

Оптимизация составов сухих строительных смесей.

ООО СП Единая торговая система – ЕТС-Киев.

Часть 1. Минеральные компоненты и модифицирующие добавки

В своем выступлении мы попытались раскрыть наиболее актуальный вопрос, касающийся оптимизации составов сухих строительных смесей и, как следствие этого, снижение затрат на производство. В условиях высокой конкуренции на рынке это становится наиболее важным, потому как увеличение цены готового продукта делает его непривлекательным для покупателя. Для начала, кратко об истории применения добавок в ссс:

Стремление к росту производительности труда в строительстве привело к созданию многих производств по выпуску цементно-песчаной сухой смеси, так называемой "гарцовки". Она вполне пригодна для кладки и штукатурки при нанесении слоями толще 10 – 20 мм. Цемент как минеральное вяжущее хорошо работает на сжатие, а кварцевый песок с правильно подобранным ситовым составом оптимально дополняет это важное свойство. Но как быть, если цементно-песчаный раствор должен сопротивляться усилиям растяжения и изгиба, да при этом наноситься тонкими слоями? Как предотвратить унос воды из строительного раствора в основу и ее испарение, что исключает полную гидратацию цемента? Как обеспечить адгезию к сложным, например плохо впитывающим воду основам?

Порошкообразные эфиры целлюлозы (компания ЕТС поставляет эфиры целлюлозы торговой марки Ветmocoll, Akzo Nobel, Sweden) являются основными модифицирующими добавками практически для всех видов сухих смесей. При дозировке всего 0,1 – 0,5 % к весу смеси они обеспечивают значительное удержание воды в массе раствора. Водный раствор МГЭЦ не уходит бесконтрольно в основу и в атмосферу, он служит скользящей смазкой между частицами минеральных компонентов. Благодаря этому строительный раствор дольше, до 20 – 30 минут после его нанесения, сохраняет пластичную консистенцию и клеящую способность при оптимальном водоцементном отношении. Обладая загущающими свойствами, целлюлоза препятствует седиментации частиц наполнителей. Гидратация цемента происходит значительно полнее, в том числе на границе с основой и с атмосферой, при отверждении раствор набирает бóльшую прочность как при сжатии, так и при изгибе. Плиточник может начинать облицовку с любой точки стены без закрепляющих плитку приспособлений.

Эфиры целлюлозы устойчивы до температуры + 120 °С, их можно дозировать в сухие цементно-песчаные смеси непосредственно в условиях цементного производства.

Модифицированный данным образом плиточный клей после сухого выдерживания обладает прочностью при отрыве от бетона около 0,5 МПа, что соответствует нормативу ДИН 18 156 "Вещества для керамической облицовки по тонкослойной технологии" и существенно превышает этот показатель для "гарцовки". Плиточный клей такого класса выпускается и применяется для внутренних работ в сухих помещениях. Такой уровень модификации характерен также для выравнивающих штукатурок, кладочных клеев для ячеистого бетона, напольных стяжек и ряда других смесей.

Во многих случаях цементно-песчаному раствору необходимо придавать еще более высокую прочность при отрыве в сложных условиях эксплуатации. Для фасадных красок, штукатурок, шпаклевок и клеев, особенно работающих в цокольной области, для водоизолирующих масс, для самонивелирующихся полов, для эластичных плиточных клеев, для клеев и армирующих масс для пенополистирола применяются совместно и эфиры целлюлозы, и редуцируемые порошки (Компания ЕТС предлагает редуцирующие порошки Daigen, DCC, Taiwan). Последние производятся из синтетических дисперсий методом распылительной сушки. Не любой вид дисперсии пригоден для изготовления порошков. Важными характеристиками служат минимальная температура пленкообразования (МТП), размер частиц смолы, щелочестойкость, наличие или отсутствие пластификаторов. Чем ниже МТП, тем длиннее сезон использования сухих смесей. С некоторыми порошками можно изготавливать смеси и для зимних работ. Дозировка дисперсионных порошков составляет от 1 % и выше в зависимости от требований к сухой смеси и от потребительских возможностей рынка стройматериалов, т.к. при повышенном уровне модификации химические добавки становятся **ценоопределяющими**. Замес сухих смесей на основе цемента, содержащих термопластичный полимерный порошок, рекомендуется производить при температуре не выше + 40 °С.

При затворении сухой смеси в воде редуцируемый порошок превращается в клеевую полимерную дисперсию, которая при отверждении раствора создает "резиновые мостики" в его порах и на границе с основой. Они имеют прочность при разрыве не менее 5 МПа и эластично армируют цементный камень. С помощью дисперсионных порошков сухим смесям придаются и некоторые специальные свойства, например разжижающие, гидрофобизирующие.

Для получения гибких и особо трещиностойких материалов применяют так называемые двухкомпонентные системы, а именно: заранее приготовленную модифицированную цементную смесь затворяют не в воде, а в разбавленной полимерной дисперсии. Полимерные дисперсии находят широчайшее применение и как самостоятельное вяжущее (связующее) в производстве лаков, красок и стройматериалов.

Воднодисперсионные материалы успешно вытесняют продукцию на основе органических растворителей, являясь физиологически и экологически более безопасными. В свою очередь, полимермодифицированные сухие смеси позволяют оптимально сочетать полезные свойства как минеральных, так и органических вяжущих.

Ряд рецептур модифицированных смесей включает в себя и другие химические добавки, например порообразователи, диспергаторы и т.д.; их также предоставляет компания ЕТС. При технических консультациях нашим заказчикам мы рекомендуем по возможности полнее использовать отечественное сырье, в этом случае производство сухих смесей наиболее рентабельно и конкурентоспособно.

Наиболее активны изготовители прогрессивных смесей в Москве, Минске, Новосибирске, Киеве, Санкт-Петербурге и Алматы. Особенно следует отметить опыт Беларуси, где отечественное производство развивается как за счет инициативы предпринимателей, так и благодаря государственной поддержке. В последние годы Беларусь лидирует в СНГ по выпуску модифицированных сухих смесей на душу населения.

Применение прогрессивных сухих смесей в строительстве в сочетании с передовыми технологиями обеспечивает значительный прирост качества и производительности работ, снижает затраты на строительство, ремонт и эксплуатацию объектов. Интеграция промышленности стройматериалов стран СНГ в мировое сообщество, в частности использование продукции признанных в мире производителей химических добавок, позволяет преодолевать имевшее место отставание и развивать производство продукции самого высокого уровня качества.

Способы оптимизации составов сухих строительных смесей

Конкурентоспособность и возможность достигать желаемой прибыли зависят от себестоимости продукции.

Модифицированные с.с.с. значительно дороже «гарцовки». Доля стоимости химических добавок в простых рецептурах (например, в плиточных клеях для внутренних работ) составляет более 80 %, а в сложных доходит до 97 %. Поэтому стремление экономить на минеральных компонентах ошибочно. Наоборот, минеральный состав должен быть

подобран таким образом, чтобы расход химических добавок был минимальным. Любой универсальный продукт дороже специализированного. Использование модифицированных с.с.с. не по назначению (например, выравнивание стен плиточным клеем) ведет к необоснованному удорожанию строительных работ.

Модификация сухих смесей.

Необходимость модификации объясняется теми свойствами, которые придают строительным растворам химические добавки, поставляемые фирмой ЕТС-Киев в сочетании с цементом или гипсом. Существует несколько уровней модификации.

Первый (нормальный) уровень: с применением этилгидроксиэтилцеллюлозы Vermocoll CCA или метилэтилгидроксиэтилцеллюлозы Vermocoll ML.

- ✓ Отверждение цемента и гипса происходит по механизму гидратации, но при тонкослойном нанесении растворов вода быстро уходит в основу или испаряется. Водоудерживающие эфиры целлюлозы Бермоколл обеспечивают полноту гидратации минеральных вяжущих. Их дозировка составляет несколько десятых долей % от веса сухой смеси. Собственное водоудержание минеральной композиции должно составлять не менее 65 – 70 %, это позволяет экономить Бермоколл. По российскому ГОСТу 28013-89 водоудерживающая способность растворов должна быть не менее 90 % в зимних условиях и не менее 95 % в летних условиях.
- ✓ Расход Бермоколла зависит от планируемой толщины нанесения раствора. При толстослойном нанесении передозировка опасна, т.к. возможен «эффект карамели», когда поверхность затвердела нормально, а внутри остается мягкий раствор. При недостатке Бермоколла повышается риск образования трещин.

Второй (повышенный) уровень: с применением эфиров целлюлозы Бермоколл для вышеназванных целей, а также дополнительно дисперсионных порошков Dairen, дозируемых в количестве от одного до нескольких %%. В сложных по составу с.с.с. дисперсионный порошок является, как правило, **основным ценообразующим компонентом.**

- ✓ Минеральные вяжущие обеспечивают высокую прочность при сжатии, но не могут работать на растяжение и на изгиб. Полимерные вяжущие Дайрен создают в порах цементного камня эластичные пленки, поэтому модифицированные ими стройматериалы выдерживают большие деформирующие нагрузки, имеют повышенную стойкость против истирания.
- ✓ Растворы на минеральных вяжущих имеют адгезию только к "родственным" материалам, например, к бетону и кирпичу, но плохо приклеиваются к сложным основам, особенно к невпитывающим воду – глазурованной керамике, пластикам, металлам, пенополистиролу

и т.п. Повышенная адгезия необходима и для наружных работ. Полимеры Дайрен в строительных растворах работают как клей.

- ✓ Минеральные стройматериалы гидрофильны, это снижает их морозостойкость и долговечность. Модификация органическими добавками позволяет снизить водопоглощение и отрегулировать паропроницаемость, уменьшить риск высолов. С помощью специальных добавок можно придать растворам и другие необходимые свойства, например пористость, тиксотропность, разжижающий эффект и т.д., как при первом, так и при втором уровне модификации.

Выбор наполнителей.

Совокупность некоторых требований к наполнителям заложена в ряде нормативных документов, прежде всего в российском ГОСТе 28013-89 «Растворы строительные. Общие технические условия». Германский ДИН 18 557 «Растворы заводского изготовления. Производство, контроль и поставка» устанавливает, что для выбора исходных материалов определяющими являются нормы по готовой продукции. Производитель выбирает сырье таким образом, чтобы гарантировать свойства растворов, требуемые для соответствующего их применения.

При производстве сухих смесей **необходимо соблюдать стандарты по наполнителям**, в частности: песок – ГОСТ 8736, песок из шлаков тепловых электростанций – ГОСТ 26644, зола-унос – ГОСТ 25818, кварц молотый – ГОСТ 9077, песок формовочный – ГОСТ 2138, мел природный обогащенный – ГОСТ 12085, крошка из кирпича – ГОСТ 530, крошка из ячеистобетонных изделий – ГОСТ 21520 и др., а также требования ГОСТ 23732 к воде для затворения растворных смесей.

Качество сухих смесей зависит как от химических добавок, так и от правильного подбора минеральных компонентов. При составлении рецептур необходимо анализировать процессы, которые произойдут при затворении смеси и последующем превращении раствора в отвердевший материал заданного назначения.

Наиболее важные свойства наполнителей:

Минеральный состав, примеси, влажность.

Наполнители должны содержать как можно меньше примесей, ухудшающих адгезию раствора, например доля глины 1 – 1,5 % в песке может снизить адгезию плиточного клея в 2 раза.

Некоторые активные составляющие могут исказить механизм гидратации и твердения цемента, привести к неуправляемому изменению усадки или расширения, а также к коагуляции поливинилового спирта, который применяется как антикоагулянт для большинства редиспергируемых порошков Дайрен.

Водорастворимые компоненты, особенно электролиты, могут значительно снизить температуру коагуляции эфиров целлюлозы, т.е. раствор не будет содержать водоудерживающей добавки при нанесении его на теплые стены. Водорастворимые компоненты увеличивают риск высолов.

Гидрофильные составляющие увеличивают необходимое В:Ц-отношение, что снижает прочность и ведет к образованию трещин. Гидрофильные составляющие уменьшают морозостойкость материала.

Влажность наполнителей должна быть не более 0,5 % (ГОСТ 28013-89 и новый СП 82-101-98 устанавливают показатель влажности с.с.с. на уровне 0,1 %, но это, на наш взгляд, избыточное требование).

Твердость наполнителей.

Для различных растворов характерны различные требования по твердости, жесткости, прочности на сжатие. Они определяются свойствами как цемента, так и наполнителей.

Пористость наполнителей для некоторых видов смесей необходима, однако следует иметь в виду, что она увеличивает не только паропроницаемость, но и капиллярное водопоглощение. Небольшая добавка гидрофильного наполнителя, например, вспученного перлита, хотя и повышает В:Ц-отношение, но может принести и пользу - увеличить открытое время.

Ситовая характеристика наполнителей.

Вместо показателя модуль крупности рекомендуется пользоваться гранулометрическими диаграммами, причем рассев наполнителей в лаборатории производить начиная с самых мелких сит по ГОСТ 6613, а при необходимости для самых тонких фракций применять измерительные приборы.

Оптимальной является такая ситовая характеристика наполнителя, при которой обеспечивается плотная упаковка при сохранении паропроницаемости и при которой доли различных фракций примерно равны. В этом случае достигаются максимальные механические показатели, например усилие при отрыве, при минимальном расходе химических добавок.

Большинство растворов для тонкослойного нанесения содержит зерна крупностью до 0,6 мм. Более крупные размеры зерна применяются или при толстослойном нанесении, или для декоративных целей. Размер частиц до 0,1 мм характерен для таких гладких растворов, как шпаклевки и расшивочные массы.

Чем тоньше наполнитель, тем больше его удельная поверхность. Следовательно, для достижения требуемой пластичности (подвижности) раствору с более тонкими наполнителями требуется больше воды. Отклонение от оптимального В:Ц-отношения

ухудшает прочность, ведет к образованию трещин. Большая удельная поверхность наполнителя требует повышенного расхода как минерального, так и полимерного вяжущего.

Как правило, отмытые речные, барханные и карьерные пески обогащены частицами класса крупности 0,2 – 0,3 мм. Если не восполнить недостающие более мелкие и более крупные фракции, то останется много пустот, раствор не будет иметь достаточной фиксирующей способности.

Тонкие составляющие.

Твердение цементной матрицы является решающим процессом для достижения механических показателей. Образование кристаллов из цементного геля происходит в области до 30 мкм. Поверхность границы фаз между цементным камнем и наполнителем имеет относительно более высокую пористость, чем сам цементный камень, эта зона также обогащена портландитом и эттрингитом. Это снижает прочность отвердевшего раствора.

Если раствор обеднен частицами наполнителя класса крупности 30 – 100 мкм, то цементный гель частично создает не кристаллические, а аморфные, рыхлые образования, не сравнимые по прочности с цементным камнем.

Если для заполнения пустот в зоне < 100 мкм вводится слишком тонкий наполнитель, например, мел, пылевидные материалы типа золы и т.п., то он создает конкуренцию цементу, мешает расти его прочным кристаллам. Добавка мела крупностью < 30 мкм в раствор настолько снижает прочность твердеющего раствора, что расход дисперсионного порошка приходится увеличивать в 2 – 3 раза.

Для восполнения недостающего количества наполнителя фракции < 100 мкм оптимальной является добавка моршалита, мраморной или известняковой муки. Для таких тонких смесей, как шпаклевочные и расшивочные, они могут служить основным или даже единственным наполнителем.

Крупные фракции.

ГОСТ 28013-89 «Растворы строительные. Общие технические условия» устанавливает предельные размеры зерен: в штукатурках 2,5 мм и в отделочных материалах 1,25 мм.

Форма самого крупного зерна наполнителя важна для декоративно-отделочных материалов, как правило она круглая, его гидрофильность в случае применения таких смесей недопустима. Для цветных штукатурок ГОСТ 28013 допускает применение крошки размером до 5 мм.

Одним из признаков правильно подобранного состава наполнителей является минимально возможное В:Ц-отношение, что позволяет при оптимальных механических свойствах экономить как цемент, так и химические добавки.

Минеральные вяжущие.

С.с.с. изготавливают с портландцементом (серым и белым), глиноземистым цементом, β -полугидратным гипсом, ангидритом, гашеной известью. Возможны комбинации минеральных вяжущих, но совместное использование цемента и гипса ограничено. Т.к. в основном применяется портландцемент, то приведем несколько замечаний по его свойствам и поведению после затворения.

Прочность, плотность (водонепроницаемость) и долговечность – важнейшие показатели отвердевшего цементного камня. Если наполнители не пористые, имеют достаточную прочность и плотную упаковку, то прочность и плотность минеральной композиции зависят только от свойств цемента. В:Ц-отношение, степень гидратации и воздействие окружающей среды определяют эти показатели.

Решающее значение имеет объем пор, возникающих при гидратации цемента. Например, при В:Ц = 0,50 он составляет 40 – 45 %, но низкая водопроницаемость цементного камня объясняется тем, что большая часть пор имеет размер менее 10 нм. В них вода действует как герметик.

Количество воды для затворения чаще всего больше, чем требуется для гидратации. При полной гидратации химически связанная вода и вода, находящаяся в гелеобразном состоянии, составляют около 38 % от массы цемента, что соответствует В:Ц = 0,38. Если эта величина больше, начинается образование капиллярных пор, бороться с которыми придется с помощью химических добавок. Увеличение В:Ц-отношения резко снижает прочность на сжатие цементного камня.

Продукты гидратации портландцемента имеют меньший объем, чем смесь цемента с водой. За счет сил адсорбции вода в цементном камне имеет плотность от 1,10 до 1,25 г/см³. Поведение воды, образование этtringита и ряд других факторов определяют усадку или расширение цементного камня. Усадку цемента необходимо компенсировать, особенно в таких смесях, как наливные полы. Усадка зависит и от климатических условий при твердении цементного камня.

Выбор химических добавок.

Качество с.с.с. определяется правильным подбором и взаимной гармонизацией всех составляющих. При выборе химических добавок к оптимально составленной минеральной композиции должны быть заданы количественные показатели, которые планируется достичь. Вначале исходят из того, что каждая добавка отвечает только за один показатель. Совместное действие добавок и побочные эффекты учитываются позднее, при детальной отработке рецептур.

Эфиры целлюлозы и крахмала Vermocoll и Starpol 136.

КМЦ и МЦ применяются для клеев и как загустители для нещелочных систем, МГЭЦ и ГЭЦ как водоудерживающие и загущающие добавки для щелочных систем. Важные характеристики:

- водоудержание,
- загущающее действие, вязкость (зависимость водоудержания, адгезии, структурная вязкость: связь вязкости целлюлозы и вязкости растворов при различных усилиях сдвига),
- зависимость загущающего действия от температуры и наличия электролитов,
- тип и степень этерификации,
- модификация (нужна прежде всего для придания тиксотропии и фиксирующих свойств для растворов, наносимых на вертикальные поверхности),
- скорость и полнота растворения,
- ситовой состав.

Полимерные вяжущие – порошки Dairen.

Редиспергируемый порошок ПВА применяется как клей только для нещелочных систем в теплых условиях. Сополимерные дисперсии и редиспергируемые порошки на их основе – полимерные вяжущие для цементных смесей или самостоятельные вяжущие. Следует учитывать наличие ПВС как антикоагулянта. Антиблокирующей добавкой служит природный каолин.

Важные характеристики редиспергируемых порошков:

- адгезия,
- щелочестойкость, совместимость с цементом,
- минимальная температура пленкообразования и температура стеклования,
- модификация,
- скорость и полнота редиспергирования,
- наличие или отсутствие пластификатора.

Другие химические добавки.

Поробразователи, диспергаторы, антивспениватели, замедлители или ускорители схватывания, гидрофобизаторы, разжижители, волокна, аэросил. Возможность применения асбеста.

Цементсодержащие сухие смеси для зимних работ

Следующий важный фактор, который позволяет оптимизировать составы является производство различных сухих смесей предназначенных для использования в зимнее и в летнее время, т.е. необходимо учитывать временные параметры и это надо отражать в сроках использования напечатанных на этикетке .

Принципиальная возможность применения простых смесей цемента с песком в зимний период обуславливается в основном снижением точки замерзания воды (за счет соответствующих противоморозных добавок), а также проблемой медленного либо совсем отсутствующего схватывания цемента при температурах ниже минус 5 °С (необходимы добавки ускорителей схватывания или глиноземистых цементов, а возможно даже добавки, способные карбонизировать гидроксид кальция, например трасс). Замедленные реакции искажают механизм гидратации цемента и практически неизбежно приводят к последующему появлению высолов. Классические высолы возникают из-за гидроокисей щелочных и щелочноземельных металлов и дополнительно из-за солей, содержащихся в противоморозных добавках. Кроме того, немодифицированные смеси можно использовать только в толстых слоях, т.е. в случаях кладки на тонкий слой раствора (например, блоков из ячеистого бетона с низкой теплопроводностью) или тонкослойных клеев и штукатурок они не пригодны. Настоятельно рекомендуется никогда не применять содержащие противоморозные добавки продукты там, где высолы недопустимы по техническим или оптическим соображениям.

Одной из самых важных характеристик полимерных вяжущих является минимальная температура пленкообразования (МТП), которая показывает, начиная с какой температуры можно применять содержащие их растворы. Так, МТП простого клея ПВА, содержащего коалесцирующие добавки, составляет около + 15 °С, т.е. при более низких температурах без дополнительных мер пленки в цементном растворе не образуются, клей не работает как вяжущее. Фирма Дайрен в основном выпускает диспергируемые порошки Дайрен с МТП выше 0 °С, поэтому с некоторым запасом мы можем рекомендовать штукатурить, шпаклевать, наливать полы и т.п. при температурах от + 5 °С, если сухая смесь содержит порошок Дайрен с МТП = 0 °С. При низких температурах полимерное вяжущее в состоянии

взять на себя упрочнение системы в заметно меньшей степени, нежели это происходит при нормальных температурах благодаря водоотдаче и быстрому полному образованию пленки.

При сравнении преимуществ и недостатков различных добавок, рекомендуемых для понижения температуры замерзания цементсодержащих растворов (противоморозных добавок), можно рассмотреть следующие четыре состава:

В и С - с нитритом натрия (в количестве 6 % и 3 % на сухую смесь),

Д - с нитритом натрия в комбинации с ускорителем отверждения формиатом кальция,

Е - с нитритом натрия в комбинации с мочевиной.

Приведены результаты испытаний на стандартной рецептуре сухой смеси, содержащей в качестве компонентов портландцемент, небольшое количество гидроокиси кальция, кварцевый песок, карбонат кальция (мел марки Durcal 65 со средним размером частиц 65 мкм), эфир целлюлозы средней вязкости. Эксперименты проводились после выдерживания образцов при комнатной температуре, чтобы оценить влияние противоморозных добавок на свойства смеси при этой температуре. Вторая серия опытов по затворению сухих смесей была поставлена при минус 10 °С, исследование образцов проводилось также при минус 10 °С, чтобы оценить свойства при этой температуре.

Краткие выводы по результатам опытов (см. таблицы):

С добавкой 6 % нитрита натрия возможна работа до минус 15 °С; с 3 % нитрита натрия и другими добавками (D и E) до примерно минус 10 °С.

Испытания и выдерживания при комнатной температуре: добавка 6 % нитрита натрия отчетливо ухудшает прочность на отрыв и замедляет схватывание. Заметно лучше в этом смысле ведут себя составы С, D и E. Показатели прочности на сжатие и прочности на растяжение при изгибе практически не претерпевают изменений после введения противоморозных добавок. Добавка формиата кальция рекомендуется для ускорения схватывания раствора.

Испытания и выдерживания при минус 10 °С: практически нет снижения коэффициентов прочности на отрыв. Показатели прочности на сжатие и на растяжение при изгибе, естественно, заметно ниже по сравнению с испытаниями при комнатной температуре.

Несмотря на то, что представленные результаты в целом положительны, по вышеуказанным соображениям не рекомендуется использовать продукты строительной химии при температурах ниже + 5 °С. Переработка модифицированных полимерами смесей при более низких температурах возможна только на свой страх и риск.

Предлагаемые результаты можно применить на практике только в тех случаях, при которых описанные побочные эффекты типа высолов не имеют значения, например, для

кладочных растворов, если стены впоследствии будут оштукатурены. Испытания механической прочности модифицированных противоморозными добавками растворов должны проводиться и по истечении достаточно большого периода времени, чтобы оценить их долговечность.

Рецептура раствора с противоморозными добавками:

2000	Durcal 65
4300	Кварцевый песок
250	Дисперсионный порошок
30	Метилцеллюлоза
3200	Портландцемент
400	Гидроокись кальция

Количество воды для замеса: 26,0 г / 100 г сухой смеси.

Таблица 1: Выдерживания и измерения при комнатной температуре

	A	B	C	D	E
Противоморозные добавки	Без	6%	3%	3 %	3 %
к сухой смеси в воде для затворения	добавок	нитрит Na	нитрит Na	нитрит Na +2 % формиаг	нитрит Na + 3 % мочевина
Перерабатываемость - свойства раствора	Хорошая: мягкий и пластичный, тиксотропный	Вспенивает, высолы	Большие воздушные пузыри, немного прочнее чем A	Похож на B	Очень мягкий
Замечание				Ca	
Прочность на отрыв (кг/см ²)				Медленное схватывание	
от бетонной плиты после выдерживания	9,8 ± 0,8	3,2 ± 1,0	12,4 ± 0,9	8,8 ± 0,7	11,9 ± 0,8
28д. ¹⁾ НК ²⁾	K ³⁾ 6,1 ±	A ⁴⁾ 1,1 ±	K 5,2 ±	K 5.4 ±	K 5,4 ±
7 д. НК + 21 д. в воде	0,8 A 2,4	0,3 A	0,9 A 1,9	0,7 A 1,3	0,6 A 1,8

14д. НК+14д. 70"С+ 1 д.НК	± 0,4 А	н.п.и. ⁵⁾	± 0,6 А	± 0,3 А	± 0,6 А
Замораживание / оттаивание	7,6 ± 0,6	0,7 ± 0,1	4,3 ± 1,3	4,5 ± 1,1	5,0 ± 1,2
	А	А	А	А	А
Открытое время					
при прочности на отрыв					
(кг/см ²) после выдерживания					
10 мин	5,2 ± 0,9	1,1 ± 0,4	6,5 ± 0,8	6,1 ± 0,6	9,8 ± 1,5
20 мин	А 2,7 ±	А н.п.и.	А 3,0 ±	А	А 6,3 ±
30 мин	0,3 А 1,7	отв. ⁶⁾	0,4 А	2,5 ± 0,9	0,6 А 4,9
40 мин	± 0,4 А	отв.	1,1 ± 0,4 А	А	± 0,6 А
	н.п.и.		н.п.и.	н.п.и.	3,6 ± 0,6
				отв.	А
Прочность на сжатие					
(кг/см ²) после 28 д. НК					
	115,7 ±	127,1 ±	105,4 ±	114,2 ±	78,0 ± 2,1
	3,1	3,6	3,7	3,2	
Прочность на растяжение					
при изгибе (кг/см ²) после 28					
д. НК					
Усадка (-) / набухание (+)					
(мм/м) призмы 16х4х4 см					
Выдерж. 1 день НК	-0,027	-0,000	-0,008	-0,010	-0,010
Выдерж. 7 дней НК	-0,840	-0,135	-0,690	-0,731	-0,313
Выдерж. 14 дней НК	-1,296	-0,338	-1,404	-1,256	-0,538
Выдерж. 21 день НК	-1,496	-0,596	-1,871	-1,579	-0,700
Выдерж. 28 дней НК	-1,523	-0,698	-1,942	-1,610	-0,654
Схватывание согласно					
термической кривой					
Максимальное время					
схватывания (мин)					
Температурный максимум	624	794	664	407	903
(°С)	38,02	38,22	38,92	37,45	36,73
Схватывание по Вика					
Начало / конец схватывания	375 / 525	450 / 570	480 / 585	315 / 435	525 / 660
(мин)					

Таблица 2: Выдерживания и измерения при - 10 °С

А В С D Е

Противоморозные добавки к сухой смеси в воде для затворения	Без добавок	6% нитрит Na	3% нитрит Na	3 % нитрит Na +2 % формиат Ca	3 % нитрит Na + 3 % мочевины
--	-------------	--------------	--------------	-------------------------------	------------------------------

Температура

замерзания воды затворения				частично замерзши	частично замерзши
- 20 °С	-	рассыпч. ⁷⁾	замерзши й	замерзши й	замерзши й
- 15 °С	-	рассыпч.	рассыпч.	рассыпч.	рассыпч.
- 10 °С	-	жидкий	частично замерзши й	рассыпч.	жидкость + кристаллы

Прочность на отрыв

(кг/см²)

от бетонной плиты после

выдерживания	-	7,6 ± 0,8	9,9 ± 1,5	9,4 ± 0,6	7,4 ± 0,8
28д. НК при -10 °С		A	A	A	A

Прочность на сжатие

(кг/см ²) после 28 д. НК при -10 °С	-	36,7 ± 1,2	57,0 ± 1,9	41,9 ± 2,9	35,1 ± 0,8
---	---	------------	------------	------------	------------

Прочность на растяжение

при изгибе (кг/см²)

после 28 д. НК при -10 °С	-	17,9 ± 0,4	20,8 ± 1,0	16,5 ± 2,3	18,4 ± 0,2
---------------------------	---	------------	------------	------------	------------

Примечания:

- 1) дней
- 2) нормальный климат
- 3) когезионный отрыв
- 4) адгезионный отрыв
- 5) ниже пределов измерения
- 6) отваливается
- 7) рассыпчатый

ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ СМЕСИ

Надежность эксплуатации строительных объектов во многом зависит от их гидроизоляции. Разрушающее действие воды происходит в основном при переходе температуры через точки росы и кристаллизации.

Вода проникает в строительные конструкции несколькими путями.

1. Основным источником попадания воды в незащищенную конструкцию являются атмосферные осадки. Особый случай – это поверхности, непосредственно контактирующие с водой, например, стенки бассейнов, каналов, резервуаров и т.п. Эксплуатация гидротехнических сооружений без изоляции вообще невозможна.

2. При недостаточной изоляции между фундаментом и стеной неизбежен капиллярный подъем грунтовых вод. Его интенсивность определяется впитывающей способностью стройматериалов. Для простоты расчета в зависимости от радиуса капилляров можно принять, что капилляры имеют вид стеклянных трубок. Для воды при нормальных атмосферных условиях упрощенная формула выглядит следующим образом:

$$h = 0,149 : r$$

где h – высота подъема в м

r – радиус капилляра в м.

3. При температуре ниже точки росы в строительной конструкции происходит конденсация атмосферного водяного пара.

4. В очень тонких капиллярах (менее 50 нм) может происходить капиллярная конденсация, т.е. здесь создается повышенное давление водяного пара, и он превращается в жидкую воду, несмотря на то, что в окружающей атмосфере относительная влажность меньше 100 %.

5. Дополнительную влагу впитывают стройматериалы, содержащие соли с гигроскопическими свойствами. Т.к. стройматериалы по своему объему могут иметь зоны с различным содержанием таких солей, то из-за осмотического давления происходит миграция влаги. Можно представить себе явление осмоса как стремление солевого раствора к саморазбавлению. Вследствие этого происходит выравнивание концентрации солей во влажном стройматериале и дополнительное его увлажнение.

Задачей гидроизоляционных материалов на основе цементсодержащих сухих смесей является создание преграды для воды как в жидком, так и в газообразном агрегатном

состоянии. Растворы из таких смесей наносят в два приема слоем толщиной 2 – 3 мм на подготовленные поверхности с любым, сколь угодно сложным рельефом.

Просачивание воды происходит через поры. Молекулу воды можно рассматривать примерно как шарик диаметром 0,3 нм. Пористость является неотъемлемым свойством любого цементного камня. Так, при ВЦ = 0,50 объем пор размерами от 1 нм до 1 мм составляет 46 % объема цементного камня. Чем выше ВЦ, тем в большем количестве и большего объема образуются поры. Происхождение и размеры пор подразделяются следующим образом:

Гелевые поры: 1 – 10 нм.

Они возникают при образовании цементного геля. При нормальных условиях они заполнены жидкостью очень высокой плотности и непроницаемы даже для газов.

Усадочные поры: около 10 нм.

Они образуются из-за того, что объем исходных цемента и воды больше, чем объем продуктов гидратации.

Капиллярные поры: 10 нм – 100 мкм.

Они обусловлены избытком воды, примененной для затворения цемента, т.е. той частью воды, которая не израсходовалась для гидратации и не связана физически в гелевых порах. Теоретически при ВЦ = 0,36 – 0,38 и при полной гидратации не должно возникать капиллярных пор. Обычно такие поры представляют из себя пустоты неупорядоченной формы, через них происходит перенос жидкой фазы в цементном камне.

Воздушные поры: 1 мкм – 1 мм.

Это наиболее крупные поры, встречающиеся в цементном камне, часть из них видна невооруженным глазом. Обычно они шарообразные, возникают при затворении цементной смеси в воде и частично удаляются с помощью антивспенивающих добавок. Следует иметь в виду, что дисперсионные порошки тоже могут обуславливать появление воздушных пор.

Поры, вызванные недостаточным уплотнением: более 1 мм.

Они имеют неправильную форму, возникают из-за нарушения технологии гидроизоляционных работ.

Количество гелевых пор в миллионы раз больше, чем воздушных. При составлении рецептов гидроизоляционных смесей необходимо сводить к минимуму ВЦ, тем самым уменьшая количество капиллярных пор, и применять антивспениватели для удаления воздушных пор.

Проводниками воды могут служить трещины в отвердевшем растворе. Их основными причинами служат внутренние напряжения, возникающие из-за усадки портландцемента (об этом подробнее в разделе 7.6), из-за неравномерной гидратации цемента по толщине слоя

гидроизоляции, а также из-за неправильного подбора наполнителей. Такие внешние факторы, как нестабильность метеорологических условий при твердении цемента, деформация основы тоже повышают риск образования трещин в гидроизоляции.

Разумеется, цементы должны содержать минимум компонентов, которые при гидратации цемента и его твердении превратятся в водорастворимые соединения.

Кроме свойств цемента, решающую роль для достижения герметичности играют инертные наполнители. Важен не только минералогический и фракционный состав, но и конфигурация частиц наполнителей, в том числе отсутствие в них капиллярных пор.

Наполнители не должны содержать водорастворимых компонентов, например, солей щелочных металлов или магния. Их наличие повышает гидрофильность раствора, ведет к росту ВЦ. При контакте отвердевшей гидроизоляции с водой происходит вымывание растворимых веществ, что открывает путь воде. При выборе наполнителей рекомендуется проверять их водопоглощение и растворимость в воде, как нейтральной, так и подщелоченной. Последнее существенно, если наполнители содержат хоть и инертные в нейтральной среде, но кислые составляющие, которые могут вступить в реакцию нейтрализации со щелочным цементным раствором.

Инертные наполнители не должны содержать компонентов, меняющихся в объеме при контакте с водой, например, набухающих в воде. Исключением являются те виды гидроизоляционных смесей, в которые умышленно вводится небольшое количество расширяющегося материала, например, бентонитовой глины. Ее задача – кольматация образовавшихся пор без изменения объема цементного камня, что создает дополнительную преграду воде.

Ситовые характеристики инертных наполнителей должны обеспечивать возможно более плотную упаковку. Наиболее распространенным наполнителем является отмытый кварцевый песок крупностью до 0,3 – 0,4 мм. Его фракционный состав должен быть как можно более равномерным, т.е. частные остатки по фракциям, кратным десятым долям мм, должны быть примерно одинаковыми. Если отсутствует фракция тоньше 0,1 мм, то этот недостаток компенсируют добавкой мраморной или известняковой муки. Полезен ввод наполнителей пластинчатой формы, например, молотой слюды, и линейной формы, например, волокон целлюлозы. Последние дополнительно армируют массу, уменьшая риск образования трещин. Для решения специальных задач могут применяться и другие наполнители. Например, трассовая мука (горная порода группы вулканических туфов), содержащая легкорастворимую кремниевую кислоту, придает цементу способность твердеть под водой.

Гидроизолирующие смеси должны содержать достаточно большое количество вяжущих – как цемента, так и полимеров, т.к. они выполняют дополнительную задачу – изолируют капиллярные поры. Соотношение цемента и полимерного вяжущего определяет жесткость конечного продукта. Чем больше доля цемента, тем тверже и жестче гидроизоляционное покрытие, хотя при этом повышается морозостойкость. С увеличением количества дисперсионного порошка увеличивается эластичность, но до определенного предела – до 5 – 8 % к весу сухой смеси. При большей дозировке начинает сказываться жесткость пленки поливинилового спирта, применяемого в порошках в качестве антикоагулянта. Действительно эластичные покрытия можно создать, если использовать двухкомпонентную систему. Первый компонент, цементсодержащая сухая смесь со всеми добавками, затворяется на стройплощадке во втором компоненте – разбавленной полимерной дисперсии.

Из химических компонентов, используемых в рецептурах гидроизолирующих смесей, важную роль играют эфиры целлюлозы, эфиры крахмала, антивспениватели, тиксотропирующие или разжижающие добавки (в зависимости от того, вертикальная или горизонтальная поверхность должна быть заизолирована), замедлители или ускорители твердения. Разжижающие добавки применяют и для снижения ВЦ, что несколько уменьшает фиксирующую способность раствора, но способствует повышению механической прочности. Если гидроизолирующий материал должен длительное время или непрерывно находиться в контакте с водой, то необходимо использовать гидрофобизирующие добавки, например, комбинацию олеата натрия со стеаратом цинка, кальция или магния.

Примерные рецептуры простых одно- и двухкомпонентных гидроизоляционных смесей с относительно небольшим количеством цемента могут выглядеть следующим образом:

Однокомпонентная гидроизолирующая смесь (эластичная).

Смесь минеральных компонентов	Весовые части
Портландцемент	15
Кварцевый песок 0,1 – 0,4 мм	45 – 60
Добавки	
Метилгидроксиэтилцеллюлоза	0,05 – 0,1
Дисперсионный порошок	25 – 40
Антивспениватель (порошок)	0,15 – 0,25

Герметизирующая смесь для внутренних работ может использоваться и как альтернатива герметикам для плитки.

Двухкомпонентная гидроизолирующая смесь (эластичная).

Смесь минеральных компонентов	Весовые части
Портландцемент (марки не ниже 500)	25 – 30
Кварцевый песок 0,1 – 0,3 мм	60 – 65
Трассовая мука < 0,1 мм	5 – 10
Добавки	
Метилгидроксиэтилцеллюлоза	0,1 – 0,12
Суперразжижитель	1 – 1,5
Гидрофобизатор (стеарат / олеат)	0,15 – 0,2

1-ый компонент (сухая смесь) = вышеприведенная рецептура.

2-ой компонент (жидкость) = дисперсия, например, акрилатная.

Смешение: 4 части 1-го компонента с 1 – 2 частями 2-го компонента, вода до получения требуемой консистенции.

Приведенные рецептуры дают представление о простейших видах гидроизоляционных смесей. Для повышения качества рекомендуется введение дополнительных добавок:

- Глиноземистый цемент для компенсации усадки портландцемента,
- Наполнители пластинчатой и линейной конфигурации для уплотнения упаковки твердых частиц,
- Эфир крахмала для уменьшения липкости массы к инструменту,
- Диспергатор, если масса склонна к комкованию при затворении в воде.

Нормативные требования по качеству воднодисперсионных гидроизоляционных смесей на цементно-полимерной основе отсутствуют. Поэтому изготовители вправе закладывать в технические условия собственные параметры, которые отвечали бы техническим потребностям рынка. Для оценки качества и, частично, для оперативного выходного контроля можно порекомендовать определение следующих показателей гидроизоляционных смесей:

- Расход воды для затворения для достижения приемлемой консистенции,
- Водоудерживающие свойства, открытое время,
- Водопоглощение,
- Проницаемость для водяного пара,

- Гидроизолирующие свойства – давление столба воды, при котором через образец толщиной 2 мм вода не просачивается в течение 1 суток,
- Адгезия к прогрунтованному бетонному основанию,
- Наличие остатка на сите, соответствующем максимально допустимому размеру зерна,
- Структура поверхности.

Выпускаемые в СНГ гидроизоляционные смеси позволяют создавать бесшовные покрытия, обеспечивающие водонепроницаемость при напоре до 70 м водяного столба.

Во второй части семинара мы познакомим Вас с ассортиментом добавок для ссс, которые предлагает компания ЕТС-Киев.