

В лаборатории кафедры "Строительные конструкции, основания и фундаменты" БелГУТа проводились исследования по определению коррозионной стойкости арматурных стержней с различными видами защитных покрытий. В качестве покрытий использовались полимерные составы "Унимаст", "Кормет", "Эпокс", полиэтиленовые покрытия, покрытия на основе эпоксидных смол и другие. Предварительно арматурные стержни, покрытые ржавчиной, были подвергнуты трем видам обработки: пескоструйная очистка, ручная зачистка и обработка преобразователем ржавчины. Для оценки скорости коррозионных процессов в качестве метода исследования был выбран ускоренный метод испытания – "метод полного погружения в электролит". Образцы с нанесенными защитными покрытиями подвергались коррозионному испытанию в электролизной ванне, заполненной подсолонной водой (5%-ный раствор), в течение 12 часов при непрерывном прохождении электрического тока через арматурные стержни. В образцах с арматурой, покрытой слоем ржавчины, первые 10 минут величина тока утечки увеличилась в среднем на 0,3 мА, а затем произошел резкий спад, и в течение часа величина тока утечки оставалась почти стабильной. Это явление происходило вследствие накопления в порах бетона продуктов коррозии металла. Последующие 3 часа величина тока утечки росла. В образцах с покрытием из полимерных составов практически величина тока утечки не наблюдалась.

При определении коррозионной стойкости арматуры было установлено, что в ржавой арматуре процесс коррозии протекает намного быстрее, чем в арматуре, очищенной от коррозии, а в арматуре, покрытой защитными составами, процесс коррозии практически не наблюдался.

УДК 628.145.5

О ВЛИЯНИИ КАРБОНИЗАЦИИ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ВОДОПРОПУСКНЫХ ТРУБ

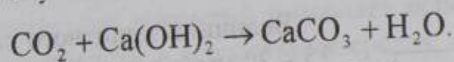
А. А. ВАСИЛЬЕВ

Белорусский государственный университет транспорта

Водопроводные железобетонные трубы, проложенные под железнодорожными и автомобильными магистралями, подвергаются воздействию углекислого газа вследствие неполного заполнения водой, а в ряде случаев контакт с жидкостью возникает в периоды дождей и весенне-осенние сезоны.

Вблизи транспортных коммуникаций концентрация CO_2 достигает 0,06 %, что может негативно сказаться на долговечности железобетонных труб. Поэтому представляет практический интерес оценить долговечность верхнего внутреннего сегмента труб как наиболее уязвимого по отношению к карбонизации, ведущей к нейтрализации защитного слоя и коррозии арматуры.

Суть ее заключается в поглощении бетоном из воздуха углекислого газа, который, соединяясь с гидратом окиси кальция, образует углекислый кальций – очень малорастворимое соединение:



В соответствии с исследованиями С.Н. Алексеева, Н.К. Розенталя эффективный коэффициент диффузии CO_2 вычисляется по формуле

$$D' = \frac{m_0 X^2}{2C_0 t},$$

где m_0 – реакционная способность бетона; X – глубина карбонизации по фенолфталеину, см; C_0 – концентрация CO_2 в атмосфере в долях единицы; t – срок службы конструкции, годы.

Реакционная способность бетона

$$m_0 = 0,4 f p \text{Ц},$$

где f – степень карбонизации; p – относительное содержание CaO в цементе; Ц – расход цемента в кг/м^3 или г/л бетона.

Для анализа были отобраны 10 образцов бетона из внутренних поверхностей различных труб типа ТБ 50.50.

Состав бетона труб ТБ 50.50: цемент ПЦ500, расход цемента $C = 440 \text{ кг/м}^3$; В/Ц – 0,5. Относительное содержание СаО в цементе – $p = 0,58$; соответственно принимаем степень карбонизации для граничных условий $f = 0,58$. Трубы хранились под открытым небом, т.е. принимаем концентрацию $\text{CO}_2 = 0,03 \%$. Глубина карбонизации бетона составила по фенолфталеиновой пробе от 1,0 до 1,5 мм за 10 суток.

Таким образом, реакционная способность $m_0 = 59,2$; эффективный коэффициент диффузии $D = 0,11 \dots 0,25 \cdot 10^{-4} \text{ см}^2/\text{с}$.

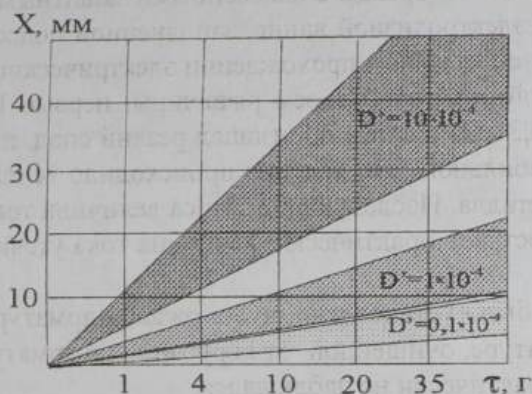


Рисунок 1 – Номограмма для определения глубины карбонизации бетона

минералов цементного камня, которые подвергаются гидролизу вплоть до гидроокисей кремния, алюминия и железа, а все основные окислы превращаются в карбонаты. Бетон лишается способности пассивировать сталь, которая переходит в активное состояние и начинает корродировать, так как капиллярно-пористая структура бетона содержит воду и пропускает кислород.

В соответствии с разработанными в НИЛ «СКОиФ» БелГУТа критериями физико-химических показателей ЖБК при $\text{pH} = 11,5 \dots 10,5$ инкубационный период заканчивается, арматура начинает корродировать во влажной среде, при $\text{pH} = 10,5 \dots 9,5$ коррозия арматуры идет ускоренно, а деградация бетона усиливается, при $\text{pH} = 9,5 \dots 8,5$ бетон теряет сцепление с заполнителем (полная деградация бетона).

Для прогнозирования долговечности труб представляет интерес установить зависимость величины pH и состояния бетона в зоне расположения арматуры от величины карбонизированной зоны.

Насыщенный раствор CaCO_3 имеет $\text{pH} \approx 9$. Это значит, что на границе карбонизированного слоя $\text{pH} \approx 9$. Однако величина pH по глубине конструкции не изменяется скачкообразно.

В работах лаборатории выявлена зависимость pH от глубины залегания в бетоне конструкций в условиях эксплуатации (рисунок 2).

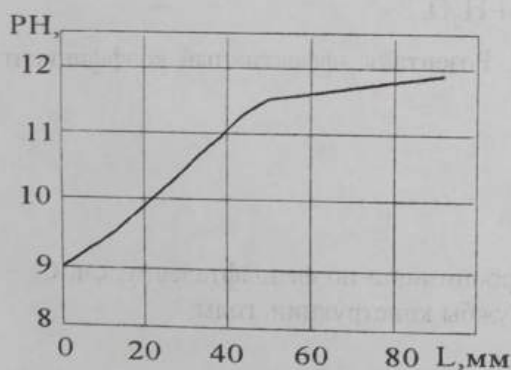


Рисунок 2 – Зависимость pH от глубины залегания в конструкциях, подверженных периодическому смачиванию

Величина защитного слоя бетона для трубы ТБ50.50 – 15 – 20 мм (с внутренней стороны).

В соответствии с кривой (см. рисунок 2) видно, что через десять лет в зоне расположения арматуры величина водородного показателя водной вытяжки цементного камня составит $\text{pH} = 9,4 \dots 9,7$, а через 20 лет – $\text{pH} = 9,3 \dots 9,6$.

В соответствии с критериями физико-химических показателей ЖБК при таких показателях pH в данном слое уже через 10 лет деградация бетона и коррозия арматуры будут идти ускоренно. Конструкция будет находиться в аварийном состоянии.

Необходимо отметить, что данные получены для практически идеальных атмосферных условий ($t = 20^\circ \text{C}$, $\text{CO}_2 = 0,03$).

Значительному ускорению карбонизации также способствует попеременное увлажнение бетона и повышение концентрации углекислого газа, что характерно для водопропускных труб. Также необходимо отметить, что в водопропускных трубах

помимо углекислого газа значительное влияние на состояние бетона и арматуры оказывают хлорсодержащие вещества, что значительно снижает срок службы труб.

Выводы

1 По предложенной методике можно прогнозировать состояние бетона и арматуры водопропускных труб по величине карбонизированного слоя.

2 Только за счет карбонизации (уже при обычных атмосферных условиях) значительно снижается срок службы железобетонных водопропускных труб, и без дополнительной защиты они не смогут прослужить положенные 25 лет.

УДК 620.193/199

ДОЛГОВЕЧНОСТЬ И ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

Д. С. ВАСИЛЬЕВ

Белорусский государственный университет транспорта

Повышение долговечности железобетонных конструкций зданий и сооружений является одной из самых важных научно-технических задач, особенно применительно к условиям их эксплуатации на предприятиях с интенсивным выделением агрессивных сред, так как износ зданий и сооружений предприятий с агрессивными средами в несколько раз выше, чем при нормальных условиях эксплуатации. Нередки случаи, когда капитальный ремонт зданий производят через 5 – 10 лет эксплуатации, а в некоторых случаях и ранее.

Кафедрой "Строительное производство" БелГУТа накоплен определенный опыт проведения натурных обследований строительных конструкций промышленных зданий и сооружений предприятий химических волокон, строительной индустрии, кожевенных заводов, холодильников, текстильных комбинатов, сельскохозяйственных зданий и сооружений. При этом определялись техническое состояние конструкций, температурно-влажностный режим, состав и концентрация агрессивных сред, состояние материалов строительных конструкций и защитных покрытий.

В качестве защитных покрытий арматуры, закладных деталей и соединительных элементов можно использовать разработанные нами комбинированные металлизационно-лакокрасочные композиции.

Для защиты железобетонных конструкций зданий и сооружений нами разработаны композиции на основе кремнийорганических полимеров, полиуретановых смол, низкомолекулярного полиэтилена, полипропилена и полиэтилентерефталата.

Проведенные нами исследования защитных покрытий и опытная проверка показали, что они с достаточной эффективностью могут быть использованы для защиты железобетонных конструкций в агрессивных средах. Применение этих покрытий позволяет использовать конструкции, рассчитанные по III категории трещиностойкости в агрессивных средах, а в отдельных случаях даст возможность наносить их на влажный бетон, что существенно сокращает затраты на подготовку поверхности для окрасочных работ.

Однако эффективность применения тех или иных защитных покрытий существенно зависит от использования прогрессивных методов подготовки поверхности конструкций и от способа их нанесения. Широкое применение должны найти рациональные технологические процессы нанесения покрытий с использованием электрического поля и безвоздушного распыления.

Результаты исследований, полученные в БелГУТе, использованы при составлении республиканских инструктивно-нормативных документов по защите строительных конструкций лакокрасочными покрытиями, а также рекомендаций по обеспечению сохранности конструкций, защите блоков от воздействия атмосферных осадков и устройства гидроизоляции полов.

Разработанные нами защитные покрытия и регламент на производство антикоррозионных работ переданы заинтересованным организациям для внедрения в производство.

В эксплуатируемых зданиях и сооружениях, построенных без антикоррозионной защиты, необходимо провести следующие мероприятия по обеспечению долговечности железобетонных конструкций: прежде всего, выяснить степень агрессивности среды и характер повреждений.