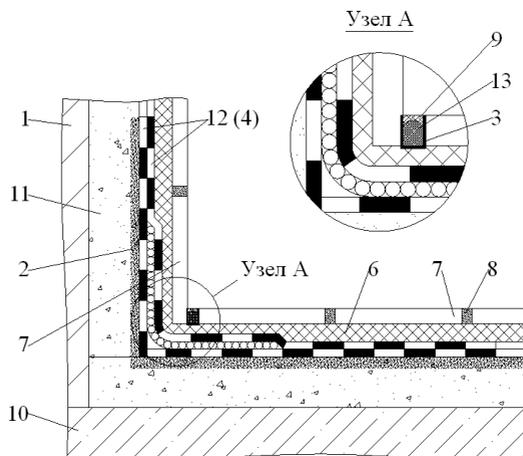
При проектировании гидроизоляции бетонных и железобетонных конструкций следует учитывать то, что в настоящее время

используют преимущественно не отдельные гидроизоляционные материалы, а их системы (программы), представляющие собой комплексное техническое решение, которое включает в себя набор определенных целевых материалов, обеспечивающих определенный функционал конкретного решения (например, сопряжение конструкций, гидроотсечки, солеподавление и пр.) (рисунок 3).

С другой стороны большинство современных предложений в области материалов, предназначенных для устройства гидроизоляции, относится к сухим строительным смесям преимущественно на минеральной основе – готовым порошкам, требующим затворения водой или водными полимерными дисперсиями. Подобные материалы обладают одним неоспоримым преимуществом: простотой нанесения на поверхность изолируемой конструкции механизированным способом или вручную. Для нанесения растворных смесей допускается использовать шнековый растворонасос с насадкой для распыления, штукатурную машину или кисти с ворсом из синтетического волокна. При этом способ устройства покрытия должен обеспечивать максимальную плотность раствора, оптимальное водосодержание, исключать расслоение растворной смеси и образования сквозной (направленной) пористости.

Сухие гидроизоляционные смеси, как правило, изготавливают из цемента, кварцевого песка и целевых модифицирующих добавок, определяющих область применения и функциональные особенности гидроизоляционного материала, например:

- устойчивость к воздействию грунтовых вод (гидравлическому напору, замачиванию, взвешивающему действию воды) (рисунок 4) и иных агрессивных сред в случае использования смесей в составе гидроизоляции конструкций канализационных или очистных сооружений и пр.;
- обеспечение заданной водонепроницаемости (в том числе при воздействии напорных подземных вод), износо- и морозостойкости, устойчивости к ультрафиолетовому излучению и пр.

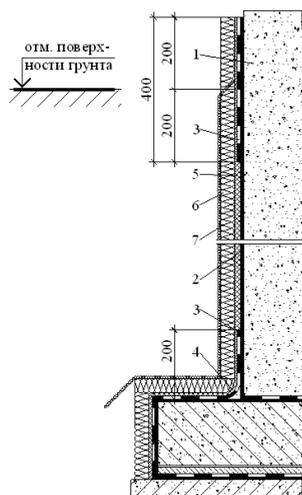


1 – стена; 2 – грунтовка водным раствором гидроизолирующей грунтовки Kiesel; 3 – двухкомпонентная грунтовка Unterwasserprimer; 4 – растворная смесь Elastoschlamm 2K (2–3 слоя); 5 – уплотняющая шовная лента Fugenband VF 120; 6 – облицовочный раствор Multikleber или облицовочный раствор Extraflex; 7 – керамическая плитка; 8 – композиция для заполнения швов Colorfuge EP; 9 – силиконовый герметик Multisil nuw; 10 – железобетонная плита фундамента; 11 – растворная смесь Betofix R4; 12 – растворная смесь Multibaudicht 2K; 13 – шнур из вспененного полиэтилена.

Рисунок 3. Схемы устройства гидроизоляции сопряжения стены и железобетонной плиты фундамента бассейна с использованием материалов системы Реммерс

В любом случае с учетом значительного многообразия причин, вызывающих образование протечек и намокание конструкций, не существует единых универсальных защитных методов и материалов. Таким образом, эффективен только комплексный подход, предполагающий подготовку грамотного технического и технологического решения гидроизоляции, подбор необходимого комплекта материалов, соответствующих условиям эксплуатации и результатам освидетельствования объекта, а также выполнением работ специалистами требуемой квалификации.

В качестве примера вышесказанного следует отметить то, что практический опыт устройства гидроизоляции подземных конструкций продемонстрировал значительные трудности в случае применения битума в чистом виде (без добавок). Здесь следует учитывать недостаточную адгезию, водо- и трещиностойкость битумного покрытия, а также возможность химического взаимодействия между битумным покрытием и конструкцией, что, в конечном итоге, может привести к разрушению поверхностного слоя бетона.



- 1 – фундамент;
- 2 – гидроизолирующая грунтовка Kiesol;
- 3 – растворная смесь Sulfatexschlamme;
- 4 – выкружка из растворной смеси Dichtspachtel (радиус закругления – 50 мм);
- 5 – мастика Profi Baudicht 1K;
- 6 – теплоизоляционный слой, выполненный из экструдированного пенополистирола;
- 7 – защитная мембрана

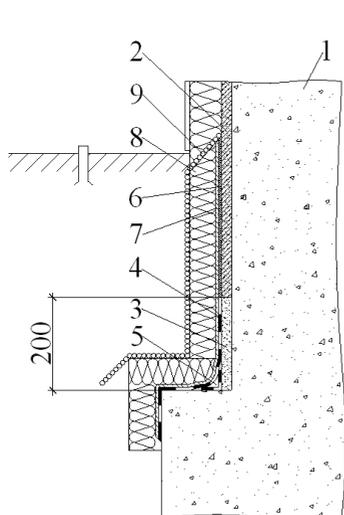
Рисунок 4. Схема устройства гидроизоляции конструкций фундаментов с использованием материалов системы Реммерс

Кроме того, битум в чистом виде может являться питательной средой для микроорганизмов, живущих в грунте, и их воздействие на гидроизоляцию в течение нескольких лет значительно снижает гидроизоляционные качества битума [12] и [14]. Проблему низкой долговечности и трещиностойкости удалось решить за счет устройства гидроизоляционного покрытия с использованием мастик на основе битума, модифицированного специальными добавками и компонентами. Допускается использовать в составе

покрытия на основе мастик из битума армирующий слой, выполненный из стекловолоконной сетки.

В общем случае ремонт и восстановление гидроизоляционных покрытий на основе битума (рисунок 5) с использованием битумных мастик осуществляют в следующей последовательности:

- удаляют с поверхности конструкции старое покрытие с непрочной (нарушенной или отслоившийся) структурой материала и материал конструкции с нарушенной структурой;



- 1 – изолируемая строительная конструкция;
- 2 – существующее внешнее гидроизолирующее покрытие на основе битума;
- 3 – защитно-отделочная строительная штукатурка;
- 4 – растворная смесь по грунтовочному слою;
- 5 – выкружка (радиус закругления – 50 мм);
- 6 и 7 – мастика и посыпка песком;
- 8 – теплоизоляционный слой, выполненный из экструдированного пенополистирола;
- 9 – защитная мембрана

Рисунок 5. Схема восстановления водонепроницаемости существующего внешнего гидроизолирующего покрытия на основе битума без удаления покрытия

- выравнивают поверхность изолируемой конструкции (например, с использованием защитно-отделочной строительной штукатурки Grundputz (предприятие-изготовитель – компания Реммерс)), после чего на поверхность изолируемой конструкции наносят мастику Паск ST и посыпают кварцевым песком;
- на поверхность изолируемой конструкции механизированным методом (безвоздушное распыление) или вручную наносят битумную мастику.

Еще одной особенностью современного рынка гидроизоляционных материалов является его ориентация на экологические многофункциональные материалы. Например, основой большинства гидроизоляционных систем Реммерс является гидроизолирующая грунтовка Kiesol, которая представляет собой не окрашивающую и не содержащую растворителей однокомпонентную гидрофобизирующую жидкость в виде водной дисперсии на основе кремнийорганических соединений, которую используют для устройства:

- грунтовочного слоя, повышающего адгезию, в составе систем гидроизоляции, выполненных из материалов Реммерс и имеющих сцепление с основанием;
- гидрофобизирующей пропитки внутренней и наружной поверхности конструкций;
- антикоррозийной защиты конструкций от воздействия агрессивных факторов внешней среды.

Применение гидроизолирующей грунтовки Kiesol способствует:

- увеличению водонепроницаемости материала изолируемой строительной конструкции на две ступени при сохранении его паропроницаемости;
- повышению стойкости бетона к воздействию агрессивных сред (разбавленных минеральных кислот и щелочей, органических кислот, сточных и грунтовых вод, карбонатов и хлоридов и пр.), а также увеличению его морозостойкости, прочности и сульфатостойкости;
- повышению стойкости гидроизоляционных покрытий к воздействию химических веществ (в том числе агрессивных сточных вод и пр.);
- предотвращению капиллярного подсоса и ускорению процесса гидратации цемента.

Об экологичности гидроизолирующей грунтовки Kiesol свидетельствует тот факт, что ее допускается использовать при строительстве и ремонте резервуаров, предназначенных для хранения питьевой воды.

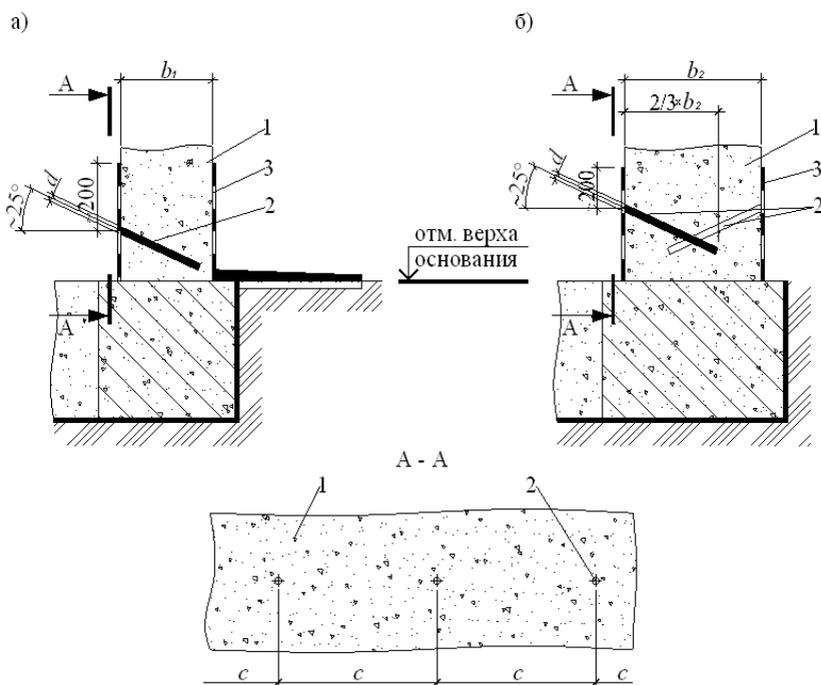
Интересной особенностью гидроизолирующей грунтовки Kiesol является то, что ее допускается использовать для устройства инъекционной гидроизоляции и горизонтальных противофильтрационных завес конструкций, то есть грунтовку можно

рассматривать как одну из разновидностей гидроизолирующих материалов проникающего действия.

Инъекционную гидроизоляцию и горизонтальные противофильтрационные завесы с использованием гидроизолирующей грунтовки Kiesol выполняют в следующей последовательности:

- подготавливают поверхность изолируемой конструкций на высоту не менее 800 мм над уровнем намокания конструкции, установленным в результате ее обследования;
- заделывают течи, швы и трещины в конструкциях, а также стыки и сопряжения;
- высверливают в изолируемой конструкции отверстия (рисунок 6);
- инъецируют гидроизолирующую грунтовку Kiesol в соответствии с решениями, определенными в проекте. Рекомендуются способы инъецирования:
 - безнапорный способ инъецирования с использованием специальных картриджей. Данный способ рекомендуется применять для устройства инъекционной гидроизоляции конструкций толщиной менее 240 мм;
 - инъецирование под давлением (от 0,4 до 0,8 МПа) с использованием специального оборудования (инъектор, ручные насосы или пневматические нагнетатели, работающие от компрессора и пр.). Данный способ рекомендуется применять для устройства инъекционной гидроизоляции конструкций толщиной 240 мм и более.

Изменение физико-механических свойств изолируемых строительных конструкций (упрочнение, увеличение водонепроницаемости материала изолируемой строительной конструкции и др.) при использовании гидроизолирующей грунтовки Kiesol происходит за счет продолжающегося во времени и происходящего в объеме изолируемой конструкции процесса силикатизации. В результате этого достигается целенаправленное, необратимое и долговечное улучшение физико-механических свойств материала изолируемой конструкции за счет отверждения неорганических полимеров, содержащихся в гидроизолирующей грунтовке Kiesol, и образования высокопористого вещества (силикагеля) в капиллярно-пористой системе и микротрещинах изолируемой конструкции.



b_1 – не более 600 мм; b_2 – 600 мм и более; c – от 100 до 125 мм;
 d – от 10 до 30 мм.

1 – изолируемая строительная конструкция;

2 – отверстия для инъекции гидроизолирующей грунтовки Kiesol;

3 – дополнительное гидроизолирующее покрытие конструкции.

Рисунок 6. Схема устройства горизонтальной противофильтрационной завесы и инъекционной гидроизоляции с использованием материалов системы Реммерс:

а – в стене толщиной до 600 мм;

б – в стене толщиной 600 мм и более

Механизм реализации технологии устройства инъекционной гидроизоляции или горизонтальной противофильтрационной завесы представляет особый интерес. Ведь при кажущейся простоте данная технология имеет определенные особенности, обусловленные достаточно сложными физико-химическими механизмами

работы подобных материалов. Водопроницаемость бетонных и железобетонных конструкций в значительной степени обусловлена наличием в изолируемом материале сети пор и капилляров, образовавшихся, например, в результате вовлечения в бетон заполнителем пузырьков воздуха, испарения избыточной влаги и пр. Поэтому для того, чтобы снизить водопроницаемость бетона и, фактически, сформировать гидроизолирующие свойства конструкции, образовавшиеся поры и капилляры необходимо заполнить материалом, совместимым с физико-химической точки зрения с бетоном и растворами. При этом следует учитывать, что гидроизолирующие свойства конструкции, в случае использования гидроизолирующей грунтовки Kiesel, формируются в результате последовательных реакций, продолжающихся во времени и присутствии влаги и воздуха, происходящих внутри структуры обрабатываемого бетона (порах и капиллярах) между его составляющими и компонентами, содержащимися в гидроизолирующем материале. В результате подобных реакций образуются малорастворимые соединения, вытесняющие воду и перекрывающие поры и капилляры. Проникновение химически активной части гидроизолирующего материала вовнутрь конструкции обусловлено действием капиллярного подсоса и осмотической диффузии [9]. И для создания инъекционной гидроизоляции или горизонтальной противофильтрационной завесы необходимо выполнение следующих основных условий:

- наличие в объеме изолируемой конструкции фактора разности концентраций растворенного вещества и растворителя (воды);
- наличие или возникновение в объеме изолируемой конструкции полупроницаемых мембран.

В результате нагнетания гидроизолирующей грунтовки Kiesel вовнутрь изолируемой конструкции реализуется одно из вышеприведенных условий: в объеме конструкции искусственно создается разность концентраций растворенного химически активного вещества. Следующее условие – наличие полупроницаемой мембраны, в качестве которой следует рассматривать бетон изолируемой конструкции, который представляет собой капиллярно-пористый каркас, способный пропускать молекулы разных размеров,

в результате чего происходит разделение исходного раствора на отдельные растворы с разными концентрациями активной химической части согласно молекулярно-ситовому эффекту и глубокое проникание раствора в структуру изолируемой конструкции. При этом значение концентрации растворенного химически активного вещества на входе в капилляр является максимальным, а в конце капилляра – стремится к нулю. С течением времени в результате процессов глубокого проникновения наблюдается процесс выравнивания значений концентраций на входе в капилляр и выходе из него, и устанавливается равновесие системы.

С учетом вышесказанного, становится очевидным то, что возможность реализации технологии устройства инъекционной гидроизоляции или горизонтальной противофильтрационной завесы определяется открытостью капиллярно-пористой структуры материала изолируемой конструкции, способствующей проникновению химически активной части материала на максимальное расстояние вглубь. Кроме того необходимо обеспечить надлежащий уход за обработанной конструкцией: например, снижение уровня влажности изолируемой конструкции будет способствовать приостановлению процесса образования силикагеля, заполняющего капилляры и поры. С другой стороны, переувлажнение конструкции выше необходимого уровня будет содействовать внутренней миграции воды и размыванию химически активной части гидроизолирующей грунтовки Kiesol и снижению ее эффективности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования позволили разработать эффективные и экономически целесообразные технические и технологические решения устройства гидроизоляции бетонных и железобетонных заглубленных конструкций зданий и сооружений [10]. Предложенный комплекс мероприятий обеспечивает необходимую стойкость конструкций и сохранение их расчетных параметров (прочность, водонепроницаемость и пр.) в течение всего срока службы сооружения. Подобные свойства конструкции обеспечиваются за счет использования не

отдельных видов гидроизоляционных материалов, а различных систем, включающих комплекс материалов и технологических решений, взаимодополняющих друг друга, создающих вместе эффективную систему гидроизоляции. При этом было учтено то, что в настоящее время для рынка гидроизоляции характерна приоритетная ориентация на использование экологических водоразбавляемых материалов на минеральной основе, обладающих одинаковыми с бетоном физическими свойствами и высокой адгезией при различном состоянии поверхности изолируемой конструкции.

Установлены основные технические и технологические предпосылки и направления разработки и создания качественной гидроизоляции подземных и заглубленных сооружений, в том числе:

- поверхность изолируемой конструкции должна быть подготовлена (быть прочной, бездефектной, ровной и пр.). При этом все необходимые по проекту конструктивные детали и элементы должны быть смонтированы до производства работ по устройству гидроизоляционного покрытия и (или) гидроизоляции. Деформационные швы конструкции должны быть выполнены с использованием деталей и элементов, исключающих нарушение целостности гидроизоляции. В случае осуществления ремонтных работ необходимо предусмотреть проведение ряда вспомогательных операций, например, устранение активных протечек, герметизация швов и пр.;
- строгое соблюдение проектных технических решений и технологической последовательности выполнения работ при устройстве гидроизоляционного покрытия и (или) гидроизоляции. При этом любые изменения технических, конструктивных и технологических решений должны быть согласованы с проектной организацией и производителем работ по устройству гидроизоляции и утверждены в установленном порядке;
- гидроизоляционное покрытие и (или) гидроизоляция должны обеспечивать защиту всей конструкции без исключений. При этом работы по устройству гидроизоляции должен выполнять один производитель работ;

- работы по устройству гидроизоляции рекомендуется максимально механизировать, но при этом следует учитывать возможное снижение адгезии каждого последующего слоя к предыдущему (в составе многослойного гидроизоляционного покрытия), в ряде случаев снижение может достигать 20 %;
- после завершения работ по устройству гидроизоляционного покрытия и (или) гидроизоляции следует обеспечить надлежащий уход за обработанной конструкцией. Не допускается производство любых строительно-монтажных работ и перемещение строительных материалов по поверхности готового гидроизоляционного покрытия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Высотные здания. Строительные нормы проектирования: ТКП 45–3.02–108–2008.– Введ. 12.06.08.– Минск: Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2008.– 89 с.
2. Геодезические работы в строительстве. Правила проведения: ТКП 45–1.03–26–2006.– Введ. 01.07.06.– Минск: Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2006.– 66 с.
3. Грунты. Классификация: СТБ 943–2007.– Введ. 01.01.08.– Минск: Госстандарт Республики Беларусь, 2007.– 24 с.
4. Инженерно-геоэкологические изыскания для строительства. Правила проведения: ТКП 45–1.02–253–2011.– Введ. 05.01.12.– Минск: Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2012.– 45 с.
5. Инженерные изыскания для строительства: СНБ 1.02.01–96.– Введ. 17.01.96.– Минск: Минстройархитектуры Республики Беларусь, 1996.– 110 с.
6. Основания и фундаменты зданий и сооружений. Защита подземных сооружений от воздействия грунтовых вод. Правила проектирования и устройства: ТКП 45–5.01–255–2012.– Введ. 01.07.12.– Минск: Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2012.– 35 с.
7. Основания и фундаменты зданий и сооружений. Основные положения. Строительные нормы проектирования: ТКП

- 45–5.01–254–2011.–Введ. 01.07.12.–Минск: Минстрой-архитектуры Республики Беларусь, 2012.– 107 с.
8. Подготовка стальных поверхностей под окраску и другие виды покрытий. Визуальная оценка чистоты поверхности. Часть 1. Степени коррозии и степени подготовки непокрытой стальной поверхности и стальной поверхности после полного удаления прежних покрытий: СТБ ISO 8501–1–2013 – Введ. 01.07.14.–Минск: Госстандарт Республики Беларусь, 2014.– 24 с.
 9. Пономаренко, М. С. Механизм действия гидроизоляционных материалов проникающего действия / М. С. Пономаренко // Экспозиция.– 2009.– № 2.– С. 40–41.
 10. Рекомендации по технологии устройства гидроизоляции строительных конструкций с использованием материалов Реммерс: Р 5.03.155–2016.–Введ. 23.02.16.–Минск: ИТУП «Реммерс Бел», 2016.– 84 с.
 11. Строительство. Основания и фундаменты. Термины и определения: СТБ 1648–2006.–Введ. 01.01.07.–Минск: Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2006.– 50 с.
 12. Тонкий панцирь гидрозащиты // Промышленно-строительное обозрение.– 2008.– № 7.– С. 62–64.
 13. Фадеев, А. Б. Гидроизоляция подземных частей зданий и сооружений / А. Б. Фадеев.–СПб.: СПб. гос. архит.–строит. ун-т., 2007.– 53 с.
 14. Шульженко, Ю. П. Надежная и долговечная гидроизоляция НПО «Гидрол-Фуфинг» / Ю. П. Шульженко // Жилищное строительство.– 2009.– № 2.– С. 16–18.

REFERENCES

1. *Vysotnye zdaniya. Stroitelnye normy proektirovaniya*: ТКР 45–3.02–108–2008 [High-rise building. Building Codes of Designing]. Minsk, 2008. 89 p. (rus)
2. *Geodezicheskie raboty v stroitelstve. Pravila provedeniya*: ТКР 45–1.03–26–2006 [Survey operations in construction. Performance rules]. Minsk, 2006. 66 p. (rus)

3. *Grunty. Klassifikatsiya*: STB943–2007 [Soils. Classification]. Minsk, 2007. 24 p. (rus)
4. *Inzhenerno-geoecologicheskie izyskaniya dlya stroitelstva. Pravila provedeniya*: TKP 45–1.02–253–2011 [Engineering and geoecological surveying for construction. Performance rules]. Minsk, 2012. 45 p. (rus)
5. *Inzhenernye izyskaniya dlya stroitelstva*: SNB1.02.01–96 [Engineering surveying for construction]. Minsk, 1996. 110 p. (rus)
6. *Osnovaniya I fundamenty zdaniy i sooruzeniy. Zashchita podzemnykh sooruzeniy ot vozdeystviya gruntovykh vod. Pravila proektirovaniya i ustroystva*: TKP 45–5.01–255–2012 [Bases and foundations of buildings and structures. Protection of underground structures against the groundwater impact. Design and arrangement rules]. Minsk, 2012. 35 p. (rus)
7. *Osnovaniya I fundamenty zdaniy i sooruzeniy. Osnovnye polozheniya. Stroitelnye normy proektirovaniya*: TKP 45–5.01–254–2011 [Bases and foundations of buildings and structures. Main principles. Building Codes of Designing]. Minsk, 2012. 107 p. (rus)
8. *Podgotovka stalnykh poverkhnostey pod okrasku I drugie vidy pokrytiy. Vizualnaya otsenka chistoty poverkhnosti. Chast 1. Stepeni korrozii i stepeni podgotovki nepokrytoy stalnoy poverkhnosti i stalnoy poverkhnosti posle polnogo udaleniya prezhnikh pokrytiy*: STB ISO 8501–1–2013 [Preparation of steel surfaces for painting and other kinds of coatings. Visual assessment of the surface cleanness. Part 1. Degree of corrosion and preparation of exposed steel surface and steel surface after complete removal of former coatings]. Minsk, 2014. 24 p. (rus)
9. Ponomarenko M. C. *Expozitsiya*. 2009. No. 2. pp. 40–41. (rus)
10. *Recomendatsii po tekhnologii ustroystva gidroizolyatsii stroitelnykh konstruksiy s ispolzovaniem materialov Remmers: R5.03.155–2016*. [Recommendations for the technology of providing the waterproofing of building constructions using the materials manufactured by Remmers]. Minsk, 2016. 84 p. (rus)

11. *Stroitel'stvo. Osnovaniya i fundamenti. Terminy i opredeleniya: STB1648–2006* [Construction activities. Bases and foundations. Terms and definitions]. Minsk, 2006. 50 p. (rus)
12. *Promyshlennno-stroitel'snoe obozrenie*. 2008. No. 7. pp. 62–64. (rus)
13. Fadeev A. B. *Gidroizolyatsiya podzemnykh chastey zdaniy i sooruzheniy* [Waterproofing of underground parts of buildings and structures]. St. Petersburg, 2007. 53 p. (rus)
14. Shulzhenko U. P. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo*. 2009. No. 2. pp. 16–18. (rus)

Статья поступила в редколлегию 21.11.2016.