

УДК 693.95

**РАСТВОРЫ И БЕТОНЫ, МОДИФИЦИРОВАННЫЕ
ЛАТЕКСАМИ ВИНИЛОВОГО РЯДА**

Г.М. Кондрашов

*НОУ ДПО «Академия бизнеса и управления собственности»,
г. Волгоград*

Рецензент С.И. Дворецкий

Ключевые слова и фразы: модифицированные растворы и бетоны; обеспечение долговечности; предел прочности; химическая стойкость; эксплуатационная среда.

Аннотация: Бетон и железобетон на цементной основе сегодня – основные конструкционные материалы в строительстве. Введение водной дисперсии полимеров винилового ряда в состав бетонов и растворов на основе портландцемента позволяет значительно повысить их коррозионную стойкость, что способствует обеспечению проектной долговечности строительных конструкций и сооружений в целом.

Обеспечение долговечности в условиях агрессивной эксплуатационной среды – одно из наиболее актуальных и перспективных направлений в развитии современной строительной науки и практики во всем мире. Снижение долговечности изделий, – конструкций и материалов из бетона, сопровождается значительными экономическими потерями. Размер общего ущерба от коррозии в строительстве достигает до 7 % национального валового дохода и продолжает возрастать. Значительного сокращения затрат можно достичь правильным назначением защитных мероприятий на стадии проектирования, ремонтно-восстановительных и антикоррозионных работ. Повышение коррозионной стойкости бетона и железобетона обычно достигается применением специальных цементов, добавок, увеличением плотности бетона. В современном строительстве все большее значение приобретают композиции на основе водных дисперсий полимеров. Это обусловлено многочисленными достоинствами таких композиций – эко-

Кондрашов Г.М. – кандидат технических наук, профессор, ректор НОУ ДПО «Академия бизнеса и управления собственности», г. Волгоград.

номичностью, высокой технологичностью, отсутствием токсичности, пожаро- и взрывобезопасностью. Именно поэтому основой научно-исследовательских работ стали исследования по использованию в промышленности экологически безопасных технологий, обеспечивающих долговечность изделий из бетона в агрессивных средах. Известно, что химическая стойкость модифицированных растворов и бетонов зависит от природы полимеров, полимерцементного отношения и свойств агрессивных химических веществ. С точки зрения повышения коррозионной стойкости цементных систем наибольший интерес представляет изучение влияния добавки водной дисперсии полимера на химическую стойкость образующегося материала в различных агрессивных средах. Проведенные эксперименты показали, что удовлетворительной агрегативной стойкостью в цементных растворах обладает водная дисперсия ВДВХМК-65Е-ВДК, которая и использовалась в дальнейших исследованиях.

Основным критерием, определяющим свойства полимерцементов, является полимерцементное отношение (П/Ц), которое характеризует состав смешанного органо-минерального вяжущего. Качество и количество заполнителя определяются дополнительными требованиями к материалу. Для каждой формы полимерной добавки, в том числе и для исследуемой в настоящей работе, существует оптимальная величина П/Ц, при которой в модифицированных полимерами структурах растворов и бетонов заполнители связаны соматричной фазой (в которой гидратированная цементная и полимерная фазы взаимопроникли друг в друга). Особенности свойств модифицированных растворов и бетонов по сравнению с обычными обуславливаются наличием особой структуры. Применение модифицированных бетонов и растворов требует определения закономерностей влияния полимерцементного отношения на их технологические и физико-механические характеристики.

Известно, что изменение отношения П/Ц приводит к качественному изменению структуры полимерцемента. Проведенные исследования по определению содержания полимера, при котором обеспечивается максимальная химическая стойкость образующего материала, показали, что оптимальное полимерцементное соотношение для латекса ВДВХМК-65Е-ВДК находится в области 0,07...0,10. Именно при этом отношении П/Ц формируется оптимальная полимерцементная структура.

Исследование влияния П/Ц на воздухоовлечение показало, что модификация латексом ВДВХМК-65Е-ВДК растворов и бетонов приводит к увеличению воздухоовлечения по сравнению с обычными цементными растворами и бетонами в результате действия поверхностно-активных веществ, содержащихся в полимерных латексах в виде эмульгаторов и стабилизаторов, причем с увеличением полимерцементного отношения содержание воздуха в модифицированных растворах увеличивается быстрее, чем в не модифицированных. Данные, полученные при исследовании зависимости содержания воздуха в растворе, модифицированном ВДВХМК-65Е-ВДК, от полимерцементного отношения (рис. 1) свидетельствуют о том, что в области, соответствующей 7–10 %-ному содержанию полимера от массы цемента наблюдается снижение воздухоовлечения.

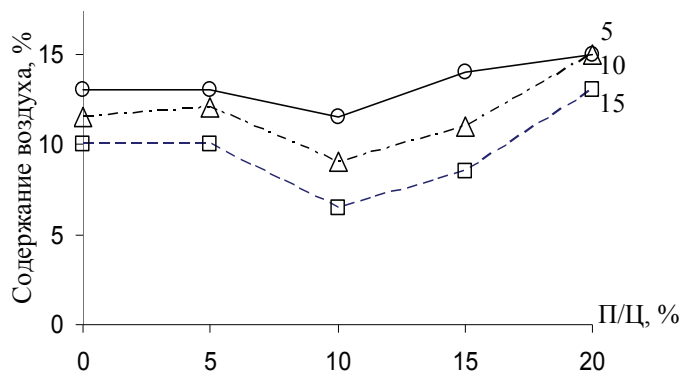


Рис. 1. Зависимость содержания воздуха в растворе, модифицированном ВДВХМК-65Е-ВДК, от полимерцементного отношения цемент : песок – 1 : 3 (на кривых указана осадка конуса в см)

Ранее уже отмечалось, что в этой области модифицированный цементный камень обладает наибольшей химической стойкостью. Таким образом, подтверждаются сделанные выводы о влиянии содержания полимера и характера пористости структуры модифицированных бетонов и растворов на его физико-химические и механические показатели. Установлена принципиальная возможность повышения долговечности цементных систем в агрессивных средах за счет их модификации химически стойким полимером водной дисперсии.

Некоторое воздухововлечение полезно для улучшения удобоукладываемости. Излишнее количество вовлеченного воздуха вызывает снижение прочности. При введении в цементно-песчаную смесь латекса ВДВХМК-65Е-ВДК количество вовлеченного воздуха составляло от 12 (при П/Ц 0,05) до 24 % (при П/Ц 0,15), что привело к снижению предела прочности при сжатии с 15,0 до 11,0 МПа. Применение пеногасителя ПМС-200 позволило значительно снизить воздухововлечение. В результате содержание воздуха в модифицированных растворах составило от 5 до 15 %, как в обычном цементном растворе. Исследования показали, что оптимальное содержание пеногасителя составляет 0,5...0,7 % от массы цемента. Увеличение содержания пеногасителя сверх оптимального приводит к снижению прочностных характеристик.

Подвижность модифицированных растворов повышается с увеличением отношений В/Ц и П/Ц. Это объясняется улучшенной консистенцией (вследствие эффекта шарикоподшипника) полимерных частиц, вовлеченного воздуха и диспергирующим эффектом поверхностно-активных веществ в латексах. Осадка конуса модифицированных бетонов имеет тенденцию к увеличению при повышении водоцементного и полимерцементного отношений. С увеличением содержания воды в полимерцементе повышается его подвижность. Эта тенденция возрастает при уменьшении содержания песка и увеличении количества цемента. На рис. 2 представлены результаты изучения влияния на подвижность полимерцементного и водоцементного отношения бетонов, модифицированных ВДВХМК-65Е-ВДК и их взаимосвязь.

Следует также отметить, что в отличие от обычных цементных растворов, модифицированные растворы в значительно меньшей степени вы-

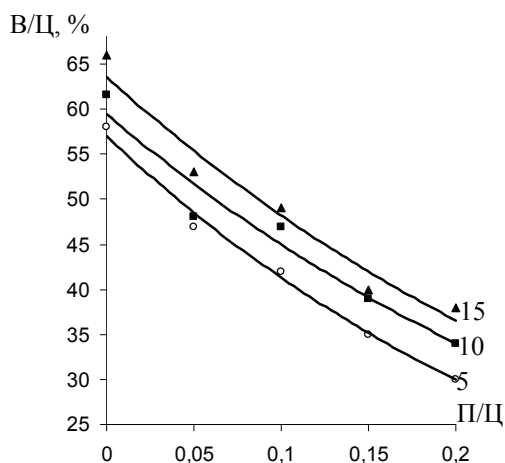


Рис. 2. Связь между полимерцементным и водоцементным отношением бетонов, модифицированных ВДВХМК-65Е-ВДК
(на кривых указана осадка конуса в см)

деляют цементное «молоко» и в них не наблюдается расслоения, несмотря на их повышенные характеристики пластичности. Соответственно, в модифицированных системах отсутствуют такие недостатки, как снижение прочности и водонепроницаемости, вызываемые расслоением.

Модифицированные растворы и бетоны обладают значительно большей водоудерживающей способностью по сравнению с обычным цементным раствором и бетоном. Испытания показали, что водоудерживающая способность в основном возрастает с увеличением полимерцементного отношения и становится близкой к постоянной при полимерцементном отношении около 10 %. Это объясняется гидрофильностью и коллоидными свойствами самих полимеров и замедлением испарения воды из-за изолирующего действия образующихся непроницаемых полимерных пленок. Соответственно, достаточное количество воды, требующейся для гидратации цемента, задерживается в растворе и бетоне, поэтому для большинства модифицированных систем более предпочтительно сухое выдерживание.

Требования к благоприятным условиям выдержки для модифицированного раствора и бетона отличаются от аналогичных требований для обычного цементного раствора и бетона, так как их вяжущее состоит из двух фаз – латекса и гидравлического цемента с различными свойствами. Оптимальная прочность в цементной фазе развивается во влажной среде – при погружении в воду и при высокой влажности, в то время как развитие прочности в латексной фазе достигается в сухой среде. Оптимальная прочность модифицированных растворов и бетонов достигается при достаточном количестве гидратированного цемента во влажных условиях в раннем возрасте с последующей выдержкой в сухом режиме для стимуляции образования полимерной пленки. Другими словами, такие условия выдержки являются наиболее подходящими или идеальными для большинства модифицированных растворов и бетонов. Исследования показали, что прочность при сжатии модифицированных бетонов становится почти постоянной в возрасте 180 суток. Основная причина заключается в

том, что гидратация цемента в модифицированных бетонах прогрессирует весь период сухой выдержки из-за высокой водоудерживающей способности, возникающей благодаря образованию полимерной пленки. Такое эффективное развитие прочности является преимуществом модифицированного бетона перед обычным цементным бетоном.

Схватывание модифицированных раствора и бетона в некоторой степени замедленно по сравнению с обычным цементным раствором и бетоном. Сроки схватывания замедляются при увеличении полимерцементного отношения, что не вызывает затруднений при практическом применении. В растворе, модифицированном латексом ВДВХМК-65Е-ВДК, начало и конец схватывания замедляется не более чем на 0,5–1,0 часа при варьировании П/Ц от 0,05 до 0,15. Замедленное схватывание происходит в результате адсорбции поверхностно-активных веществ на поверхности вяжущего.

Исследование зависимости предела прочности на сжатие от времени твердения модифицированных растворов при различном полимерцементном отношении (рис. 3) показало, что влияние замедления гидратации цемента на прочностные характеристики сказывается в возрасте до 3 суток. В дальнейшем прочностные характеристики модифицированных растворов (при П/Ц > 0,05) превышают прочностные характеристики немодифицированного раствора. Причем увеличение полимерцементного отношения приводит к увеличению прочностных характеристик. Очевидно, что полученные результаты связаны с повышением водоудерживающей способности растворов при более высоком содержании полимера. Высокая водоудерживающая способность модифицированных составов наиболее эффективна для замедления явления «высыхания» (замедление гидратации цемента из-за потери воды в растворе или бетоне) в тонких облицовочных слоях или покрытиях на таких сильно абсорбирующих воду основаниях, как затвердевшие цементные растворы и керамические плитки.

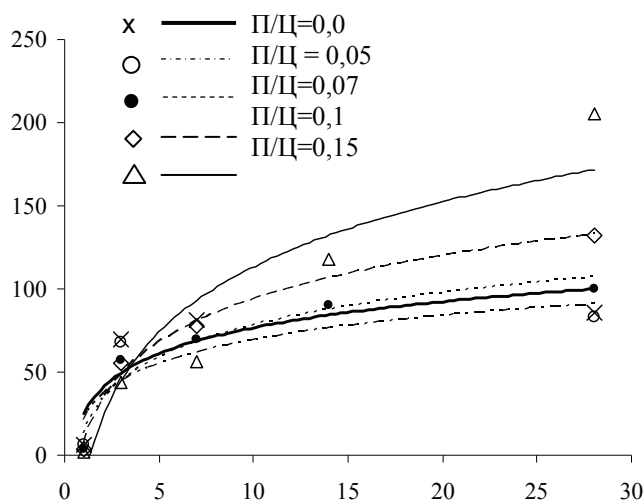


Рис. 3. Набор прочности растворов (цемент: песок – 1 : 3), модифицированных латексом ВДВХМК-65Е-ВДК при различном полимерцементном отношении

Модифицированные раствор и бетон показывают значительное увеличение прочности при разрыве и изгибе. В отличие от большинства ранее изученных модифицированных цементных систем, модификация латексом ВДВХМК-65Е-ВДК приводит не только к увеличению прочности при изгибе, но и к некоторому увеличению прочности при сжатии (см. рис. 3). Это объясняется высокой прочностью при разрыве полимера и дополнительным усилением связей цемента с заполнителями. Прочность при изгибе и при сжатии возрастает с увеличением модуля крупности песка.

Вязущее модифицированных составов состоит из полимерного латекса и цемента, что приводит к повышению прочности полимербетона в результате взаимодействия между ними. Полимерцементное отношение имеет большее влияние на прочностные свойства, чем водоцементное отношение. Считается признанным, что затвердевшее цементное тесто имеет, в основном, агломерированную структуру из гидратов силиката кальция и гидроксида кальция, связанных вместе слабыми силами Ван-дер-Ваальса, вследствие чего при напряжении в таком тесте легко образуются трещины. Это приводит к низкой прочности при растяжении и низкой ударной вязкости обычных цементных бетонов и растворов. В модифицированных же латексами растворах и бетонах микротрещины перекрываются пленками или мембранами, которые препятствуют распространению трещин, причем одновременно развивается дополнительное сцепление продуктов гидратации цемента с заполнителем.

Данный эффект возрастает с увеличением содержания полимера и приводит к повышению прочности на разрыв и ударной вязкости. Однако при избыточном содержании полимера и при воздухововлечении в монолитной решетчатой структуре возникают разрывы, и ее прочность снижается. Изолирующий эффект, возникший благодаря образованию полимерных пленок или мембран в структуре, также приводит к значительному

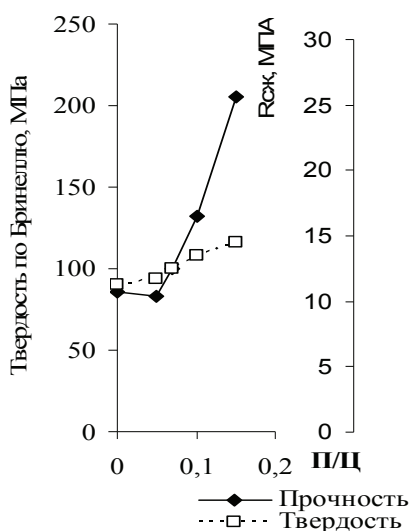


Рис. 4. Зависимость твердости по Бринеллю и прочности при сжатии модифицированных латексом растворов от полимерцементного отношения

увеличению водонепроницаемости и плотности, также повышается сопротивление внутреннему передвижению жидкости, химическая стойкость и морозостойкость.

Твердость поверхности модифицированных систем несколько выше твердости обычной цементной системы и зависит от полимерцементного отношения. Исследования показали, что имеется определенное соотношение между твердостью поверхности и прочностью при сжатии большинства модифицированных систем (рис. 4).

Модифицированные раствор и бетон содержат полимеры (модуль упругости – $(0,001...10) \cdot 10^3$ МПа) со значительно меньшим модулем упругости по сравнению с гидратиро-

ваным цементом (модуль упругости $(10...30) \cdot 10^3$ МПа). Соответственно их поведение при деформации и растяжимость (или способность к удлинению) отличаются от этих показателей для обычного цементного раствора и бетона. Модифицированные растворы и бетоны обладают повышенными значениями деформации, растяжимости (или способности к удлинению) и упругости по сравнению с обычными цементным раствором и бетоном, которые зависят от полимерцементного отношения (рис. 5). Максимальная деформация при сжатии возрастает с увеличением полимерцементного отношения, в частности, при полимерцементном отношении 20 % она увеличивается в 2–3 раза по сравнению с деформацией немодифицированного раствора.

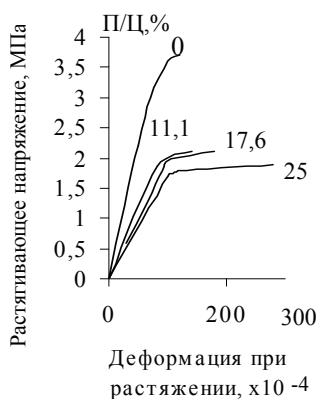
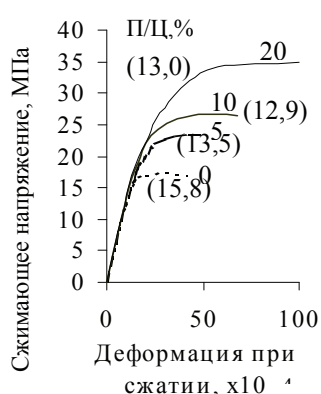


Рис. 5. Кривые «деформации – сжимающие напряжения» для растворов, модифицированных ВДВХМК-65Е-ВДК (цифры в скобках показывают модуль упругости, 10^3 МПа)

Рис. 6. Кривые «деформации – растягивающие напряжения» для бетона, модифицированного ВДВХМК-65Е-ВДК

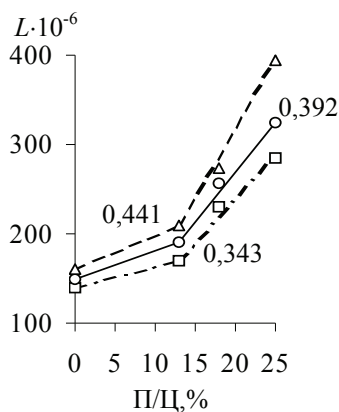


Рис. 7. Взаимосвязь между полимерцементным отношением и удлинением L бетона, модифицированного ВДВХМК-65Е-ВДК (на кривых приведены объемы вяжущего вещества, m^3/m^3)

На рис. 6 и 7 приведены кривые напряжения от растяжения и взаимосвязь между полимерцементным отношением и удлинением (т.е. максимальная деформация от растяжения при разрушении) для бетона, модифицированного ВДВХМК-65Е-ВДК. На этих рисунках видно, что при увеличении полимерцементного отношения модуль упругости при растяжении возрастает в 2–3 раза. Это объясняется тем, что полимерные пленки, образующиеся в бетоне, могут в значительной степени предотвращать распространение микротрещин при высоких значениях сопротивления разрыву и удлинению.

Деформация и коэффициент ползучести бетонов, модифицированных ВДВХМК-65Е-ВДК, значительно ниже, чем для немодифицированного бетона. Эта тенденция характерна и для данных ползучести модифицированных растворов. Модифицированные растворы и бетоны в основном имеют небольшую ползучесть, несмотря на включение упругих полимеров с низкой температурой перехода. Это связано с низким содержанием полимера – около 3 % по объему, повышением прочности вяжущего полимера и долговременным развитием прочности при улучшенной водоудерживающей способности.

Модифицированные раствор и бетон имеют структуру, в которой поры частично заполнены полимером или закрыты сплошными полимерными пленками. Эффект заполнения полимером и закрытия пор возрастает с увеличением содержания полимера или полимерцементного отношения. Эти особенности отражаются на понижении водопоглощения, водо- и паропроницаемости. В результате модифицированные раствор и бетон имеют улучшенную водонепроницаемость по сравнению с обычным раствором и бетоном. Стойкость к водопоглощению значительно возрастает с увеличением полимерцементного отношения (рис. 8), однако коэффициент водостойкости снижается (рис. 9).

Сопротивление истиранию модифицированного раствора при соотношении цемент : песок – 1 : 3 и полимерцементном отношении 10 % увеличивается в 30 раз по сравнению с немодифицированным раствором, то есть истираемость снижается с 2,5 до 0,08 г/см². Показано, что сопротивление истиранию модифицированного ВДВХМК-65Е-ВДК раствора повышается с увеличением полимерцементного отношения.

Модифицированные растворы и бетоны имеют повышенную морозостойкость по сравнению с обычными растворами и бетонами. Это объясняется снижением пористости в результате использования пониженного водоцементного отношения и заполнения пор полимерами, а также воздухововлечением, происходящим под действием полимеров и поверхностно-

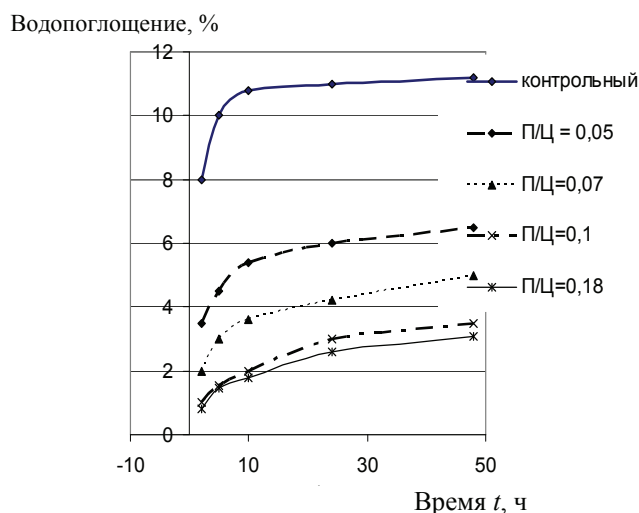


Рис. 8. Зависимость водопоглощения растворов, модифицированных ВДВХМК-65Е-ВДК, от времени погружения в воду t и полимерцементного отношения

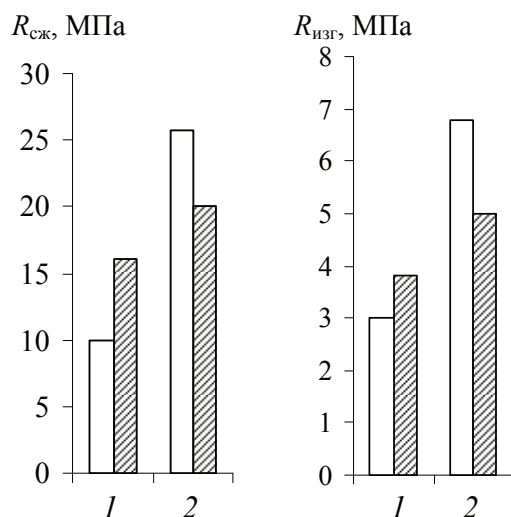


Рис. 9. Влияние водопоглощения на прочность при изгибе и сжатии модифицированных латексом растворов:

1 – немодифицированный раствор; 2 – модифицированный раствор (П/Ц = 0,08); заштрихованные прямоугольники – мокрый раствор, незаштрихованные – сухой

активных веществ. Морозостойкость растворов, модифицированных ВДВХМК-65Е-ВДК, значительно повышается при полимерцементном отношении 5 % и больше (марка по морозостойкости изменяется с F35 до F120). Высокая морозостойкость достигается при совместном действии модификации полимерами и воздухововлечения.

Определение атмосферостойкости модифицированного латексом ВДВХМК-65Е-ВДК бетона проводилось на установках «Ксенотест» и «Фейтрон» по методикам, разработанным лабораторией строительных материалов МНИИТЭП. Установка «Ксенотест» имитирует воздействие следующих атмосферных факторов: солнечное облучение и дождевание 6 часов, и состоит из следующих этапов:

- облучение ксеноновыми лампами – 5 часов;
- дождевание – 1 час.

Результаты испытаний обрабатываются следующим образом. Известно, что суммарная интенсивность ксеноновых ламп составляет 200 Вт/м^2 . Зная время, в течение которого образцы подверглись облучению, можно подсчитать количество ультрафиолетовой радиации, поступившей на образец в период проведения испытаний. Для этого суммарную интенсивность ксеноновых ламп нужно умножить на время, в течение которого проводилось облучение. Известно также, что количество ультрафиолетовой радиации при юго-западном ориентировании в период с марта по сентябрь составляет 41540 Вт/м^2 , можно подсчитать, какому количеству лет соответствует время облучения образцов в «Ксенотесте». Для этого необходимо количество ультрафиолетовой радиации, поступившей на образец за время испытаний, разделить на 41540 Вт/м^2 , и тогда мы получим время в годах, которое может быть приравнено к времени экспонирования в естественных условиях. Через каждые 10 циклов проводился осмотр образцов визуально и под световым микроскопом, а также взвешивание каждо-

го образца. При появлении трещин образцы испытывались на сжатие. Образцы после экспонирования сравнивались с контрольными образцами, которые в период проведения испытаний хранились в темном месте при комнатной температуре.

На установке «Фейтрон» (климатическая камера), позволяющей имитировать воздействие знакопеременных температурно-влажностных воздействий, определяется эксплуатационная стойкость образцов из модифицированного латексом ВДВХМК-65Е-ВДК бетона (кубы с ребром 100 мм) при температуре от -10 до $+10$ °С. Испытания проводились непрерывно в течение нескольких месяцев (6 переходов через 0 °С в сутки). Определив количество переходов образцов через 0 °С (потери образцов по массе не должны превышать более 5 %) и зная, что количество переходов через 0 °С в год в средней полосе России составляет от 60 до 100, подсчитывают время в годах, в течение которого материал может экспонироваться в натуральных условиях.

В результате комплексного воздействия на установке «Ксенотест» солнечной радиации и дождевания по режиму: 5 часов – ультрафиолетовое излучение; 1 час – дождевание общей продолжительностью 327 суток, установлено, что стойкость образцов из модифицированного латексом ВДВХМК-65Е-ВДК бетона к указанным видам воздействий значительно выше, чем у контрольных.

Проведенные исследования показали, что модификация бетонов и растворов латексом ВДВХМК-65Е-ВДК позволяет не только значительно повысить химическую стойкость цементных бетонов и растворов, но и значительно улучшить их физико-механические показатели.

Обобщая результаты проведенных исследований, можно сделать заключение, что модифицированные латексом растворы и бетоны являются долговечным строительным материалом, который целесообразно использовать при производстве изделий различного назначения.

Solutions and Concretes Modified with Vinyl Type Latex

G.M. Kondrashov

Academy of Business and Real Estate Management, Volgograd

Key words and phrases: modified solutions and concretes; durability maintenance; durability limit; chemical stability; operating environment.

Abstract: Cement concrete and reinforced concrete are the main construction materials today. Introduction of water disperse of vinyl type polymers in concrete and solutions composition on the basis of portland cement enables to improve their corrosion resistance thus providing normal operating period of construction elements and structures as a whole.

© Г.М. Кондрашов, 2007