

БЕТОНЫ & СУХИЕ СМЕСИ

CONCRETE &
DRY MIXES

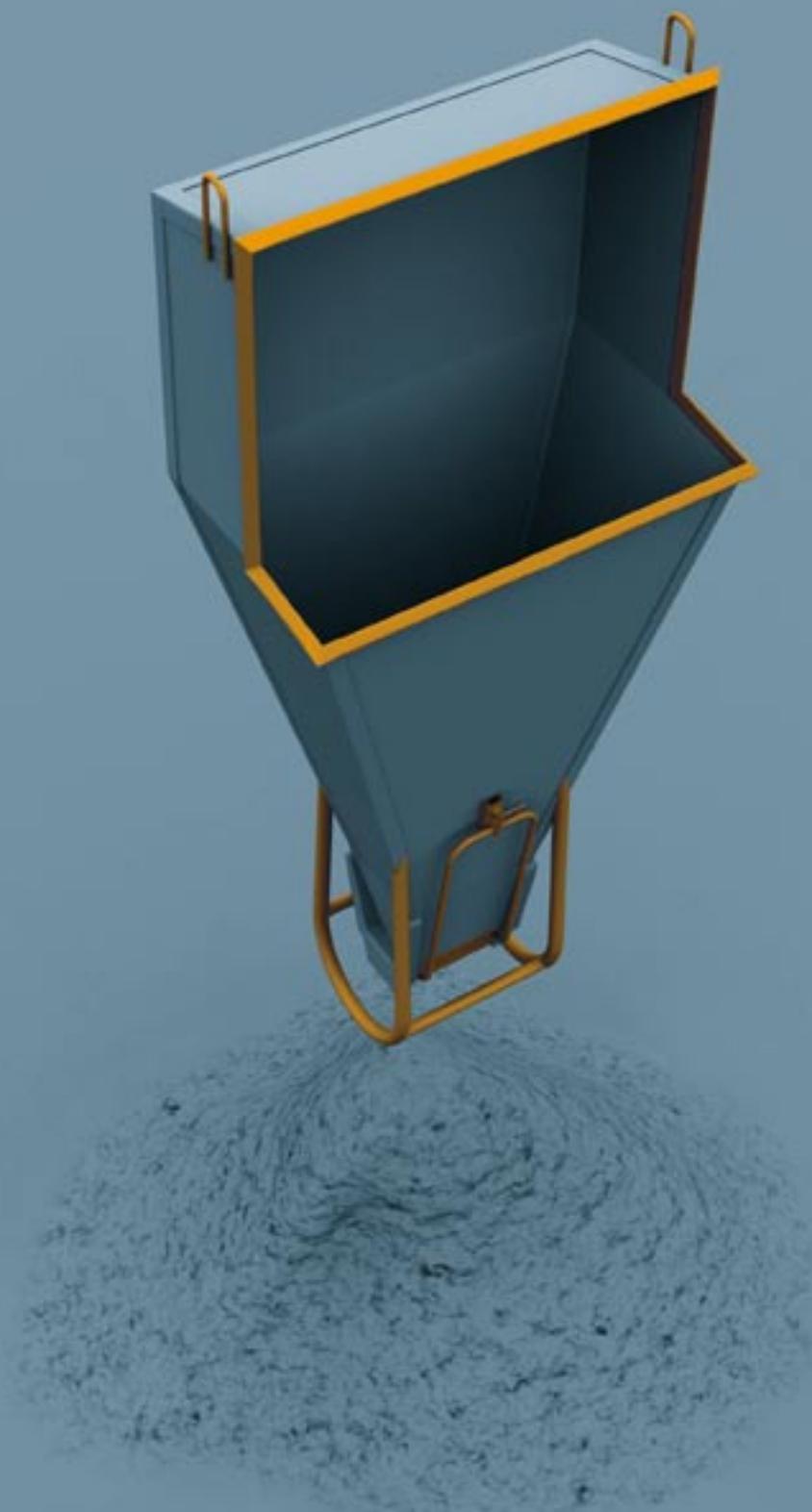
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЕ ИЗДАНИЕ 18/Б (38/Б) СЕНТЯБРЬ 2007

РЕГИОНОВ



ПРЕДЛОЖЕНИЯ

ВПЛЗ ЭКСПО



ОТПЕЧАТАНО: в типографии «Логос»
 420108, г. Казань,
 ул. Портовая, 25А
 (843) 231-05-46
 citlogos@mail.ru
 www.logos-press.ru
 № заказа 08-07/11-1

**УЧРЕДИТЕЛЬ
 И ИЗДАТЕЛЬ:** ООО «Экспозиция»

АДРЕС УЧРЕДИТЕЛЯ, 423809,
ИЗДАТЕЛЯ Республика Татарстан,
И РЕДАКЦИИ: г. Набережные Челны,
 пр. Мира, 5/01, оф. 181

ТЕЛЕФОН: (8552) 38-49-47, 38-51-26

E-MAIL: info@exproz.ru
 www.exproz.ru

ДИРЕКТОР: Шарафутдинов И. Н.

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР: Кудряшов А. В.

ДИЗАЙН И ВЕРСТКА: Маркин Д. В.
 Тынчеров Э. Р.

**ДИЗАЙН ПЕРВОЙ
 СТРАНИЦЫ:** Тынчеров Э. Р.

РАСПРОСТРАНЯЕТСЯ: г. Казань,
 Набережные Челны,
 Альметьевск, Пермь,
 Нижнекамск, Саратов,
 Москва, Санкт-Петербург,
 Екатеринбург,
 Нижний Новгород,
 Уфа, Ижевск, Саранск,
 Ростов-на-Дону
 Челябинск,
 Магнитогорск, Самара.

АВТОРСКИЕ ПРАВА: За содержание реклам-
 ных материалов и объ-
 явлений редакция от-
 ветственность не несет.
 Весь рекламируемый
 товар подлежит обяза-
 тельной сертификации
 (ПОС). Мнение редакции
 не всегда совпадает с
 мнением авторов. Мате-
 риалы не рецензируются
 и не возвращаются. Лю-
 бое использование мате-
 риалов журнала допуска-
 ется только с разрешения
 редакции.

СВИДЕТЕЛЬСТВО: Журнал зарегистрирован
 27 июля 2006 года
 ПИ № ФС77-25309
 Федеральной службой по
 надзору за соблюдением
 законодательства в сфе-
 ре массовых коммуника-
 ций и охране культурного
 наследия.

Подписано
 к печати: 31.08.2007
 Тираж: 10 000 экз.

• Армирующие элементы бетонов	4
• Бетоны	5
• Гидроизоляция бетонов	10
• Опалубочные системы для ЖБИ	12
• Полимербетоны	14
• Химические добавки для бетонов	15
• Оборудование для производства сухих строительных смесей	18
• Сухие строительные смеси	28
• Оборудование	29
• Оборудование для бетонных заводов	30
• Оборудование для цементных заводов	32
• Дробильное оборудование	31
• Оборудование для производства пенобетона	36

В настоящее время после долгих споров и диспутов мне, наконец, захотелось заострить свое внимание на вопросе карбонизации бетона. К данному вопросу я обратился неслучайно. Так как еще в 2005 году в беседе с профессором Ездаковым из Московского дорожного института мною и моими товарищами был поднят вопрос строительства дорог из бетона – старой, но оправдавшей свое существование технологии, как хорошей альтернативе существующему и традиционно используемому асфальтовому покрытию, в случае нашего спора это касалось и фибробетона.

КАРБОНИЗАЦИЯ БЕТОНА

Все наши предложения разбивались о существующую догму профессора: «Карбонизация – вот основной враг дорожного покрытия». Но постойте, разве она не возникает в любых других видах изделий, сделанных из бетона? Почему столь важный и, несомненно, полезный опыт применения бетона в качестве покрытия сталкивается о такую в моем понимании значительную, но разрешимую проблему?

Тем более в Российской Федерации, да и у наших коллег из-за рубежа накоплен достаточно большой опыт использования бетона и фибробетона в качестве именно дорожного и аэродромного покрытия. Но перейдем от вопросов непосредственно к рассмотрению и решению поставленной задачи.

ЧТО ЖЕ ТАКОЕ КАРБОНИЗАЦИЯ?

Взаимодействие различных фаз жизни цементного камня с двуокисью углерода называется карбонизацией, это хрестоматийное определение данного коррозионного процесса.

При этом фазы преобразуются в карбонат и другие продукты реакции и приводят к изменению структуры самого цементного камня и уменьшению показателя R_n раствора в порах бетона.

Прежде всего, надо окончательно понять, что карбонизация как таковая есть именно химическое старение бетона и для неармированного бетона не имеет никакого значения!

Этой химической реакции следует уделять внимание в случае применения армирования при помощи стали. Но, как раньше я уже писал в своих статьях, именно фибробетон может стать той альтернативой способной решить данную задачу.

Гидроксид кальция ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) высвобождается, в первую очередь, при гидратации трехкальцевого (C_3S) и двухкальцевого (C_2S) силикатов. Нет изменений и при дальнейшей гидратации. Таким образом, поровая жидкость характеризуется стабильным высоким значением pH в 13,5 что соответствует насыщенному щелочесодержащему раствору гидроксида кальция. (рис.1 ►).

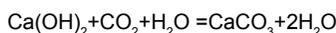
Плоские, сросшиеся между собой (сланцеподобные) кристаллы портландита, возникшие при гидратации C_3S и находящиеся среди игольчатых гидросиликатов кальция.

Находящиеся в атмосфере земли кислотообразующие газы, такие как двуокись углерода (CO_2) и двуокись серы (SO_2), стремятся в присутствии влаги нейтрализовать эту высокощелочную среду. Тем самым ослабляется ее защитное действие на сталь и при воздействии влаги воздуха и кислорода на-

ходящаяся в бетоне сталь начинает интенсивно корродировать.

Еще в 1916 году было доподлинно известно, «что, учитывая чрезвычайную важность надежного состояния арматуры в железобетоне, крайне важно, чтобы вопросу коррозии арматуры уделялось максимальное внимание....»

Самое главное в понимании процесса карбонизации, химического процесса, это осознать, что почти всегда данный процесс рассматривается как нежелательный, который ухудшает долговечность железобетона. При этом надо понимать, что карбонизация имеет и положительную сторону, ее действие приводит к углублению процесса твердения цементного камня.



Таким образом, карбонизация оказывает положительное действие:

- увеличение плотности структуры бетона в результате увеличения объема за счет вновь образовавшегося карбоната кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaCO}_3$ дает увеличение объема на 11%;
- повышение водо- и газонепроницаемости за счет уменьшения общего объема пор на 20...28%;
- повышение прочности бетона на 20-50% в зависимости от марки цемента. И отрицательное:
- понижение показателя pH раствора в порах, вследствие чего возникает

опасность корродирования стали. Образующиеся продукты коррозии стали приводят к растрескиванию бетона вокруг арматуры.

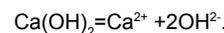
ЭТАПЫ КАРБОНИЗАЦИИ.

Процесс карбонизации состоит из целого ряда промежуточных этапов. При этом наиболее важны всего три:

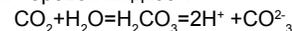
1. Диффузия CO_2 через капиллярные поры бетона

- размер капиллярных пор > 10 нм;
- размер молекул $\text{CO}_2 = 0,23$

Одновременно происходит растворение кристаллического кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в поровой жидкости и его диссоциация:



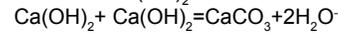
2. Реакция и растворение CO_2 в щелочной поровой жидкости



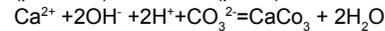
При этом H_2CO_3 находится в равновесии с карбонатами CO_3^{2-} /

3. Нейтрализация $\text{Ca}(\text{OH})_2$

кислотой $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

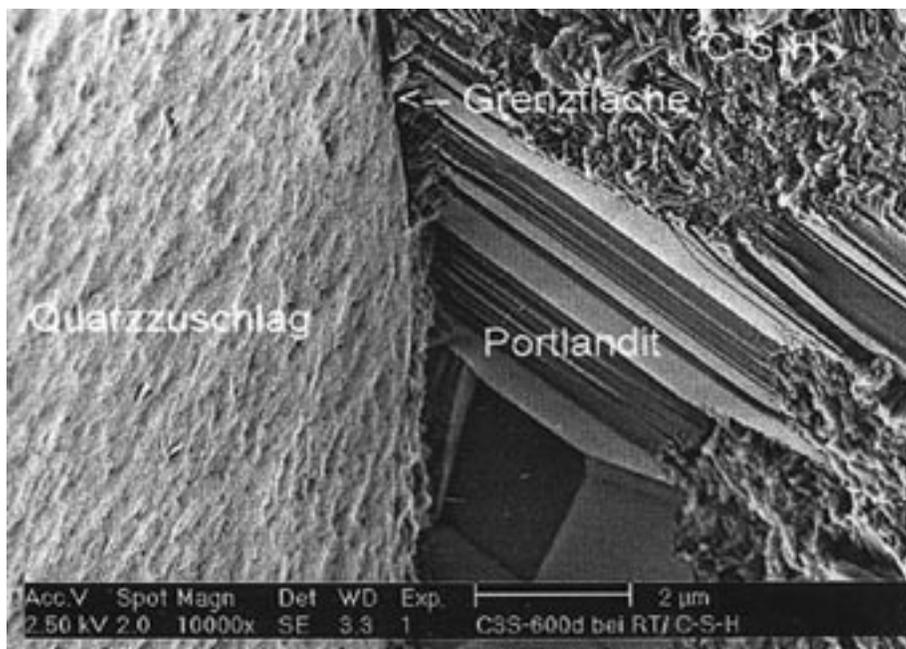


($\text{pH} = 12,6$) ($\text{pH} < 9$)



(почти нерастворим)

- В процессе этих реакций показатель pH поровой жидкости снижается от начального значения 12,6 до значения ниже 9. При этом нарушается ►



защитное действие на сталь. Воздействие поровой жидкости и кислорода может привести к коррозии арматурной стали, уложенной в бетоне.

- Для образования угольной кислоты $H_2CO_3^{2-}$ из CO_2 необходима вода (H_2O). По этой причине в полностью сухом бетоне не может происходить карбонизация.
- Химическая реакция CO_2 с $Ca(OH)_2$ и фазами C-S-H препятствует диффузии CO_2 . Этим объясняется и влияние вида цемента на скорость карбонизации.

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЛУБИНЫ КАРБОНИЗАЦИИ.

Глубина карбонизации бетона может определяться различными методами.

- Рентгенодиффрактометрией, с помощью специального рентгенодифрактора.
- Инфракрасной спектроскопией.
- Микроскопией.
- Дифференциально-термическим анализом.
- Химическим анализом. При этом бетон снимается послойно, измельчается и по концентрации OH путем титрования ионов OH⁻ определяется pH среды.
- Электрохимическим методом. При этом бетон также снимается послойно и измельчается. Полученный порошок выдерживают в воде и с помощью электродов измеряют потенциал и определяют pH водного раствора.
- Определение с помощью индикаторов. Этот, как наиболее простой метод, определения глубины карбонизации, предназначен для определения измерения pH с помощью соответствующего индикаторного раствора. Для оценки раствора и бетона хорошо зарекомендовал себя 1-ый раствор фенолфталеина в 70%-ом спирте, цвет которого в среде с pH>9 изменяется от бесцветного до красно-фиолетового. На свежих поверхностях разлома при нанесении данного раствора на карбонизированный участок изменения цвета не происходит, в то время как при нанесении раствора на некарбонизированный участок этот участок окрашивается в красно-фиолетовый цвет.

Увы, данный способ не подходит для определения глубины карбонизации на образцах, полученных резанием. Это происходит по двум причинам:

- при влажном бурении или резании в некарбонизированной зоне происходит вымывание $Ca(OH)_2$ и поэтому щелочная реакция не идентифицируется.
- в карбонизированной зоне могут встречаться негидратированные фрагменты, и таким образом будет идентифицироваться щелочная реакция.

ПОЧЕМУ КАРБОНИЗАЦИЯ ПРОГРЕССИРУЕТ?

В связи с тем, что в последнее время проблемы разрушения бетона приобретают достаточно массовый характер, проблема карбонизации выходит на лидирующие позиции по следующим причинам:

1. В массовом строительстве стали применяться и (их доля увеличивается постоянно) цементы более высоких марок прочности.

2. Наши производители применяют более высокомарочные цементы, но не уменьшают его количество, следуя старым рецептурам и нормам. Конечно, их оправдывает то, что они работают с более пластичным бетоном, тем самым облегчая его укладку. Но вследствие этого более высокое водоцементное отношение повышает пористость бетона, который в результате становится более проницаемым, а как следствие – менее прочным.
3. Зачастую наши производители пренебрегают контролем над защитным слоем бетона. Контроль ведется из рук вон плохо; как следствие, арматура находится на минимальном расстоянии от эксплуатируемой поверхности.
4. Следует заметить, что количество CO_2 в последнее время резко возросло. С начала 19-го века содержание последнего в воздухе увеличилось с 280 ppm (0,028%) до 350 ppm (0,035%) в середине 80-х годов прошлого столетия, то за более короткий интервал времени эта цифра достигла 490 ppm (0,049%). Согласитесь, цифры впечатляют. В связи с индустриализацией и увеличением роста населения, как следствие – потреблением ископаемых видов топлива, таких как газ, нефть, уголь, а также вследствие выкорчевывания лесов, в том числе тропических, содержание CO_2 в последующие годы увеличится еще на 0,4%.
5. Содержание других вредных веществ в воздухе также сильно увеличивается. Это и сера SO_2 , и окислы азота NO и NO_2 .
6. Ну и самая главная проблема – это нарушение технологии изготовления бетона. Что греха таить, наши производители следят только за тем, чтобы их кубы по прошествии 28 суток набрали положенную прочность, а остальное хоть трава не расти.

На основании всего вышеизложенного можно сказать, что не только внешние факторы приводят к разрушению вследствие карбонизации, а многое зависит и от тех кто производит и работает с бетоном.

Ведь половина Америки использует в течение долгого времени бетонные дороги, хотя причина лежит и не в том, что американцы горели желанием делать именно бетонные дороги. Все гораздо прозаичнее, просто на юге было сосредоточено большое количество бетонных производств, и дабы они не простаивали было решено использовать бетон при строительстве дорог.

Более старый пример: Германия времен Гитлера; практически все дороги по которым шли танки на Советский Союз, были бетонными, и служат они до сих пор!

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ, СПОСОБНЫЕ УМЕНЬШИТЬ И ОСТАНОВИТЬ КАРБОНИЗАЦИЮ.

Применительно к бетону, это прежде всего создание защитного слоя который должен соответствовать ожидаемой глубине карбонизации. Необходимо соблюдать минимальную толщину защитного слоя в соответствии со стандартом, применимым к тем или иным видам железобетонных изделий. Минимальная

толщина зависит от марки цемента, количества цемента и его класса прочности.

Несомненно, требуется стремиться изготавливать плотный бетон. На всех этапах технологического процесса надо следить за тем, чтобы бетон был изготовлен с минимальным количеством пор. Вот те простые правила, которым надо следовать:

- Изначально минимизируйте водоцементное отношение, его верхнее значение должно соответствовать $v/c < 0,55 \dots 0,60$.
- Использовать минимальное количество цемента, благо в наших условиях, когда цемент дорожает, это необходимо; например, при изготовлении бетона марки В25 класть цемента марки М400 меньше 300 кг/м³.
- Обеспечивать полное уплотнение по всей толщине бетона при помощи глубинных вибраторов, таким образом выталкивая воздух, а на поверхности при помощи виброреек и поверхностных вибраторов.
- Также постоянно надо стремиться к высокой степени гидратации, на этапе изготовления можно добавить полипропиленовую фибру, она удержит влагу при созревании, далее требуется обеспечить хороший последующий уход за бетоном, с тем, чтобы поверхностный слой хорошо гидратировался и был плотным, и не произошло последующего высыхания.

Также надо повысить сопротивление диффузии CO_2 , т.е. замедлить саму карбонизацию, здесь основное средство – это применение различного вида покрытий. Скорость диффузии прежде всего зависит от размера молекул газа, ввиду того, что молекулы CO_2 больше, чем молекулы H_2O , то их диффузия происходит медленнее. Поэтому в настоящее время разработаны системы покрытий, которые при относительно хорошей водопроницаемости оказывают хорошее сопротивление диффузии CO_2 .

Это:

- Полиуретановые смолы
- Эпоксидные смолы
- Синтетические дисперсии-силеры типа Ashford formula.

Гидрофобные средства:

- Силиконы
- Силоксаны (макромолекулярный кремний-органические соединения, которые должны хорошо переноситься щелочными компонентами бетона)
- Полимерные эфиры метакриловой кислоты – акриловые смолы
- Дисперсии стеарата кальция +отработанные сульфатные щелочи.

Повторное подщелачивание бетона – также один из старых способов замедления процессов карбонизации.

- Защита бетона при помощи пропитки щелочными растворами, здесь можно применить и малоэффективный способ пропитки при помощи известкового молока, ввиду того что отдельные частицы достаточно велики и неспособны диффундировать в верхний слой.
- Нельзя не оставить в стороне и достаточно интересный и перспективный способ, это изготовление верхнего

финишного слоя на основе цементного вяжущего или из фибробетона, с или без синтетических добавок и, в зависимости от условий, со средствами, замедляющими коррозию, например Нитрат Кальция (Nitcal). Принципиально можно оптимизировать толщину верхнего слоя, ввиду его плотности и дисперсного армирования по объему, он будет препятствовать дальнейшей карбонизации в общее тело бетона. (Работа Войлокова И.А. «Повышение качества и долговечности эксплуатации промышленных полов путем оптимизации параметров слоя износа».)

Применительно к арматуре существует масса различных способов, но сразу следует оговориться, что защита стали не будет панацеей от карбонизации.

Но по порядку:

- Создание на поверхности стали защитных покрытий из краски, эпоксидов и пластмасс.
- Нанесение гальванических покрытий. Прежде всего оцинковка, которая препятствует коррозии. Цинк препятствует коррозии стали, поскольку он образует с ней электрохимический элемент. Действие основано на расходовании цинка (толщине покрытия) и поэтому ограничено во времени. Примером является финская компания Terraspeikko.
- Также можно использовать армирующие стержни из комбинированных материалов, из пластмасс, армированных углеводородистыми или стекловолокнами.
- Катодная защита арматуры. Стойкость стали базируется на пассивации анодно-

го растворения. Создается возможность, при которой, за счет внешнего источника или катодного катализатора, потенциал стали смещается в направлении катода, так, что анод больше не может переходить в раствор.

- Также есть дорогой, но достаточно высокоэффективный способ повышения коррозионной стойкости стали посредством легирующих добавок, здесь и хром, никель, молибден (нержавеющие стали), но как мы понимаем, это маловероятно ввиду дефицита данных материалов и сложности использования на практике.

Отдельно хотелось бы отметить как средство борьбы с карбонизацией и применение хорошо известного, но мало применяемого у нас в России материала Nitcal (Нитрат Кальция). В условиях оптимизации строительных процессов и постоянного роста цен на цемент, его применение станет хорошим подспорьем для наших строителей.

Но прежде дадим определение. Нитрат Кальция является ингибитором коррозии. Это состав, который задерживает начало коррозионного процесса и его распространение. Он не обязательно предотвращает его появление. Катодные ингибиторы замедляют или уменьшают степень превращения кислорода на катоде в процессе коррозии, в то время как анодные ингибиторы замедляют или уменьшают степень окисления железа и растворение. Литературные данные указывают на то, что при испытаниях в эксплуатационных условиях анодные ингибиторы в целом работают лучше.

Нитрат кальция работает как анодный ингибитор коррозии арматурных стержней в бетоне как в случае с хлоридами, добавленными в воду для затворения, так и с хлоридами, добавленными позже. Для достаточно хорошей защиты, необходимо добавлять NITCAL в дозировке 3 – 4 % от массы цемента.

Механизм замедления коррозии нитрата аналогичен механизму действия хорошо известного анодного замедлителя коррозии – нитрита, но нитрат не проявляет своих свойств, в краткосрочных испытаниях из-за медленной кинетики. Однако это не имеет значения на практике, так как коррозия арматуры в бетоне – это достаточно медленный процесс.

Согласно теории, NITCAL как замедлитель коррозии предпочтительней нитрата кальция в эквивалентной дозировке. NITCAL (Нитрат кальция) также является экологически чистым и безопасным, он доступен в больших количествах и дешевле, чем нитрит кальция.

В заключение хотелось бы отметить, что наша борьба с карбонизацией не будет оставаться ни на секунду, так как это зло объективно, но при соблюдении технологии производства работ и при применении новых методов защиты, мы способны получать качественные бетонные изделия с долгим сроком эксплуатации и в полной мере защищенными от карбонизации. ■

ВОЙЛОКОВ И. А.

доцент кафедры Технологии, организации и экономики строительства, Санкт-Петербургского Государственного Политехнического Университета



БЕТОН ТОВАРНЫЙ НА ГРАНИТЕ И ГРАВИИ

Производство и поставка по Москве и Московской области, днем и ночью, круглый год.

ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ИЗДЕЛИЯ (ЖБИ)

Самовывоз и поставки широкого спектра железобетонных изделий.

НАВАЛЬНЫЙ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ (ПЦ 500, ПЦ 400)

Поставки на Москву и область хопперами, автоцементовозами, самовывоз с собственных перевалок.

ООО "СтройБизнесКомплект"

111250, Россия, г.Москва,
ул. Красноказарменный проезд,
д. 1, офис 400
т. (495)229-41-71
www.stroibk.ru
info@stroibk.ru