

Часть 1 - Общие положения

Одним из основных факторов, влияющими на долговечность подземных и заглубленных частей зданий и сооружений, является воздействия воды.

Вода, проникающая внутрь строительных конструкций, вызывает коррозию арматуры и разрушение бетона, что ухудшает статические свойства конструкции и, в конечном итоге, приводит к ее разрушению. Проникающая во внутренние помещения подземной части сооружения, вода снижает их эксплуатационные свойства, нарушает работу технологического оборудования, ухудшает микроклиматические условия в помещении и т.п.

По данным различных исследований, до 90 % подземных и заглубленных сооружений имеют отказ именно по гидроизоляции, которые происходят на ранней стадии эксплуатации и способствуют ускоренному износу несущих конструкций. Большинство «сбоев» в работе гидроизоляционных систем (см. рисунки 1 и 2) связаны с выбором ошибочных конструктивных решений, неверным подбором изоляционных материалов, неудовлетворительным качеством выполнения работ и эксплуатации. Для снижения риска проявления этих проблем важно выбирать правильные технические решения гидроизоляционных систем, которые позволили бы исключить протечки воды и, как следствие, существенно уменьшить дополнительные расходы на восстановление гидроизоляции.



Рис. 1



Рис. 2

Необходимо учитывать, что гидроизоляция сооружения – это система, которая обеспечивает защиту конструкции от воды и влаги. Водонепроницаемый бетон, гидроизоляционные мембраны, защита гидроизоляционных мембран, дренажные системы, теплоизоляция – все эти материалы и технологии, принципы их работы и способы укладки будут рассмотрены в данном Руководстве.

Гидроизоляционная система должна обеспечивать:

- Эффективную защиту подземных сооружений от проникновения воды;
- Эффективную защиту подземных конструкций от увлажнения подземными водами;
- Устойчивость к статическим, динамическим и коррозионным нагрузкам от воздействия на нее подземных и поверхностных вод;
- Защиту коммуникаций, инженерного оборудования и систем жизнеобеспечения;
- Возможность эксплуатации подземных сооружений без ограничений и минимизацию затрат на их содержание.

Работы по гидроизоляции могут выполняться как при строительстве новых сооружений, так и при ремонте уже построенных. При этом следует учитывать, что подход к устройству внешней и внутренней гидроизоляции должен быть разным. В любом случае, необходимо учитывать множество факторов, которые влияют на конечный результат:

- Гидрогеологические условия площадки строительства;
- Химический состав подземных вод;
- Конструктивное решение сооружения, наличие деформационных швов;
- Возможные оседания и деформации конструкций под собственным весом и полезной нагрузкой, их значение;
- Глубину заложения фундамента;
- Климатические условия проведения работ;
- Планируемое использование внутренних помещений и величину относительной влажности в них;

- Ситуацию на строительной площадке и сроки исполнения монтажных или ремонтных работ;
- Мероприятия по охране окружающей среды.

Оценить и предусмотреть все возможные действующие факторы на гидроизоляционную систему очень сложно, учесть все нюансы практически невозможно. Поэтому, как показывает практика, эффективным является создание двух- трехуровневой гидроизоляционной системы.

1.1. Гидрогеология

Вода может проникать в сооружение вследствие множества различных причин, например:

- Нарушение целостности гидроизоляционной системы;
- Сезонных и климатических колебаний уровня подземных вод (осадки, паводки);
- Давления подземных вод на внешние стены фундамента, подземного сооружения;
- Наличия в грунте капиллярной влаги;
- Дождевой воды, стекающей по фасаду здания и проникающей под действием ветра внутрь фасада, и по капиллярам или трещинам на внутреннюю поверхность стен фундамента;
- Конденсации водяного пара на холодных стенах при недостаточной теплоизоляции или вентиляции помещений;
- Случайных и аварийных протечек воды из систем водоснабжения, отопления и т.п. (т.н. водонесущих коммуникаций).

Параметры гидрогеологического воздействия на конструкцию (см. рисунок 3) зависят от множества факторов: рельефа местности, от типа грунтов, их физико-механических, фильтрационных характеристик и химической активности, уровней водоносных горизонтов и их характера, направления движения подземных вод, наличия в непосредственной близости от подземного сооружения водотоков, водоемов, химической активности подземных и поверхностных вод, планировки участка застройки, наличия твердых покрытий и системы поверхностного водоотведения и т.п. Воздействие воды на сооружение можно разделить на временные (атмосферные осадки, техногенные протечки и т.д.) и постоянные (наличие в окружающих конструкцию грунтах гравитационных и капиллярных подземных вод).

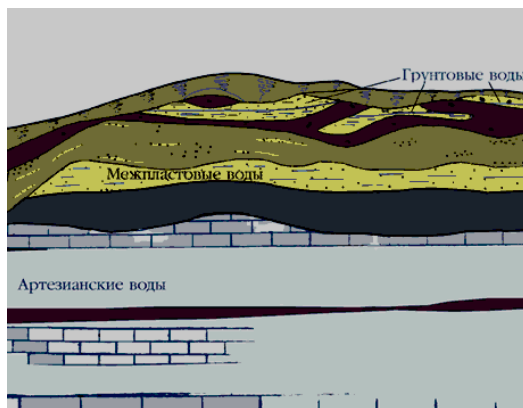


Рис. 3

Постоянное воздействие подземных вод на конструкцию обуславливается наличием существующего уровня (уровней) подземных вод, который может меняться в зависимости от сезонности, рельефа местности, наличия различных типов грунтов в геологическом разрезе, положения водоупорного слоя или водоупорных слоев и т.д. Наличие подземных вод, водоносные горизонты, их тип (напорные или безнапорные), пьезометрические уровни водоносных горизонтов определяются во время проведения инженерно-геологических изысканий на площадке строительства.

Капиллярная вода - это вода, которая удерживается в грунте адгезионными или капиллярными силами и постоянно присутствует независимо от наличия или отсутствия горизонта подземных вод или осадков. Капиллярная вода не оказывает на конструкцию серьезного гидростатического давления, за исключением тех случаев, когда конструктивное решение не обеспечивает беспрепятственный отвод воды без образования застойных зон. При этом стоит учитывать, что в зависимости от вида грунта капиллярная вода может подниматься на различную высоту: в среднезернистых песках до $0,15 \div 0,35$ м, в мелкозернистых и пылеватых до $0,35 \div 1,0$ м, в супесях она возрастает до $1,0 \div 1,5$ м, – до 2,0 м; в суглинках до $3,0 \div 4,0$ м, а в глинах до 8,0 м (по некоторым данным до 12,0 м), илы – до 25,0 м.

Гравитационная или свободная вода – вода в порах грунта, которая даже при неполном их заполнении начинает перемещаться под влиянием силы тяжести. Когда говорят о подземных водах, то и имеют в виду именно гравитационные воды.

Пьезометрическая поверхность подземных вод - воображаемая поверхность, соединяющая пьезометрические уровни одного водоносного горизонта.

При подборе системы гидроизоляции следует учитывать, что первостепенное значение в разрушении строительных конструкций и нормальной эксплуатации подземных и заглубленных сооружений в условиях интенсивной застройки имеет воздействие воды, насыщенной

агрессивными веществами, такими как хлориды, сульфаты, присутствие радона в почве, воздействие отрицательных температур (циклы замораживания-оттаивания). Нормальное функционирование конструкций невозможно, если не приняты надлежащие меры по их защите от подземных вод.

Различные виды воды (пар, вода, лед, снег) дополнительно подразделяются по виду влияния на конструкцию и должны быть также учтены при создании системы гидроизоляции.

1.2. Положительное и отрицательное давление воды

Вода и водяные пары могут оказывать на сооружение и гидроизоляционную мембрану положительное или отрицательное давление (см. рисунок 4).

Положительное давление – это давление воды/пара, которое обеспечивает прижатие гидроизоляционной мембраны к конструкции.

Отрицательное давление – это давление воды/пара, которое оказывает отрывающее действие на гидроизоляционную мембрану. При этом необходимо учитывать адгезионную прочность мембраны.

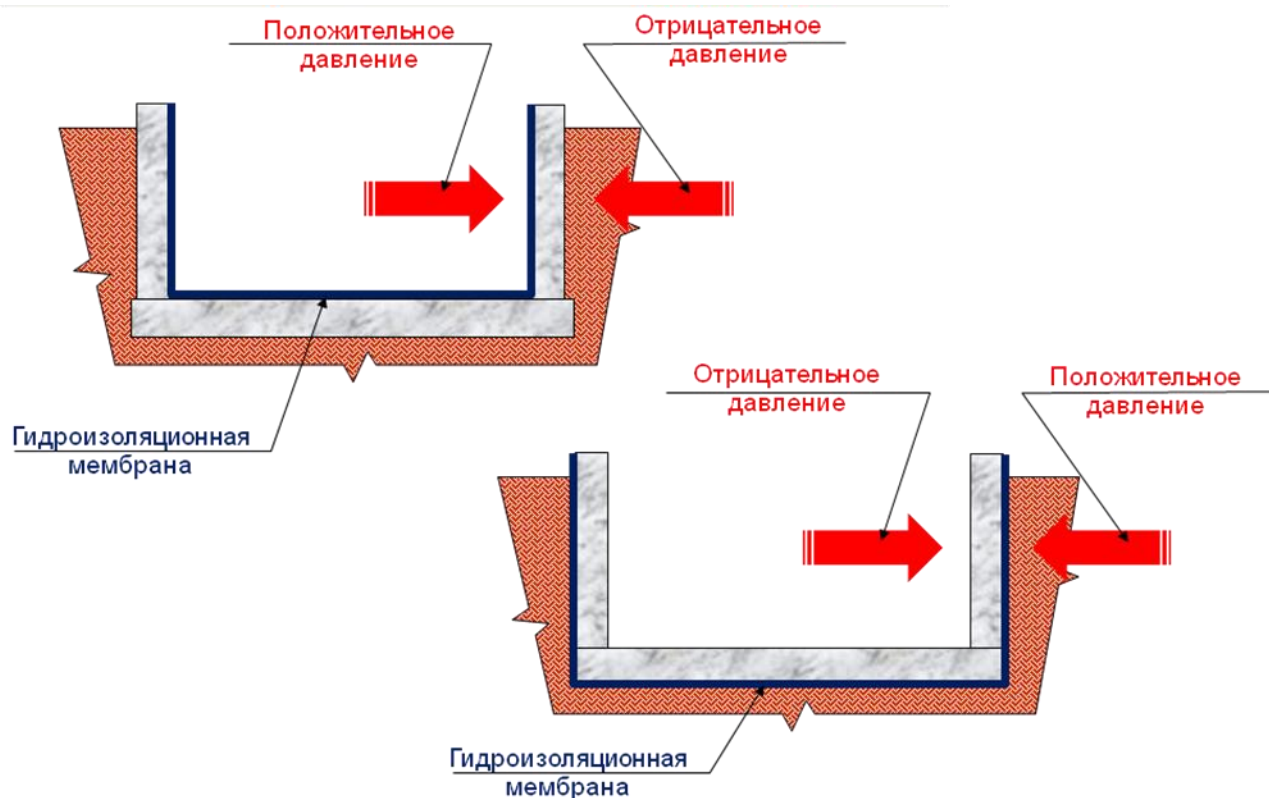


Рис. 4

Если конструкция испытывает одновременно и положительное и отрицательное давление воды/пара, то рекомендуется гидроизоляционную мембрану располагать с той стороны конструкции, где давление воды/пара больше. При этом гидроизоляционная мембрана должна прижиматься прижимной стенкой или помещена внутрь конструкции.

Достоинства и недостатки устройства гидроизоляционных мембран при положительном и отрицательном давлении воды на сооружение приведены в таблице 1.

Таблица 1

| | Достоинства | Недостатки |
|------------------------------------|--|---|
| Положительное давление воды | <p>Конструкция защищена от коррозионного разрушения</p> <p>Конструкция защищена от циклов замораживания/оттаивания</p> <p>Внутренняя гидроизоляционная система ремонтпригодна</p> | <p>Внешняя гидроизоляционная система, скрытая конструкциями неремонтопригодна</p> <p>Необходимость в водопонижении при устройстве внешней гидроизоляционной системы</p> |
| Отрицательное давление воды | <p>Внутренняя гидроизоляционная система ремонтпригодна</p> <p>Внешняя гидроизоляционная система, скрытая конструкциями неремонтопригодна</p> <p>Нет необходимости в водопонижении при устройстве внешней гидроизоляционной системы</p> | <p>Конструкция подвержена коррозионному разрушению</p> <p>Конструкция не защищена от циклов замораживания/оттаивания</p> <p>Требуется устройство прижимной стенки</p> |

1.3. Особенности конструкционных материалов

Бетон

На данный момент бетон является самым распространенным строительным материалом. Большинство сооружений, предполагающих контакт с водой, выполнены именно из него. Одной из важных характеристик бетона является водонепроницаемость (способность материала не пропускать воду до достижения односторонним гидростатическим давлением определенной величины). Существует несколько факторов, снижающих водонепроницаемость конструкций из бетона, но основными можно считать следующие:

- Не правильный выбор марки бетона, подбора его состава;
- Недостаточная плотность бетона при его укладке;
- Наличие швов (деформационных и технологических) в конструкции.



Рис. 5

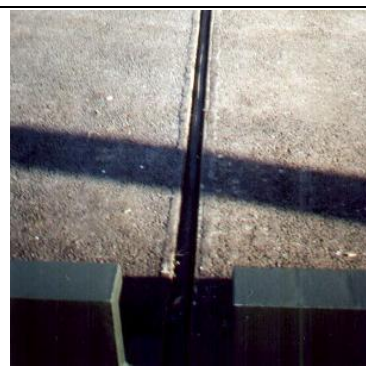


Рис. 6

Недостаточная плотность бетона (см. рисунок 5) обуславливается (в основном) пористостью. Причины возникновения могут быть разные – некачественный заполнитель, наличие излишней воды затворения, участки непровибрированного бетона, усадочные трещины в бетоне и т.д. Хотя для большинства сооружений из монолитного железобетона достаточно, чтобы его марка по водонепроницаемости была не ниже W6 (60 метров водяного столба). Однако, наличие швов и сопряжений (например, пол–стена) позволит воде беспрепятственно проникать в сооружение.

Швы в конструкции (см. рисунок 6) подразделяются на технологические (или рабочие) и деформационные. Технологические связаны с особенностями выполнения работ (большие объемы бетонных работ, сложность доставки бетонной смеси, этапность работ и т.д.), т.е. шов в месте контакта бетона разного возраста, обусловленный технологией производства бетонных работ. Деформационные связаны с необходимостью компенсировать различного вида деформации конструкции (температурный, осадочный, антисейсмический и другие швы, а также их сочетания). Сюда же можно отнести и узлы сопряжения различных материалов, например трубные проходки в бетоне ограждающих конструкций.

Камень и кирпич

В настоящее время практически не применяются для сооружений, предполагающих контакт с водой. Такие конструкционные материалы можно наблюдать в старых исторических зданиях. Особенностью данных материалов является способность впитывать (абсорбировать) в себя большое количество воды, поднимая ее в теле конструкции на довольно большую высоту. Не стоит забывать о низкой плотности материалов (кирпича и бута) и кладочного раствора, что позволяет воде практически беспрепятственно проникать внутрь сооружений.

1.4. Краткий обзор гидроизоляционных материалов

В настоящее время в строительстве применяется большое количество гидроизоляционных и сервисных материалов. Их можно разделить на материалы для создания гидроизоляционной мембраны; материалы для гидроизоляции локальных участков (швов, трещин и т.д.); материалы для повышения водонепроницаемости бетона; дренажные и инъекционные системы.

Материалы для создания гидроизоляционной мембраны:

- Литая гидроизоляция из горячих асфальтовых мастик и растворов. Достоинства – надежность, простота в применении на горизонтальных плоскостях, бесшовное покрытие, устойчивы к динамике сооружения. Недостаток – сложность и дороговизна устройства на вертикальных поверхностях (где практически не применяется), требует дополнительной механической защиты.
- Жесткая обмазочная и штукатурная гидроизоляция на полимерной или цементной основе. Достоинства – простота в применении, бесшовное покрытие (либо небольшое количество швов, которые перекрываются последующими слоями), не требует дополнительной защиты. Недостаток – не устойчивы к динамике сооружения.
- Гибкая обмазочная гидроизоляция на полимерной, битумной или цементной основе. Достоинства – простота в применении, бесшовное покрытие, устойчивы к динамике сооружения. Недостаток – требуется дополнительная защита от механических повреждений при дальнейшем производстве работ, сложный контроль толщины покрытия.
- Металлическая гидроизоляция (кессоны). Достоинства – не требует дополнительной защиты от механических повреждений. Недостатки – дороговизна, сложность монтажа и проверки сварных швов на герметичность, необходима хорошая коррозионная защита.
- Оклеенная рулонная гидроизоляция. Достоинства – просты в применении, устойчивы к динамике сооружения, хорошая химическая стойкость. Недостаток – большое количество швов, сложность при монтаже на вертикальных поверхностях.
- Рулонные ПВХ мембраны. Достоинства – устойчивы к динамике сооружения, высокая скорость монтажа, хорошая химическая стойкость. Недостатки - сложность при монтаже на вертикальных поверхностях, требуется высокая квалификация рабочих.
- Рулонные материалы на основе бентонитовых глин (бентонитовые маты). Достоинства – способность к самозалечиванию трещин, случайных повреждений, простота в креплении и монтаже. Недостатки – размываются потоками воды, поэтому требуют механической защиты, не стойки к хлоридам и сульфатам, в обязательном порядке требуют устройства прижимных стенок и стяжек.

Основные свойства материалов для создания гидроизоляционной мембраны и технологичность их применения приведены в таблице 2.

Таблица 2

| Свойства материалов | Материалы | | | | | | |
|---|--|----------------------------------|---------------------------------|-----------------------|----------------------------------|--------------|-------------------|
| | Литая асфальтовая гидроизоляция (на горизонтальных поверхностях) | Жесткая обмазочная гидроизоляция | Гибкая обмазочная гидроизоляция | Металлические кессоны | Оклеенная рулонная гидроизоляция | ПВХ мембраны | Бентонитовые маты |
| Трудоемкость | Низкая | Низкая | Низкая | Высокая | Средняя | Средняя | Низкая |
| Толщина слоя | От 20 мм | от 2 мм | от 2 мм | от 6 мм | от 1,5 мм | от 1,5 мм | от 5 мм |
| Удлинение | Среднее | Низкое | Высокое | Низкое | Высокое | Высокая | Среднее |
| Химстойкость | Средняя | Средняя | Средняя | Высокая | Высокая | Высокая | Средняя |
| Защитное покрытие при засыпке котлована | - | нет | да | нет | да | да | да |
| Давление воды | + | +/- | + | +/- | + | + | + |
| Квалификация рабочих | Средняя | Средняя | Средняя | Высокая | Средняя | Высокая | Средняя |

«+» - положительное давление воды; «-» - отрицательное давление воды

Материалы для гидроизоляции локальных участков:

- Гидрофобизаторы. Меняют угол смачивания обработанного материала, препятствуя поступлению атмосферной влаги внутрь сооружения.
- Гидрошпонки (профильные ленты из ПВХ, резины и т.д.). Применяются для гидроизоляции швов (как технологических, так и деформационных). Недостаток – сложность в монтаже.
- Гидропломбы (плаги). Применяются для остановки активных протечек.
- Набухающие шнуры и герметики. Применяются для гидроизоляции технологических швов, пропуска коммуникаций через железобетонные конструкции. При контакте с водой увеличиваются в объеме. Недостаток - не устойчивы к динамике сооружения, нельзя использовать в деформационных швах.
- Специальные твердеющие герметики (на различной основе) для заполнения (гидроизоляции) деформационных швов.

Материалы для повышения водонепроницаемости бетона:

- Материалы пенетрирующего (проникающего действия). Достоинства – простота в применении, не требуют дополнительной защиты. Недостаток – не устойчивы к динамике сооружения.
- Добавки в бетон – природные и искусственные пластификаторы (супер- и гиперпластификаторы). Достоинства – уменьшение В/Ц отношения, придание бетонной смеси определенных свойств (самоуплотнение, повышение водонепроницаемости, морозостойкости, ускорение или замедление схватывания и т.д.). Недостатки – удорожание бетонной смеси, иногда требуется очень точная дозировка (до граммов).

Пристенный дренаж и инъекционные системы:

- Пристенный дренаж. В основном состоит из профилированных листов ПВХ (ПВХ) и геотекстильного фильтра. Применяется для отвода подземной воды от сооружения. Достоинства - не требует дополнительной защиты. Недостаток – трудность в установке на сложных поверхностях.
- Инъекционные составы (на различной основе). Применяются для заполнения пустот в теле конструкции, либо для создания противоточной фильтрационной завесы за телом конструкции. В зависимости от основы материала могут обладать различными свойствами. Главный недостаток – сложность в применении.

Контроль качества используемых материалов является одним из важных технологических процессов. Так как качество гидроизоляционной системы в целом во многом зависит от качества используемых материалов, то следует ориентироваться на материалы, которые имеют полную техническую документацию, протоколы испытания независимой экспертизы, успешно применялись для решения подобных задач.

1.5. Заключение по разделу

Гидроизоляционная система – это целый комплекс мероприятий, направленных на предотвращение попадания подземных вод внутрь сооружения или защите от нее конструкций расположенных в грунте. Элементами данной системы являются: водонепроницаемый бетон, гидроизоляционная мембрана, теплоизоляция, защита мембраны, дренаж, вентиляция и кондиционирование воздуха.

При выборе материалов для гидроизоляции следует руководствоваться условиями их применения, гидрогеологической обстановкой в районе строительства, положительным или отрицательным давлением воды на мембрану, ремонтпригодностью системы, конструктивными особенностями сооружения, наличием квалифицированных кадров для устройства гидроизоляционной системы и т.д.

При проектировании и устройстве гидроизоляционной системы всегда следует отдавать предпочтение двух- трех уровневой системе. В общем случае, такая система может выглядеть следующим образом (см. рисунок 7).

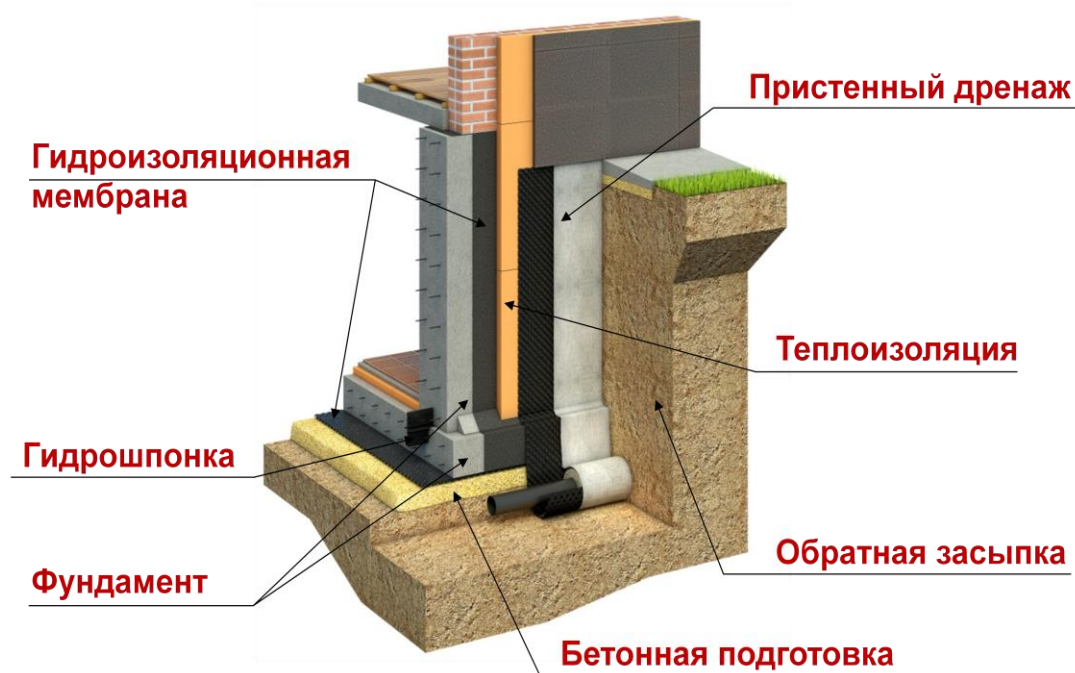


Рис. 7

Часть 2 – Особенности возведения ограждающих конструкций

В этом разделе будут рассмотрены основные варианты повышения водонепроницаемости бетона и гидроизоляции деформационных и технологических швов, выполняемых на этапе возведения ограждающих конструкций.

2.1. Повышение водонепроницаемости бетона

Вода, не вступившая в реакцию гидратации цемента, после высыхания образует в бетоне большое количество пор. Часть из них замкнута, а часть образует сквозные каналы, по которым впоследствии может проникнуть вода. Потребность в большем количестве воды, чем необходимо для реакции гидратации, определяется необходимостью обеспечения транспортировки и удобоукладываемости бетонной смеси.

В процессе укладки большое время уделяется вибрации бетона. Это необходимо для того, чтобы бетонная смесь полностью заполнила необходимое пространство без образования пустот (см. рисунок 8). Особенно важен этот процесс при густом армировании конструкции (см. рис. 9)



Рис. 8



Рис. 9

Для уменьшения количества воды затворения, при сохранении подвижности бетонной смеси, применяют пластификаторы. Применение пластификаторов позволяет снизить водоцементное отношение (например, с $V/C=0,5$ до $V/C=0,25$, т.е. в два раза) и, как следствие, уменьшить объем пор в бетоне, повышая, таким образом, плотность бетона. При этом следует учитывать, что подбор состава конкретной бетонной смеси должен осуществляться в лабораториях с учетом особенностей и характеристик применяемых материалов: цемента, крупного и мелкого заполнителя, различных добавок.

Для бетонов с низким водоцементным отношением сохранение воды в теле бетона от испарения, необходимой для процесса гидратации цемента, является одной из основных задач. Пренебрежение этой операцией может сильно отразиться на качестве конечного продукта (см. рисунок 10). Стандартная схема ухода за бетоном предусматривает увлажнение свежесуложенного бетона (каждые 3-4 часа) в течение первых трех дней (в зависимости от температуры окружающей среды) и укрытие участка бетонирования влажной мешковиной или пленкой (см. рисунок 11), либо применение специальных пленкообразующих составов. При применении пленкообразующих составов необходимо тщательно ознакомиться с характеристиками применяемого материала, так как на некоторые из них невозможно нанести гидроизоляционную мембрану (либо другое покрытие) после вызревания бетона.



Рис. 10



Рис. 11

Для повышения марки водонепроницаемости бетона очень часто применяют минеральные материалы проникающего (пенетрирующего) действия. Материал либо добавляется в бетонную смесь в процессе ее приготовления (см. рисунок 12), либо наносится на подготовленную поверхность (очищенную от загрязнений и цементного молока, а также насыщенную водой) при помощи распылителя штукатурных составов или кисти (см. рисунок 13). Активные химические добавки, входящие в состав материала, проникая внутрь бетона, вступают в химическую реакцию с компонентами бетонной смеси, образуя нерастворимые соединения (кристаллы), которые создают сплошной барьер, препятствующий поступлению воды. В зависимости от марки обрабатываемого бетона, можно повысить степень его водонепроницаемости на две-три ступени. Если материал наносился на подготовленную поверхность, то по истечении 28 суток необходимо удалить остатки материала с поверхности, если в дальнейшем предусмотрено нанесение дополнительных покрытий. Очистку можно производить как механическим, так и химическим способом (пятипроцентным раствором соляной кислоты).



Рис. 12

Рис. 13

2.2. Герметизация технологических швов

Технологические швы – это швы, связанные с перерывами в бетонировании. Это может быть связано с этапностью работ, большими объемами укладки бетонной смеси и т.д. Перерыв в бетонировании больше трех часов уже считается технологическим швом, так как предыдущий слой бетона уже успевает схватиться. Технологические швы практически всегда бывают при смене бетонирования с горизонтальных на вертикальные конструкции и наоборот. Для герметизации технологических швов обычно применяют гидрошпонки, набухающие шнуры, инъекционные системы.

Герметизация технологических швов с применением гидрошпонок

Гидрошпонки представляют собой профилированную ленту из ПВХ. Принцип действия гидрошпонок основан на увеличении пути фильтрации воды (см. рисунок 14). По расположению в бетонном массиве шпонки подразделяются на центральные/двухсторонние/внутренние (располагаются в центре массива бетона и развязываются к арматуре) и боковые/односторонние/внешние (располагаются с боку массива и крепятся к опалубке).



Центральная гидрошпонка








Боковая гидрошпонка

Рис. 14

Центральные шпонки защищены слоем бетона от внешних воздействий и могут выдерживать давление воды с любой стороны, боковые же должны прижиматься давлением воды к бетону.

Центральные и боковые шпонки разделяются между собой по типоразмеру, области применения и максимальному давлению воды, которое она может воспринять. Номенклатура выпускаемых шпонок для технологических швов приведена в таблице 3. Основные параметры шпонок, физико-механические характеристики и монтажные схемы можно найти в технических листах на материалы и альбоме технических решений.

Таблица 3

| Тип шпонки | Вид шпонки | Тип гидрошпонок для технологических швов |
|------------|--|---|
| BP-240 |  | Центральная |
| HP-220 |  | Боковая |
| XB/TH |  | Центральная |
| XO/TH |  | Боковая |
| XBC/TH |  | Центральная защитная, специальная |
| XOM/TH |  | Боковая для применения с гидроизоляционной мембраной LOGICROOF T-SL |
| CBГ/TH |  | Центральная |

Установку гидрошпонок необходимо производить в строгом соответствии с проектной документацией. В проектное положение гидрошпонки устанавливают и закрепляют симметрично относительно осей шва. При установке шпонок необходимо обеспечить герметичность в местах примыкания их к опалубке, для предотвращения вытекания бетонной смеси при бетонировании.

Центральные шпонки очень сложны в монтаже, так как приходится ее монтировать между верхним и нижним рядами арматурного каркаса, а опалубка должна быть разрезная. Боковые шпонки легко монтировать, но есть опасность образования непровибрированных зон в бетоне.

Центральные шпонки крепятся вязальной проволокой к арматурному каркасу с шагом 200÷250 мм. Прокол шпонки для крепления проволокой необходимо осуществлять на расстоянии между краем шпонки и первым краевым анкером/усиком (см. рисунок 15).

Боковые шпонки крепятся к деревянной опалубке короткими гвоздями с широкой шляпкой с шагом 250÷350 мм. Забивка гвоздя осуществляется на расстоянии между краем шпонки и первым краевым анкером/усиком. Гидрошпонку можно крепить к опалубке на клеевые составы или двухсторонний скотч (см. рисунок 16). При выборе клеевого состава необходимо учитывать его совместимость с ПВХ – материалом гидрошпонки.

В любом случае, выбранный способ крепления гидрошпонки к опалубке или арматурному каркасу должен указываться в проектной документации и полностью исключать возможность смещения шпонки от проектного положения при бетонировании конструкций.

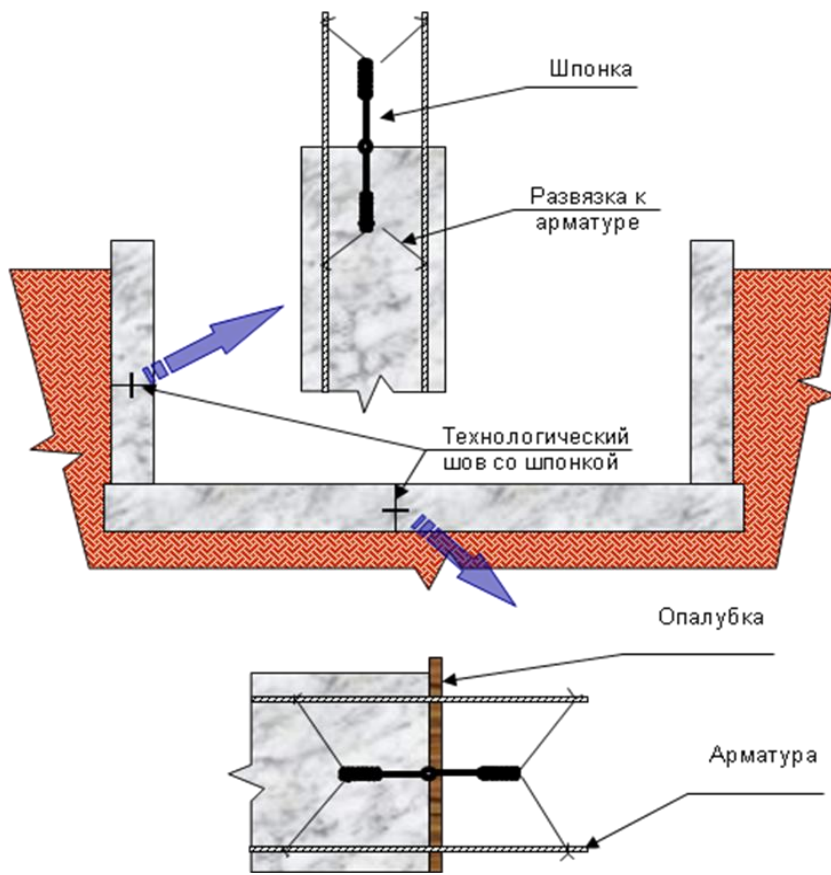


Рис. 15

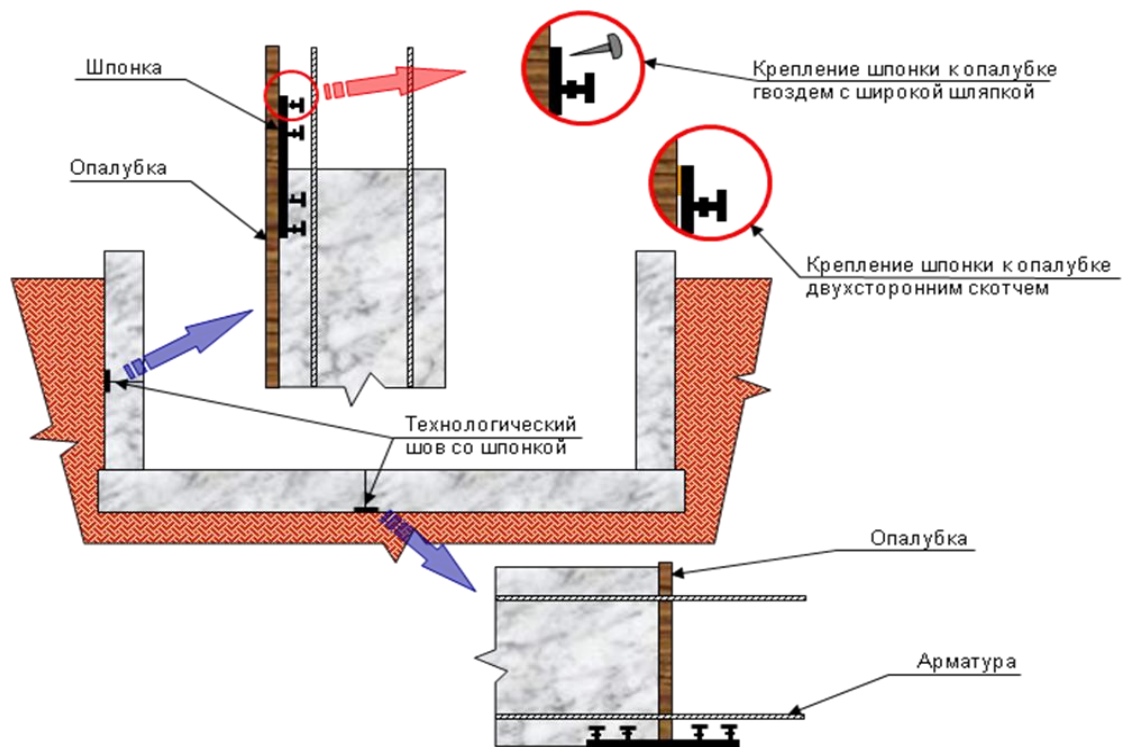


Рис. 16

Между собой шпонки свариваются (стыкуются) непосредственно на строительной площадке при температуре воздуха не ниже +5°C. При атмосферных осадках работы следует проводить под защитой тента. Для монтажа шпонок используют специальное оборудование:

- а) Машинку для выравнивания и прижатия шпонок (причем, под профиль конкретной шпонки, либо универсальная);
- б) Сварочный утюг – разогревается до температуры $\approx 180\div 200^\circ\text{C}$, оплавляя края соединяемых шпонок.

Технологический процесс сварки гидрошпонок состоит из следующих операций (см. рисунок 17):

- Концы шпонок ровно обрезать ножом или алмазным диском;
- Проверить плотность соединения стыкуемых концов шпонки;
- Разогреть сварочный утюг и проверить его работу на отдельном куске шпонки (шпонка должна хорошо плавиться, но не гореть);
- Поместить утюг между стыкуемыми концами шпонки и тщательно прижать их к утюгу;
- Удерживать шпонки прижатыми к сварочному утюгу, до полного и равномерного оплавления стыкуемых концов шпонки;
- Удалить утюг и плотно прижать расплавленные стыкуемые концы шпонки друг к другу, при необходимости корректируя их положение;
- Дать остыть сварному шву (примерно пять минут);
- Очистить сварочный утюг от остатков материала шпонки.

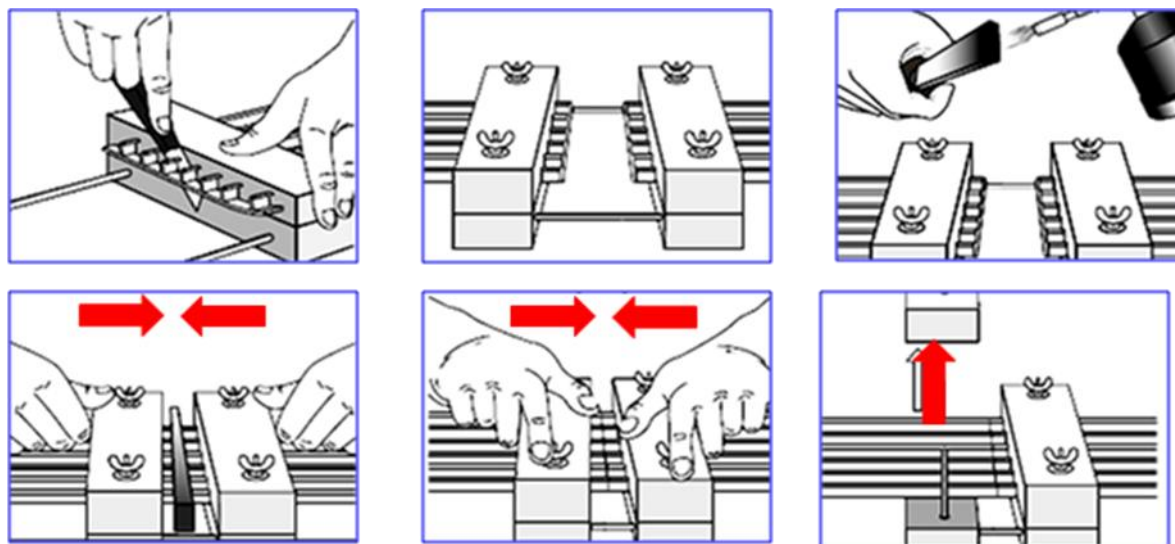


Рис. 17

Качество выполнения сварных стыков проверяют визуально и механически (обычно проверку осуществляют лампами на просвет). Проверку выполняют как после сварки шпонки, так и непосредственно перед бетонированием.

Сложные соединительные узлы (см. рисунок 18): крестообразные, угловые и Т-образные элементы изготавливаются на объекте или поставляются готовыми.

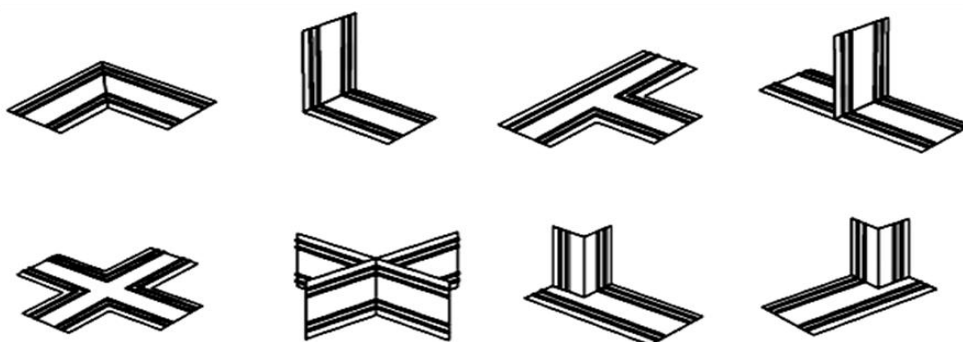


Рис. 18

Технологический процесс монтажа гидрошпонки (см. рисунки 19 и 20) и ведения бетонных работ:

- Установить гидрошпонку в проектное положение и произвести ее крепление к опалубке или арматурному каркасу;
- Проверить герметичность стыковочного узла опалубки и шпонки;
- Формообразующие элементы опалубки должны быть обработаны антиадгезивным материалом (опалубочной смазкой, скотчем и т.д.) для облегчения снятия опалубки после обетонирования;
- Очистить поверхность гидрошпонки от возможных загрязнений и следов опалубочной смазки;
- Проверить качество сварных швов гидрошпонки;
- Защитить участки шпонки, не подлежащие обетонированию от загрязнений и повреждений;
- Произвести укладку бетонной смеси в блок бетонирования. При этом следует учитывать, что запрещено прямое попадание бетонной смеси непосредственно на шпонку во избежание ее смещения;
- Произвести вибрирование уложенной бетонной смеси, уделяя особое внимание зоне шпонки, при этом не допускается касаться наконечником вибратора опалубки, шпонок и элементов их крепления. Через 30 мин рекомендуется вибрирование в зоне установки гидрошпонки повторить;
- Выдержать уложенный бетон, осуществляя влажностный уход за ним;
- Снять опалубку. При этом следует избегать механических повреждений шпонки;
- Проверить качество заделки шпонки в бетон и состояние необетонированного участка шпонки;
- Бетонирование второй части шпонки осуществляется по такому же принципу.

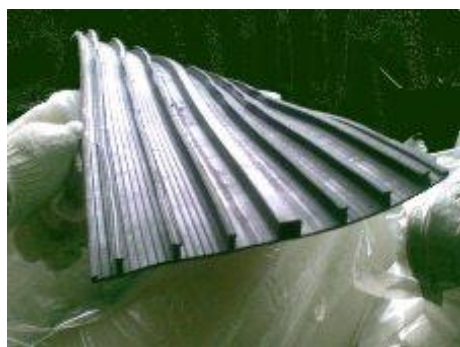


Рис. 19



Рис. 20

Герметизация технологических швов с применением набухающих шнуров

Набухающие шнуры (см. рисунок 21) бывают разных видов и обычно изготавливаются из гидрофильной резины или на основе бентонитовых глин. Шнур устанавливается посередине (по толщине) железобетонного элемента на специальный клей (поставляемый в комплекте), либо механически на дюбеля в тело бетона. При соприкосновении с водой резиновый шнур впитывает ее в себя, увеличиваясь в объеме, пропорционально объему впитанной воды, заполняя, таким образом, свободное пространство в шве и останавливая возможные протечки. Бентонитовый шнур при соприкосновении с водой расширяется в объеме, образует плотный влагонепроницаемый гель. В зависимости от производителя увеличения шнура в объеме при свободном разбухании составляет от 150 до 600 %. Важное условие – шнур должен набухать в ограниченном (зажатом) пространстве.

Во время набухания шнура незначительная часть воды может пройти сквозь шов. После окончания процесса набухания шнура шов становится водонепроницаемым. При снятии водной нагрузки с конструкции шва, шнур восстанавливает свою первоначальную форму (шнур высыхает, если есть такая возможность).

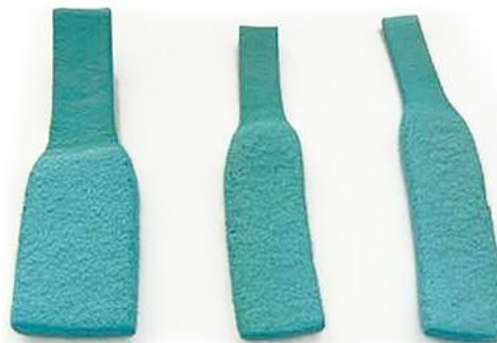


Рис. 21

Набухающие шнуры бывают различных размеров и форм (от круглой до прямоугольной), что позволяет их использовать при герметизации технологических швов практически в любой конструкции, а также трубных проходках.

Так как с установкой набухающего шнура, справится практически любой подрядчик (в отличие от шпонок), поэтому он нашел широкое применение, от частного строительства, до серьезных объектов.

Физико-механические характеристики набухающего шнура ТехноНИКОЛЬ приведены в таблице 4.

Таблица 4

| Материал | Цвет | Твердость по Шор А, единицы Шор А | Условная прочность при растяжении, МПа (кг/см ²), не менее | Относительное удлинение при разрыве, %, не менее | Объемное набухание в свободном состоянии, %, не менее | Плотность, г/см ³ |
|---------------------|-------|-----------------------------------|--|--|---|------------------------------|
| Гидрофильная резина | синий | 55 | 6,0 | 300 | 600 | 1,2 |

Как уже говорилось выше, набухающие шнуры устанавливаются на ровную поверхность посередине (по толщине) железобетонного элемента на специальный клей (поставляемый в комплекте), либо механически на дюбеля в тело бетона с шагом 350+500 мм (см. рисунок 22).

Не рекомендуется устанавливать шнур вплотную к арматуре, так как в этом случае возможно образование пустот в теле бетона, даже при хорошем виброуплотнении.

Для предотвращения сдвига установленного шнура в процессе бетонирования и обеспечения ровности поверхности установки, рекомендуется перфоратором с малой энергией удара выполнить штрабу глубиной 1÷2 мм, куда и устанавливается шнур (см. рисунок 23).

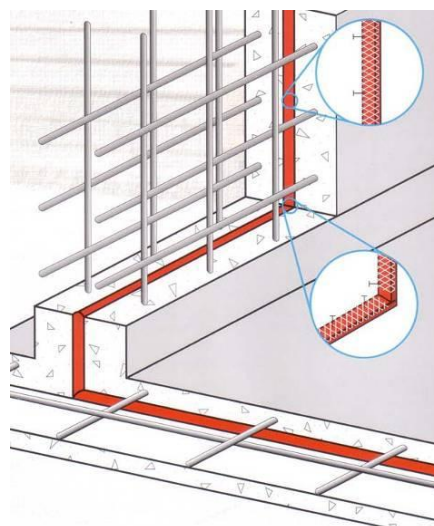


Рис. 22

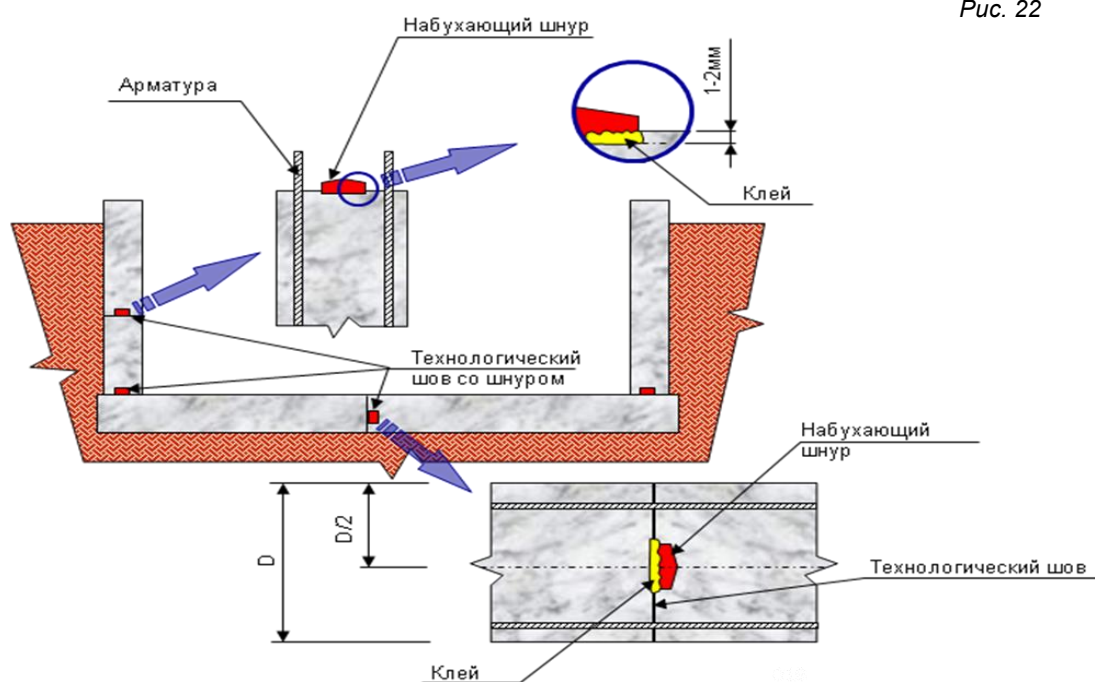


Рис. 23

При двухуровневой системе гидроизоляции, линии установки набухающего шнура располагается на расстоянии не менее 70 мм от краев конструкции за арматурой (см. рисунок 24).

Минимальная толщина бетона, перекрывающая установленный шнур, должна быть не менее 100 мм.

Горизонтальный стыковой узел выполняется с нахлестом 20 мм. Угловой и Т-образный стыковые узлы выполняются без нахлеста, при этом стыковой край шнура должен быть ровно обрезан (см. рисунок 25).

Шнуры, образующие стыковые узлы, категорически запрещается склеивать и сваривать между собой!

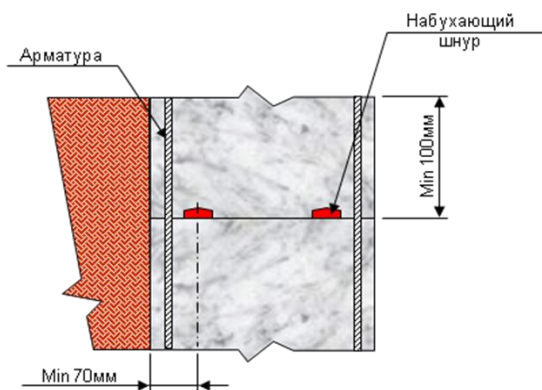


Рис. 24

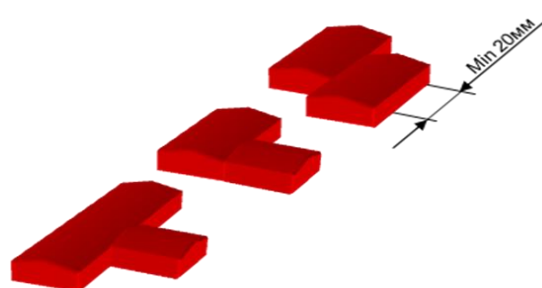


Рис. 25

Технологический процесс установки набухающего шнура и ведения бетонных работ:

- Перфоратором с малой энергией удара устроить штрабу глубиной 1÷2 мм, попутно очищая место установки шнура от грязи, пыли и цементного молочка. При этом следует учитывать, что минимальное расстояние от края конструкции составляет 70 мм;
- Очистить поверхность шнура от возможных загрязнений;
- Установить шнур в проектное положение и произвести его крепление (либо на клей, либо на дюбели);
- Произвести укладку бетонной смеси в блок бетонирования. При этом следует избегать прямого попадания бетонной смеси непосредственно на установленный шнур во избежание его смещения от проектного положения или разрыва. Минимальная толщина укладки бетона составляет 100 мм;
- Произвести вибрирование уложенной бетонной смеси, уделяя особое внимание зоне установки шнура, при этом не допускается касаться наконечником вибратора самого шнура. Через 30 мин рекомендуется вибрирование в зоне установки шнура повторить;
- Выдержать уложенный бетон, осуществляя влажностный уход за ним.

Герметизация технологических швов с применением инъекционных систем

Инъекционные системы представляют собой специальный инъекционный шланг (см. рисунок 26), замоноличиваемый в массиве бетона, в зоне шва. В зависимости от используемого инъекционного материала может применяться однократно (эпоксидные смолы), или многократно (суспензия цемента).

В зависимости от производителя системы отличаются друг от друга внутренним и внешним диаметрами инъекционного шланга.

Неопреновые полосы, закрывающие выходные отверстия, препятствуют при бетонировании конструкции проникновению в инъекционный канал цементного молока. При подаче в шланг инъекционного материала под давлением полосы отжимаются, и инъекционный материал выдавливается из всех отверстий. При этом

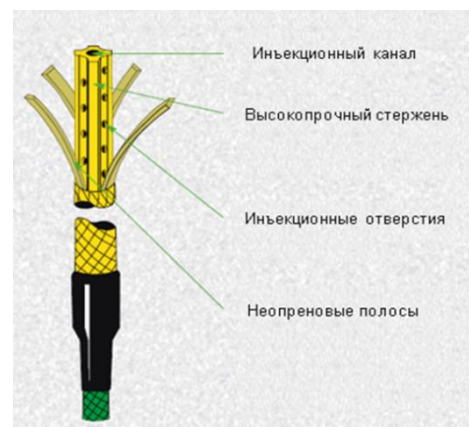


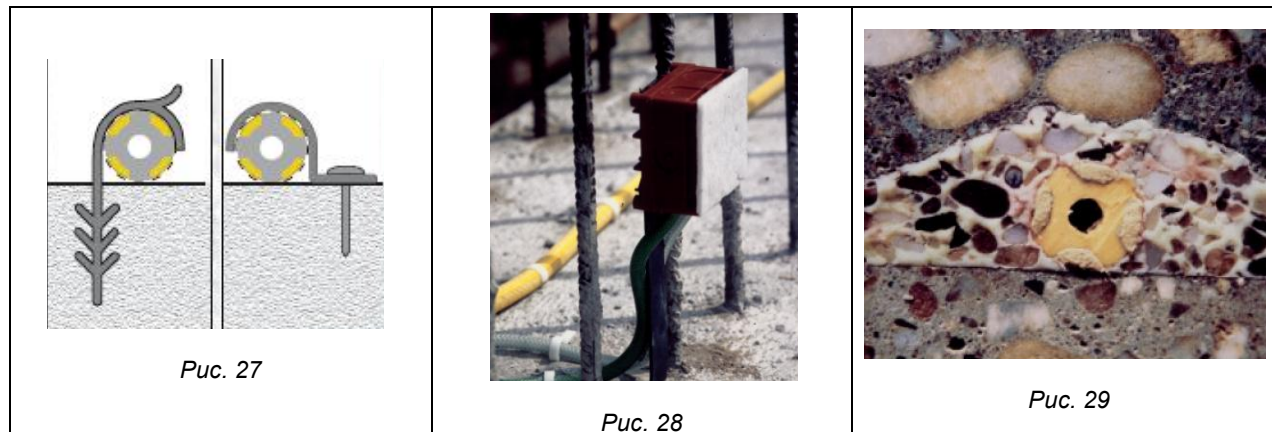
Рис. 26

идет непрерывная подача материала по всей длине шланга, обеспечивая надежную герметизацию шва (см. рисунок 29).

Шланги по длине стыкуются между собой при помощи специального клея.

Для предотвращения возможного сдвига при бетонировании шланг крепится при помощи специального крепежа к бетону основания (см. рисунок 27).

При многократном использовании системы, концы инъекционных шлангов обычно выводятся в специальную зону, защищенную от попадания бетона (см. рисунок 28).



Выбор конкретного инъекционного оборудования, технологии производства работ, давления закачки и опрессовки зависит от вида применяемого инъекционного материала, и должна предоставляться производителем материалов.

2.3. Герметизация деформационных швов

Деформационные швы – это подвижные швы в конструкциях сооружений, позволяющие компенсировать различного рода деформации (тепловые, осадочные и т.д.) и представляет собой специальный зазор между двумя сопрягаемыми элементами. Основными материалами для герметизации деформационных швов являются гидрошпонки, эластичные герметики и гидроизоляционные ленты.

Конструктивно деформационный шов состоит (см. рисунок 30):

- Зазор шва соответствующей величины;
- Гидроизоляционный (противофильтрационный) элемент;
- Заполнитель полости шва.

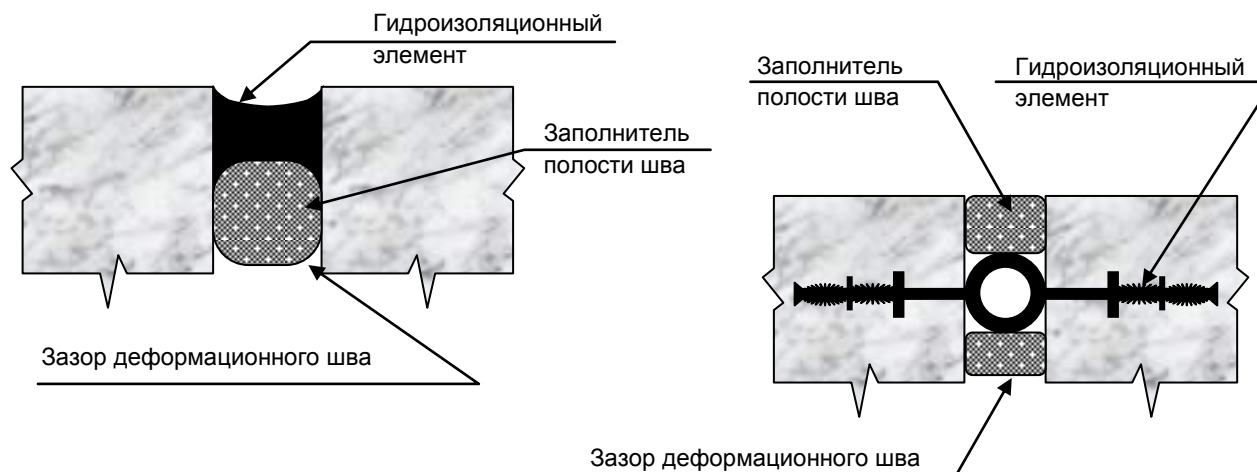


Рис. 30

По величине зазора деформационные швы подразделяются:

- Узкие, до 30 мм;
- Средние, до 60 мм;

- Широкие, более 60 мм.

Дополнительно деформационные швы различают:

- Малых перемещений - < 25% ширины шва;
- Больших перемещений - > 25% ширины шва.

Минимальная величина зазора деформационного шва зависит от расстояния между деформационными швами в конструкции и выражается в отношении между ними. В зависимости от типа конструкции это соотношение может быть разным (см. таблицу 5).

Таблица 5

| Тип конструкции | Элементы конструкции | Минимальная величина зазора шва по отношению к расстоянию между швами |
|---------------------------|---|---|
| Бетонные и железобетонные | Наружные стены, конструкция покрытия с теплоизоляцией | 1/1500 |
| | Конструкция покрытия без теплоизоляции | 1/1000 |
| | Парапеты и ограждения | 1/300 |
| | Подземные сооружения | 1/1000 |
| Бетонная подготовка | Бетон лотков, покрытия | 1/300 |

Максимальные расстояния между деформационными швами регламентировано и проводится в нормативно-технической документации. Они зависят от вида сопрягаемых конструкций, условий эксплуатации, применяемого строительного материала и т.д. Максимальные расстояния между деформационными швами для различных строительных конструкций, воспринимающие воздействия от изменения температуры приведены в таблице 6. При воздействии других нагрузок на конструкцию необходимо учесть возможные деформации от них, что может повлиять на расстояния между деформационными швами.

Таблица 6

| Вид сооружения или конструкции | Расстояние между деформационными швами в конструкциях, (м) | |
|--|--|--|
| | подвергающихся атмосферному воздействию | не подвергающихся атмосферному воздействию или подземных |
| Сборные конструкции из бетона | 30 | 40 |
| Сборные железобетонные плоские конструкции | 30 | 50 |
| Монолитные конструкции из неармированного бетона | 10 | 20 |
| Монолитные конструкции из железобетона | 20 | 30 |
| Монолитные железобетонные плоские конструкции и предварительно напряженные объемные конструкции из плоских элементов | 25 | 40 |
| Подпорные стенки: - неармированные | 9 | 12 |
| - армированные | 18 | 24 |
| Парапетные стенки: - неармированные | | 3 |
| - армированные | | 6 |
| Бетонная подготовка: - неармированная | | от 1,5 до 6 |
| - армированная | | от 3 до 9 |

К заполнителю полости шва не предъявляют никаких требований по водонепроницаемости. Поэтому в качестве заполнителя часто применяют дерево с антисептированной пропиткой, пенопласт, просмоленную паклю (канат). В последнее время материалом для заполнения полости шва служит экструзионный пенополистирол ТЕХНОНИКОЛЬ XPS, который закладывают в шов при его формировании в процессе бетонирования, что обеспечивает свободное сжатие и раскрытие шва практически без напряжений сопрягаемых элементов. В тоже время он не впитывает воду и достаточно прочный для восприятия нагрузок от свежееуложенного бетона, что очень важно при производстве бетонных работ.

Основными материалами гидроизоляционного элемента деформационных швов малых перемещений (< 25% ширины шва) служат специализированные герметики. В деформационных швах больших перемещений (> 25% ширины шва) основными материалами гидроизоляционного элемента – гидрошпонки и гидроизоляционные ленты, причем зачастую их применяют совместно, а также со специализированными герметиками (двухуровневая защита деформационного шва).

Герметизация деформационных швов с применением гидрошпонок

Гидрошпонки для деформационных швов отличаются от гидрошпонок для технологических швов только наличием деформационного элемента, который может воспринимать различные деформации конструкции (см. рисунок 31). В зависимости от возможных подвижек подбирается размер и форму деформационного элемента. Деформационные элементы бывают круглых, овальных и П-образных видов.



Рис. 31

Так же как и гидрошпонки для технологических швов, шпонки для деформационных швов подразделяются на центральные/двухсторонние/внутренние и боковые/односторонние/внешние, а также подразделяются между собой по типоразмеру, области применения и максимальному давлению воды, которое она может воспринять. Номенклатура выпускаемых шпонок для технологических швов приведена в таблице 7. Основные параметры шпонок, физико-механические характеристики и монтажные схемы можно найти в технических листах на материалы и альбоме технических решений Компании ТехноНИКОЛЬ.

Таблица 7

| Тип шпонки | Вид шпонки | Тип деформационных гидрошпонок |
|------------|------------|--|
| ДВ/ТН | | Центральная |
| ДО/ТН | | Боковая |
| ДЗ/ТН | | Защитная |
| ДЗС/ТН | | Защитная, специальная |
| ДОМ/ТН | | Боковая для применения с гидроизоляционной мембраной LOGICROOF T-SL |
| ТАРАКАН/ТН | | Для восстановления герметизации деформационных швов существующих конструкций |

Монтаж и бетонирование гидрошпонок для деформационных швов полностью аналогичен процессу монтажа шпонок для технологических швов (см. страницы 11÷15).

При проведении работ с гидрошпонками необходимо учитывать, что общая схема гидроизоляции объекта с применением шпонок может быть очень сложной и содержать

стыковочные узлы различных типов шпонок (деформационных и технологических) друг с другом (см. рисунки 32 и 33). При этом категорически запрещается сваривать/стыковать друг с другом гидрошпонки, выполненные из различных материалов (например, ПВХ и резины). Из-за различия физико-механических характеристик они будут по-разному вести себя в процессе эксплуатации сооружения.

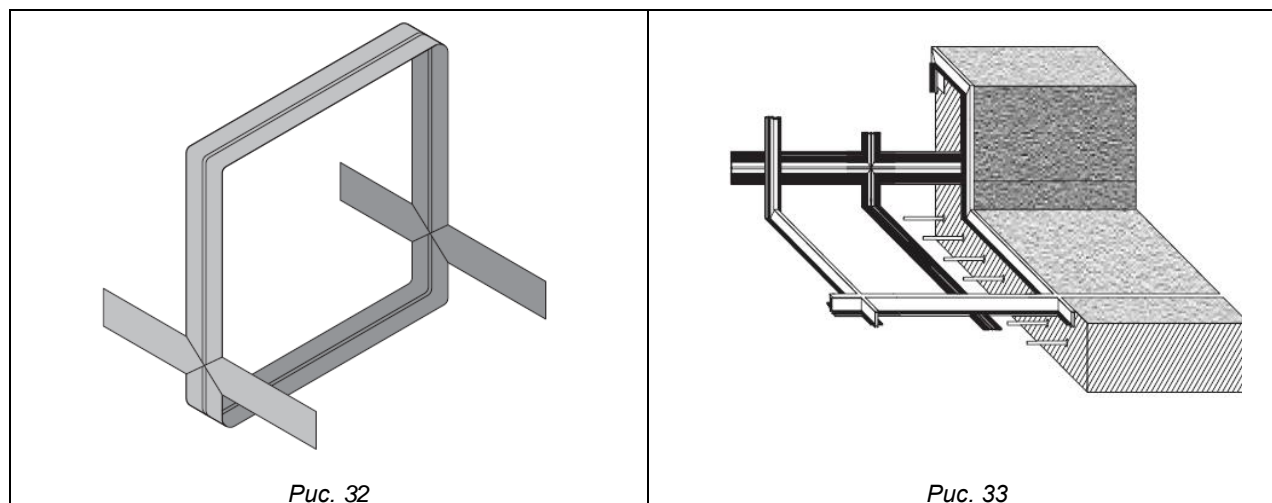


Рис. 32

Рис. 33

Герметизация деформационных швов с применением герметиков

В силу своих возможностей герметики могут выполнять функции гидроизоляционного элемента только в швах с небольшой величиной зазора деформационного шва (узких швов, до 30 мм) и малых перемещений (< 25 %). В настоящее время на рынке РФ существует большое количество герметиков на различной основе (битумные, бутил-каучуковые, полиуретановые, силиконовые и т.д.). Применение того или иного материала осуществляется с учетом нескольких факторов. Помимо относительного удлинения (см. таблицу 8), это условия производства работ на конкретном объекте, условия эксплуатации, конструкция шва, стойкость к УФ-излучению и т.д.

Таблица 8

| Вид герметика для заполнения швов | Допустимые значения растяжения/сжатия, % от ширины шва | Примечание |
|---|--|---|
| Мастики (полибутилены, полиизобутилены) | 3 % | Неотверждаемые в своей массе |
| Термопласты: - горячего отверждения (битумы) | 5 % | Отверждение при охлаждении |
| - холодного отверждения (резино-битумы, бутил-каучук) | 7 % | Отверждение при испарении растворителя или разрушении эмульсий под воздействием воздуха |
| Термореактопласты (винилацетаты, полисульфиды, полиуретаны) | 25 % | Химическое отверждение |
| Силиконы | 25 - 50 % | Вулканизация на воздухе |

При подборе материала герметика следует исходить из условия, что максимально допустимые деформации герметика при заданном его сечении, должны быть больше максимальных перемещений смежных конструкций в деформационном шве.

Как видно из таблицы 8, работоспособность герметика в шве не зависит от конструкции самого шва. Между тем огромное влияние на работоспособность (см. рисунок 34) герметика оказывает отношение (коэффициент формы К) глубины заполнения шва к его ширине ($K=D/W$).

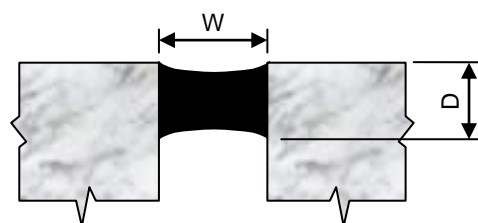


Рис. 34

Когда коэффициент формы в шве для герметика равен или меньше единицы, обеспечиваются наилучшие условия реализации его эластомерных характеристик. И наоборот, чем больше коэффициент формы, тем меньшую величину зазора в шве может обеспечить герметик.

Улучшение условий работы герметиков при уплотнении деформационных швов может быть достигнуто выполнением, так называемых Т-образных швов (см. рисунок 35) или обеспечением наиболее целесообразного значения коэффициента формы шва. При выполнении Т-образного шва должно быть обеспечено условие, когда длина деформирующегося элемента, выполненного из герметика, должна быть много больше, чем изолируемый зазор шва.

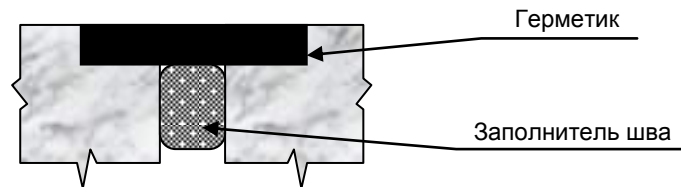


Рис. 35

Кроме того, в конструкцию деформационного шва может быть введен дополнительный элемент – антиадгезионная прокладка. Ее назначение – убрать адгезионное сцепление герметика с третьей стороной шва (бетонной подложкой) и/или материалом заполнителя шва (см. рисунок 36).

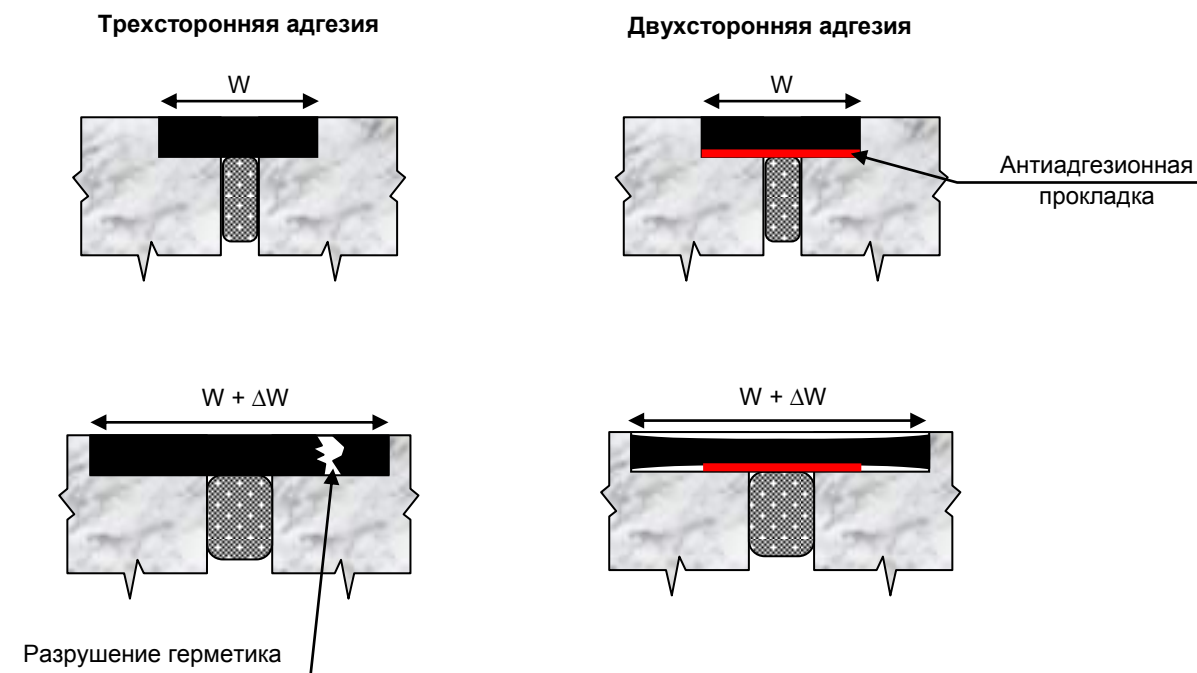


Рис. 36

В качестве антиадгезионной прокладки можно использовать скотч или полиэтиленовую пленку. Широкое применение для данных целей нашел шнур «Вилатерм» - вспененный полиэтилен, который обеспечивает отсутствие адгезии с герметиком и создает форму шва (см. рисунок 37). При применении горячих мастик необходимо укладывать термостойкий шнур.

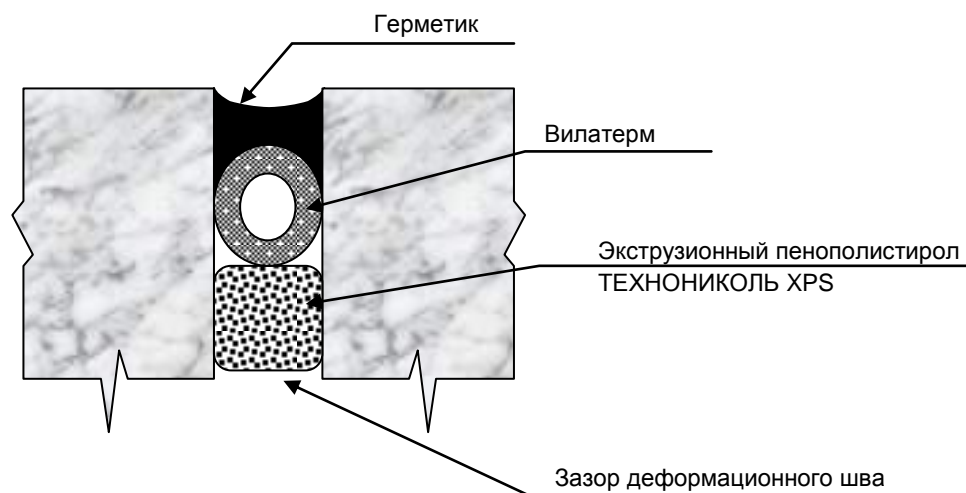


Рис. 37

Для эффективной работы в деформационном шве герметик должен удовлетворять следующим требованиям:

- Быть водонепроницаемым материалом;
- Изменять форму и размеры для восприятия деформаций, происходящих в шве;
- Обладать хорошими адгезионными свойствами;
- Работать без разрушения при положительных и отрицательных температурах.

Герметики можно наносить на бетон только после его выдержки в течение определенного периода времени. Это время устанавливается производителем материала (обычно 28 суток). Пренебрежение данной операцией может привести к созданию дополнительных внутренних напряжений в материале (из-за усадки бетона), что может негативно сказаться на его работе в шве в дальнейшем.

При производстве работ по герметизации швов также необходимо контролировать влажность бетона. Показатели влажности бетонной смеси, при которых можно производить укладку материала указывается в техническом листе на материал. Повышенная влажность может сказаться на адгезионных свойствах герметика, или привести к его полному отслоению.

Физико-механические характеристики однокомпонентного полиуретанового герметика ТехноНИКОЛЬ приведены в таблице 9.

Таблица 9

| Показатели | Значения |
|---|--------------------------------------|
| Цвет | Серый |
| Время образования пленки при 23°C и 50% относительной влажности воздуха | 10 минут |
| Плотность при 23°C | 1,17 г/см ³ |
| Удлинение при разрыве | 750 % |
| Твердость по Шору, А (3 с) | 50 |
| Деформативность шва | ≤ 25 % |
| Температура применения | От +5 до +35°C |
| Рабочая температура полимеризованного продукта | От -30 до +80°C |
| Упаковка | Стандартные фольговые тубы (600 мл). |

Отверждение герметика происходит за счет влаги воздуха. Это свойство позволяет наносить герметик на влажное (до 8 % по массе), **но не мокрое** основание, очищенное от грязи и пыли. Перед началом работ необходимо провести пробное нанесение материала, чтобы проверить качество сцепления герметика с основанием.

Технологический процесс устройства деформационного шва с герметиком (см. рисунок 38):

- Выдержать уложенный бетон в течение необходимого периода времени;
- Произвести очистку бетонной поверхности, на которую будет уложен герметик от грязи и цементного молочка;
- Кромки шва рекомендуется проклеить малярным скотчем, для защиты поверхности от нежелательного попадания герметика;

- При необходимости формирование антиадгезионной прокладки;
- При необходимости нанесение праймера и его выдержка в течение определенного периода времени (определяется производителем материала);
- Нанесение герметика на подготовленную поверхность;
- Придать герметику необходимую форму в шве и удалить малярный скотч;
- В течение периода полимеризации герметика необходимо защитить его от воздействия влаги и других возможных нежелательных факторов (указываются производителем материалов).



Рис. 38

Герметизация деформационных швов с применением гидроизоляционных лент

Как уже говорилось выше, наилучшие условия эксплуатации уплотнительных материалов достигается при коэффициенте формы стремящимся к нулю ($K=D/W \rightarrow 0$). В этом случае реализуются предельные эластомерные свойства герметика. Обеспечить такие условия герметизации деформационных швов можно двумя способами: Т-образной конструкцией шва, или уменьшением толщины D герметика.

В качестве тонкослойных герметиков обычно применяют тонкослойные гидроизоляционные ленты (см. рисунок 39) на основе ПВХ, которые крепятся к основанию клеевым составом (эпоксидным, полиуретановым, полимерцементным).

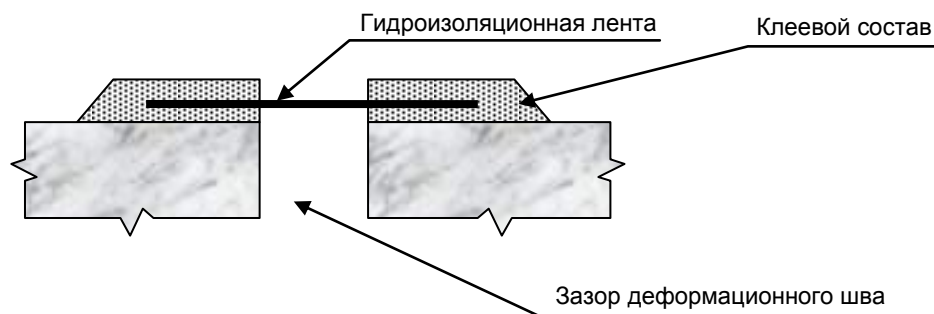


Рис. 39

При значительных деформациях конструкции гидроизоляционная лента монтируется с компенсатором, что существенно повышает надежность уплотнения деформационного шва. Кроме того, гидроизоляционная лента может быть уложена в подготовленную штрабу, что позволяет сохранить начальный профиль конструкции (см. рисунок 40).

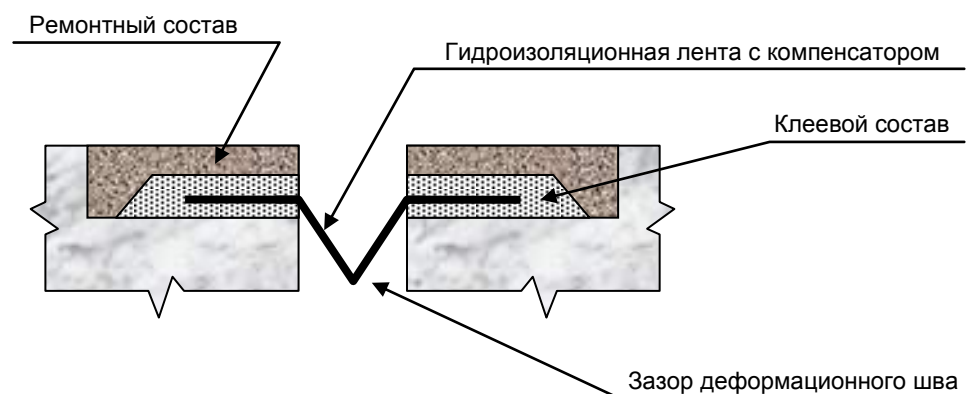


Рис. 40

В процессе установки гидроизоляционная лента может быть состыкована с наружной гидроизоляционной мембраной (когда в качестве гидроизоляционной мембраны применяется ПВХ мембрана), либо располагаться под контуром гидроизоляционной мембраны.

Гидроизоляционные ленты удобно применять в местах сопряжения различных элементов (например, при переходе с горизонтальной на вертикальную поверхность). При этом стоит быть очень внимательным в процессе монтажа ленты, так как в этих местах возможно образование складок ленты.

Технологический процесс монтажа гидроизоляционной ленты (см. рисунок 41):

- Выдержать уложенный бетон в течение необходимого периода времени;
- Произвести очистку бетонной поверхности, на которую будет уложен клеевой состав от грязи и цементного молочка;
- Область деформационного шва проклеить антиадгезионным материалом на ширину, равную 1/3 ширины применяемой ленты (1);
- Нанести первый слой клеевого состава. Клей должен выступать за края ленты не менее чем на 20÷30 мм (2);
- Удалить антиадгезионную прокладку;
- Уложить гидроизоляционную ленту и вдавить ее в клей (3);
- Нанести второй слой клеевого состава на гидроизоляционную ленту, оставляя центральную часть (примерно, 1/3 ширины ленты) свободной (4).

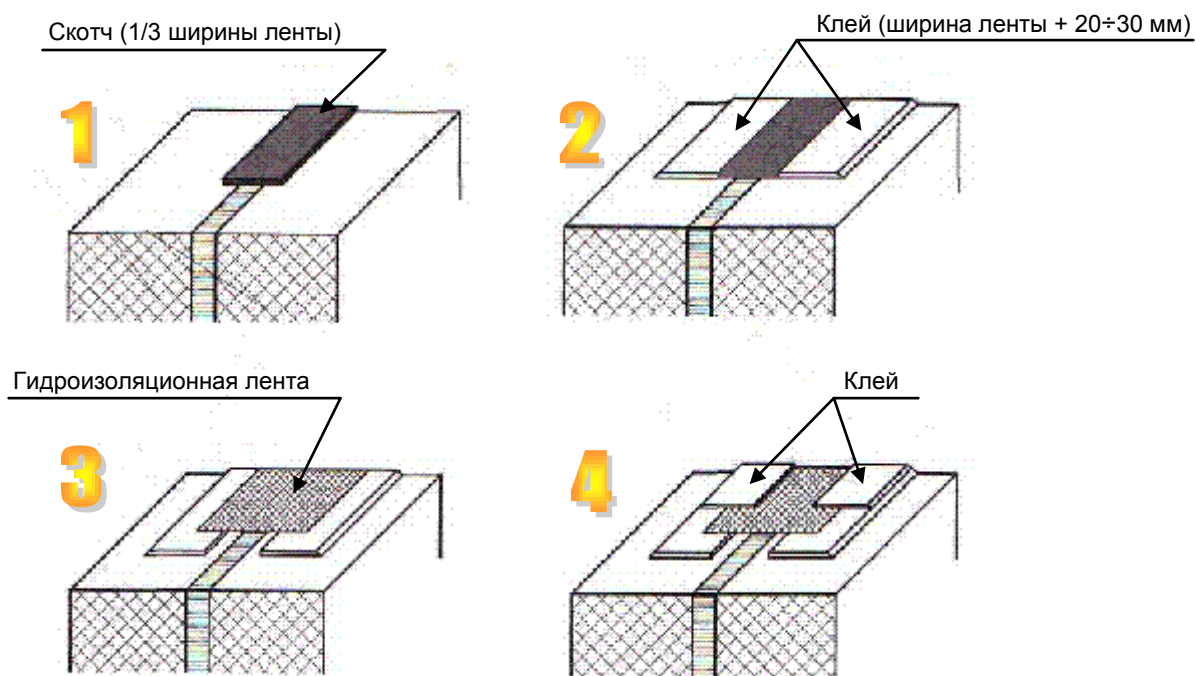


Рис. 41

2.4. Заключение по разделу

Водонепроницаемый бетон ограждающих конструкций является первичным уровнем защиты от воздействия воды. Бетон с заданными физико-механическими характеристиками способен не только обеспечить несущую способность конструкции, но и противостоять воздействию воды и агрессивной среды даже в случае нарушения целостности гидроизоляционной мембраны.

Особое внимание следует обращать на герметизацию технологических и деформационных швов, по которым чаще всего вода попадает внутрь защищаемой конструкции. В заглубленных и подземных сооружениях элементы уплотнения швов являются неотъемлемой частью гидроизоляционной системы, которые должны обеспечивать надежную защиту сооружения от внешних воздействий. Выбор конкретного способа герметизации швов (и соответственно материалов) зависит от конструкции шва, действующих на него нагрузок, расчетных деформаций, квалификации рабочих и т.д.