

УДК 691.327:666.973

С.Н. Леонович, Н.Л. Полейко

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск,
Республика Беларусь*

ПОРИСТОСТЬ И МОРОЗОСТОЙКОСТЬ БЕТОНА ЗАЩИЩЕННОГО ЦЕМЕНТНЫМ СОСТАВОМ ПРОНИКАЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ «КАЛЬМАТРОН»

В данной работе приводятся результаты исследований бетона строительных конструкций защищенных цементным составом проникающего действия «Кальматрон». Подтверждены предпосылки о том, что со временем в результате химических реакций происходили колюматация капиллярных пор, снижается водонепроницаемость бетона, увеличивается водонепроницаемость, морозостойкость, прочность, а также адгезионная способность состава «Кальматрон» к бетонной поверхности.

Установлено, что область контакта состава «Кальматрон» с бетоном монолитна. В слое бетона до глубины 2 мм от поверхности поры частично растворимой части состава «Кальматрон» прослеживается до глубины 45 мм от поверхности. Промышленное применение состава «Кальматрон» осуществлено на ряде объектов.

Учитывая тенденцию последних лет использования в промышленности строительных материалов отходов производства, применения для изготовления бетонных и железобетонных конструкций вяжущих с пониженным содержанием клинкерного фонда, необходимо решать вопросы долговечности этих конструкций даже при эксплуатации в нормальных атмосферных условиях [1].

Водонепроницаемость – одна из основных технических характеристик, определяющих эксплуатационность и долговечность бетонных конструкций. Проницаемость бетона в значительной степени зависит от состава бетонной смеси, качества уплотнения, ухода за бетоном, степени гидратации цемента и условий эксплуатации конструкций. Особо остро стоит вопрос о восстановлении водонепроницаемости бетона в условиях эксплуатации, при которых выявлены признаки разрушения бетона.

Технологический процесс изготовления конструкций, режима тепловлажностной обработки бетона сопряжены с большой вероятностью образования температурных, усадочных и силовых трещин, наличием зон контакта свежесуспензированной бетонной смеси и затвердевшего бетона, наличием водных пленок под арматурой и крупным наполнителем.

Постоянная миграция влаги в массиве бетона за счет капиллярного подсоса, испарения, перепада температур на различных поверхностях являются определяющим фактором процесса разрушения цементного камня.

Установлено, что от параметра проницаемости в значительной степени зависит и морозостойкость, косвенно характеризующая долговечность бетона конструкций. Снижение проницаемости бетонных конструкций достигается различными способами, но наиболее эффективным и радикальным, по нашему мнению, является кольматация пор и капилляров бетона [2, 3, 4].

Состав цементный проникающего действия «Кальматрон» представляет собой сухую смесь: вяжущего – цемента, фракционированного песка и специальных химических добавок и изготавливается по СТБ 1543-2005 «Смеси сухие гидроизоляционные. Технические условия».

Состав «Кальматрон» предназначен для защиты капиллярно-пористых строительных материалов (тяжелых, легких, мелкозернистых и ячеистых бетонов и кирпича) от климатических и техногенных видов коррозии для гидроизоляции строительных конструкций, сооружений, емкостей. Основные показатели состава «Кальматрон» приведены в таблице 1.

Для проведения испытаний состава «Кальматрон» в качестве защитного покрытия на бетоне были изготовлены контрольные образцы, а также образцы бетона, предназначенные для нанесения материала. В качестве вяжущего применялся портландцемент ОАО «Красносельскстройматериалы» ПЦ-400-Д0»; в качестве мелкого заполнителя применялся кварцевый песок карьера «Крапужино», крупного заполнителя – гранитный щебень фракции 5...20 мм Микашевичского карьера. Расход материалов на 1 м³ бетона: цемент – 320 кг; песок – 630 кг; щебень – 1120 кг; вода – 175 л.

После изготовления бетонные образцы были выдержаны в камере нормально-влажностного твердения в течение 28 суток, затем покрыты составом «Кальматрон».

Таблица 1. Физико-механические показатели состава «Кальматрон»

Наименование показателя	Нормативное значение
1	2
Внешний вид	Серый порошок с серыми включениями
Влажность, % не более	2,5
Сроки схватывания, мин	
– начало, не менее	30
– окончание, не более	180
Прочность при сжатии, МПа не менее	М 25
Марка по морозостойкости, не менее	F 300
Марка по водонепроницаемости, не менее	W 10
Коррозионное состояние стальной арматуры	Устойчиво-пассивное

Для проведения испытаний состава «Кальматрон» в качестве защитного покрытия на бетоне были изготовлены контрольные образцы, а также образцы бетона, предназначенные для нанесения материала. В качестве вяжущего применялся портландцемент ОАО «Красносельскстройматериалы» ПЦ-400-Д0»; в качестве мелкого заполнителя применялся кварцевый песок карьера «Крапужино», крупного заполнителя – гранитный щебень фракции 5...20 мм Микашевичского карьера. Расход материалов на 1 м³ бетона: цемент – 320 кг; песок – 630 кг; щебень – 1120 кг; вода – 175 л.

После изготовления бетонные образцы были выдержаны в камере нормально-влажностного твердения в течение 28 суток, затем покрыты составом «Кальматрон».

Приготовление рабочего состава на основе сухой смеси «Кальматрон» и нанесение покрытия на образцы осуществляли согласно технологической карты ТК 111.03.07-2004. Для приготовления рабочего состава сухую смесь затворяли водой в количестве 240...250 мл на 1 кг материала.

Все бетонные образцы перед нанесением состава «Кальматрон» насыщались водой. Нанесение состава «Кальматрон» на бетонные поверхности образцов осуществлялось с помощью шпателя за один проход. Толщина нанесенного защитного слоя покрытия составляла 3...5 мм. Образцы с нанесенным покрытием выдерживали до испытаний в камере нормально-влажностного твердения.

Определение водонепроницаемости бетонных образцов-цилиндров с покрытием на основе состава «Кальматрон» и бетонных образцов без защиты проводили в соответствии с требованиями ГОСТ 12730.5-84 «Бетоны. Методы определения водонепроницаемости». Перед проведением испытаний образцы с нанесенным составом «Кальматрон» погружали рабочими поверхностями в емкость с водой на глубину 5 мм (толщина гидроизолирующего слоя состава «Кальматрон») и выдерживали в течение 72 часов. Давление поднимали ступенями по 0,2 МПа, начиная с 0,2 до 1,2 МПа, и выдерживали на каждой ступени в течение 6 часов. Испытания продолжали до появления мокрого пятна на верхней торцевой поверхности. Водонепроницаемость серии образцов оценивали максимальным давлением воды, при котором на четырех из шести образцов не наблюдается признаков фильтрации воды.

Для бетонных образцов с покрытием на основе состава «Кальматрон» испытания проводили при прямом (со стороны покрытия) и обратном (со стороны торца образца, необработанного покрытием) давлении воды. Результаты испытаний на водонепроницаемость представлены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты испытаний на водонепроницаемость

Маркировка образцов	Вид материала	Направление давления	Результат по серии образцов
---------------------	---------------	----------------------	-----------------------------

Серия 1а	Бетон с покрытием «Кальматрон»	Прямое	W 10
Серия 1б	Бетон с покрытием «Кальматрон»	Обратное	W 6
Серия 2	Контрольные образцы бетона	Прямое	W 2

В соответствии с результатами испытаний, покрытие на основе состава «Кальматрон» повышает марку по водонепроницаемости бетона при прямом давлении воды – на четыре ступени, при обратном – на две ступени.

Определение морозостойкости бетонных образцов с покрытием составом «Кальматрон» и без покрытия проводили в соответствии с требованиями ГОСТ 10060.2-95 «Бетоны. Методы определения морозостойкости». Морозостойкость определяли по ускоренному методу при многократном переменном замораживании – оттаивании в пятипроцентном растворе хлорида натрия при температуре минус $50\pm 5^{\circ}\text{C}$. Оттаивание образцов происходило при температуре $18\pm 2^{\circ}\text{C}$. Оценку состояния образцов с покрытием производили по изменению внешнего вида и прочности.

Морозостойкость образцов оценивали числом циклов замораживания – оттаивания, при котором не наблюдалось снижения прочности бетона контрольного и обработанного составом «Кальматрон» более, чем на 5% от исходной величины. Контрольные образцы бетона после 12 циклов практически полностью разрушились.

Результаты испытаний на морозостойкость показали, что образцы бетона с покрытием на основе состава «Кальматрон» выдержали 8 циклов замораживания – оттаивания, бетон без защиты – 5 циклов, что соответствует марке по морозостойкости F 300 и F 200 соответственно.

Определение прочности сцепления покрытия «Кальматрон» с бетоном проводили в соответствии с ГОСТ 28574-90 «Защита от коррозии в строительстве. Конструкции бетонные и железобетонные. Методы испытаний адгезии защитных покрытий». Для определения количественной величины адгезии материалов к основанию использовали метод нормального отрыва, заключающийся в изменении силы отрыва покрытия от защищаемой поверхности при помощи приклеенного к покрытию металлического штампа и динамометра.

Результаты определения адгезии покрытия «Кальматрон» к бетону показали, что покрытие обладает высокими адгезионными свойствами. Величина адгезии составляет 3,3 МПа.

Определение прочности на сжатие проводили на контрольных образцах из бетона и бетонных образцах, обработанных составом «Кальматрон», в соответствии с ГОСТ 10180-90 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам». Установлено, что повышение прочности при сжатии

бетонных образцов, обработанных составом «Кальматрон», по сравнению с контрольными образцами бетона без защиты составляет около 7%.

Определение глубины проникновения состава «Кальматрон» в бетон проводили на образцах, одна из граней которых была обработана составом «Кальматрон». Для решения поставленной задачи проводился морфологический анализ с использованием оптической и электронной микроскопии.

Визуальный анализ срезов показал, что в обоих представленных образцах под поверхностью нанесенного слоя «Кальматрон» наблюдается область, отличающаяся более темным цветом (т.е. имеющая статистически более низкую отражательную способность примерно на 2÷5%). Область распространяется на глубину до 45 мм.

Морфологический анализ слоя «Кальматрон» показал, что он имеет микропористую структуру. Граница между слоем «Кальматрон» и бетона отсутствует, и различить их можно только по виду заполнителя.

Основная пористость распределена в интервале 10÷50 мкм с центром распределения 15 мкм, относительная пористость 9,8%.

Анализ структуры бетона показывает, что он является крупнопористым объектом с равномерно распределенными фильтрационными и диффузионными каналами. Бетон имеет развитую структуру пор воздуха размерами от 10 мкм до 1,5 мм, с преобладанием мелкопористой структуры с центром распределения 50 мкм. Поры обособленные. Пористость бетона – 12,4%.

Для анализа распространения кальматирующего вещества проводилось электронно-микроскопическое исследование скола. Анализ показал, что до глубины 1,5...2 мм под поверхностью состава «Кальматрон» обнаруживаются заполненные фильтрующимся веществом поры, с увеличением глубины от обработанной поверхности число заполненных пор уменьшается, и на глубине около 4 мм их количество не превышает 1% общего числа пор.

Взаимодействие состава «Кальматрон» с бетоном происходит поэтапно. При затворении водой состава «Кальматрон» образуются гидраты клинкерных минералов и водный раствор.

Таким образом, установлено, что область контакта состава «Кальматрон» с бетоном (толщиной до 0,5 мм) монолитна, в слое бетона до глубины 2 мм от поверхности поры частично заполнены фильтрующимся веществом, а зона влияния проникновения растворимой части состава «Кальматрон» прослеживается до глубины 45 мм от поверхности.

Выводы

Покрытие на основе состава «Кальматрон» обладает высокими адгезионными свойствами к бетонной поверхности (3,3 МПа). Нанесение покрытия на основе состава «Кальматрон» на бетон позволяет увеличить марку бетона по водонепроницаемости на 4 ступени (с W 2 до W 10) при прямом давлении воды, на 2 ступени при обратном давлении, повысить морозостойкость бетона с 200 до 300 циклов, и прочность бетона – на 7%.

Результаты физико-химических исследований показали, что область контакта состава «Кальматрон» с бетоном монолитна, в слое бетона до глубины 2 мм от поверхности поры заполнены фильтрующимся веществом, а зона влияния проникновения растворимой части состава «Кальматрон» прослеживается до глубины 45 мм от поверхности. Промышленное применение кольматирующих составов проведено на ряде объектов Республики Беларусь.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Розенталь Н.К., Степанова В.Ф., Чехний Г.В. Защитные материалы проникающего действия для повышения долговечности конструкций / «Долговечность строительных конструкций. Теория и практика защиты от коррозии». – М.: Центр экономики и маркетинга. 2002. – С. 75 – 79.

2. Герчин Д.В. Особенности применения защитного состава «Кальматрон» для повышения долговечности бетонов зданий и сооружений / Материалы Международной конференции «Проблемы долговечности зданий и сооружений в современном строительстве». – СПб.: РНФ «Роза мира». – 2007. – С. 338 – 343.

3. Полейко Н.Л., Осос Р.Ф., Полейко Д.Н., Журавский С.В. Повышение долговечности бетона с применением состава «Кальматрон» / Материалы Международной конференции «Проблемы долговечности зданий и сооружений в современном строительстве». – СПб.: РНФ «Роза мира». – 2007. – С. 377 – 383.

4. Полейко Н.Л., Осос Р.Ф., Полейко Д.Н. Гидроизоляционный материал «Кальматрон» – перспективы применения / Архитектура и строительство. – 2005. – №5. – С. 94 – 97.

Сведения об авторах:

1. Леонович Сергей Николаевич, Белорусский национальный технический университет, доктор технических наук, профессор кафедры «Технология строительного производства», 220013, Минск, пр-т Независимости, 65, leonovichsn@tut.by

2. Полейко Николай Леонидович, Белорусский национальный технический университет, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология строительного производства», 220013, Минск, пр-т Независимости, 65, pdn1309@gmail.com