

ПРИМЕНЕНИЕ НАНОМОДИФИЦИРОВАННОГО БЕТОНА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ ЭЛЕКТРОСЕТЕВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

*Сбойчакова Т.И., ведущий инженер НИЛКЭС ООО «ПО Энергожелезобетонинвест»
Касаткин С.П., начальник сектора НИЛКЭС ООО «ПО Энергожелезобетонинвест»*

В настоящее время наиболее актуальной является проблема обеспечения надежности и повышения долговечности железобетонных конструкций ВЛ. Раннее разрушение может быть вызвано различными факторами, в том числе: нарушением норм и правил при проектировании, низким качеством исполнения при изготовлении и монтаже, внезапным изменением условий эксплуатации и т.п. Но в большинстве случаев на долговечность типовой конструкции оказывают влияние разрушающие воздействия окружающей среды, из которых наиболее известными являются: карбонизация, замораживание-оттаивание, воздействие агрессивных солей и реакция между щелочными составляющими цемента с кремнеземом заполнителя в бетоне.

Цель нашей работы заключается в обеспечении надежности и повышении долговечности железобетонных конструкций электросетевого строительства за счет применения при их изготовлении современных материалов. Для того чтобы разобраться какими именно качествами должен обладать стойкий к разрушениям бетон, рассмотрим механизмы разрушения и меры защиты от этих воздействий, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Определение свойств бетона, обуславливающих его долговечность

Причина повреждения	Механизм разрушения	Последствия разрушения	Меры первичной защиты
Карбонизация	Депассивация арматуры	Откалывание защитного слоя	Повышение плотности бетона
Переменное замораживание и оттаивание	Возникновение растягивающих напряжений в бетоне	Образование сети трещин на бетонной поверхности	Регулирование порового пространства
Проникновение солей из грунта	Потеря прочности цементного камня	Разрушение цементного камня	Снижение проницаемости и водопоглощения
Взаимодействие щелочей с кремнеземом заполнителя	Возникновение растягивающих напряжений в бетоне	Образование трещин, сколов, раковин	Минимизация расхода цемента

Карбонизация. Первоначально бетон является щелочным материалом, и стальная арматура в щелочной среде не подвергается коррозии. Когда углекислый газ из воздуха проникает в бетон и вступает в реакцию с гидроксидом кальция, щелочность бетона снижается до $pH=10$ и он утрачивает пассивирующее действие на сталь, развивается коррозия арматуры с образованием слоя окислов, арматура увеличивается в объеме, а в бетоне возникают напряжения, которые со временем превышают его прочность и происходит отслоение защитного слоя. Скорость и глубина карбонизации в значительной

степени зависит от структуры бетона, его проницаемости и пористости, поэтому следует стремиться к повышению плотности бетона.

Замораживание-оттаивание. Проникшая в поры бетона вода при замораживании увеличивается в объеме и может создавать в бетоне растягивающие напряжения, которые будут значительно превосходить его прочность на растяжение. Циклы замораживания-оттаивания действуют как микронасос, повышая раз за разом степень насыщения бетона влагой. Прежде всего, стойкость бетона к морозу обусловлена структурой порового пространства, поэтому необходимо обеспечить определенный объем воздухововлечения и получение воздушных пор как можно меньшего размера, что позволит уменьшить общую пористость и будет способствовать повышению морозостойкости бетона.

Воздействие солей из грунтовых вод. Активное воздействие на бетон оказывают находящиеся в грунте соли (хлориды, нитраты и сульфаты и т.д.). Нарушения конструкций, наблюдаемые выше уровня земли, проявляются в виде высолов, сколов, трещин, отслоения защитного слоя, коррозии арматуры. Основными агрессивными веществами являются хлориды, ускоряющие коррозию арматурного каркаса, и сульфаты, которые приводят к образованию сульфатных солей (этtringит), способствующих возникновению кристаллизационного давления из-за значительного увеличения в объеме. Если растягивающие усилия в конструкции превышают прочность бетона, происходит его разрушение. В качестве превентивной меры, в таких ситуациях рекомендуется снижать проницаемость бетона и величину водопоглощения, а также связывать избыточный гидроксид кальция, участвующий в коррозионных процессах, в труднорастворимые низкоосновные силикаты кальция.

Реакция между щелочными составляющими цемента с кремнеземом заполнителя в бетоне. Некоторые виды заполнителей, особенно содержащие в своем составе аморфный кремнезем, могут взаимодействовать со щелочными составляющими цементного раствора, разбухая и увеличиваясь при этом в объеме, что приводит к образованию трещин, сколов и раковин. Одним из способов подавления данной реакции является подбор состава бетона с минимальным расходом цемента.

Таким образом, бетон, обладающий увеличенным сроком службы в агрессивных средах, должен иметь: повышенную плотность, непроницаемость и морозостойкость. Совершенствование указанных свойств бетона может быть достигнуто в результате эффективной химической активации бетонной смеси современными добавками-модификаторами.

На кафедре «Инженерная химия и естествознание» Петербургского государственного университета путей сообщения разработана комплексная добавка, состоящая из специально подобранных, хорошо совместимых между собой компонентов разной природы, в том числе содержащих дисперсии наноразмера.

В качестве основы комплексной добавки использованы современные поверхностно-активные вещества (поликарбоксилатные полимеры), которые характеризуются повышенным пластифицирующим эффектом, оказывающим положительное влияние на плотность материала и способствующим росту прочности, водонепроницаемости и морозостойкости.

Для повышения реакционной активности системы использован золь кремниевой кислоты, в состав которого входят нанодисперсии $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, которые обладают уникальными свойствами: повышенной поверхностной энергией и определенным

значением водородного показателя pH, оказывающим эффективное влияние на смещение кислотно-основного равновесия твердеющей системы, таким образом, усиливая реакционную активность наномодифицированной бетонной смеси.

По данным физико-химических исследований установлено полное отсутствие в активированном бетоне гидролизной извести, которая вероятнее всего вступает в реакции синтеза с нанодисперсиями $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, образуя труднорастворимые гидросиликаты, более устойчивые к агрессивному воздействию солей.

Для повышения связности и удобоукладываемости бетонной смеси использован высокомолекулярный полимер, который обладает воздухововлекающими свойствами и способствует формированию равномерно распределенной мелкопоровой структуры, что благоприятно влияет на морозостойкость бетона.

По результатам экспериментальных исследований, установлено рациональное количество каждого из компонентов комплексной добавки, обеспечивающее получение повышенного суммарного эффекта действия.

Применение наномодифицирующей добавки для приготовления бетонов повышает: на 30-35% плотность бетона, которую оценивали по показателю водопоглощения, прочность на сжатие на 70-80% и в наибольшей степени прочность на растяжение при изгибе на 80-90%, благодаря увеличенному количеству низкоосновных гидросиликатов, обладающих игольчатой или волокнистой структурой, которые осуществляют микроармирование бетона, а также повышает такие параметры долговечности, как водонепроницаемость на 3-4 ступени и морозостойкость в 2-3 раза. Разработанная комплексная добавка прошла опытно-промышленную апробацию и успешно применяется, в том числе, на объектах дорожного строительства, в качестве бетонных покрытий аэродромов и погрузочно-разгрузочных площадок, т.е. для конструкций, подверженным высоким осевым нагрузкам и воздействию антигололедных солей.

Использование комплексной добавки обеспечивает получение бетона с фактическим классом по прочности на сжатие В60, вместо нормируемого В40, при одних и тех же расходах компонентов бетонной смеси. Такое повышение прочности по предварительным расчетам позволяет сократить металлоемкость, например, грибовидных фундаментов и свай на 20-25%, и дополнительно уменьшить тем самым себестоимость долговечных изделий. При уменьшении расхода цемента на 24% для достижения проектного класса бетона В40, на 70% повышается морозостойкость и в 2 раза водонепроницаемость, что позволяет обеспечить повышенную долговечность конструкций без увеличения себестоимости изделий.

НИЛКЭС ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест»

Санкт-Петербург, Невский проспект 111/3

+7(812) 309-39-61

mail: info@nilkes.ru

нилкэс.пф