

МИНИСТЕРСТВО НАРОДНОГО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ

ХАРЬКОВСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

ДЕМИНА ОЛЬГА ИВАНОВНА

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АКТИВИРОВАННОЙ ЗОЛОКАРБОНАТНОЙ  
СУСПЕНЗИИ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА БЕТОНА

Специальность: 05.23.05 - Строительные материалы и изделия

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Харьков 1992



00819723 (U)

Работа выполнена на кафедре

Харьковского института инженеров железнодорожного транспорта  
имени С.М. Кирова

Научный руководитель: - Лауреат Государственной премии Украины  
в области науки и техники, Почетный  
транспортный строитель,  
профессор А.И. Бирюков

Официальные оппоненты: -член-корреспондент Грузинской Академии  
наук, доктор технических наук,  
профессор О.П. Мчедлов-Петросян  
-кандидат технических наук, доцент  
Н.П. Вурак

Ведущая организация - П/О Харьковжелезобетон

Защита состоится *"24" октября* 1992 г.

на заседании специализированного совета Д 068.33.01 по специаль-  
ности 05.23.05 "Строительные материалы и изделия" Харьковского  
инженерно-строительного института по адресу:

Г. Харьков, ул. Сумская, 40

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан *"23" октября* 1992 г.

Ученый секретарь  
специализированного совета,  
д.т.н., профессор

А.В. Умеров-Маршак



### ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Важнейшей задачей, вытекающей из состояния современного строительства, является ресурсосбережение, а именно, экономия материалов (в т.ч. цемента), снижение энерго- и трудозатрат, повсеместное использование вторичных ресурсов при изготовлении бетонных и железобетонных изделий. Перспективным направлением для решения этой задачи является использование вяжущих низкой водопотребности (ВНВ), получаемых путем сухого помола цемента и минеральных переших в присутствии поверхностно-активных веществ.

Мы считаем, что эффективной заменой ВНВ могут стать многокомпонентные вяжущие на основе портландцемента с активированными тонкомолотыми наполнителями, производство которых может осуществляться непосредственно на предприятиях строительной индустрии. В этом случае предлагается широкое использование водных растворов суперпластификаторов (СП) для облегчения измельчения наполнителей. Наряду с этим представляется возможным более эффективно управлять свойствами бетона за счет управления поверхностными явлениями на зернах цемента и наполнителя при их взаимодействии с жидкой фазой, а также оптимизации микроструктуры цементного камня, повышения ее плотности за счет уменьшения количества воды для затворения бетона, улучшения структуры контактной зоны путем регулирования гранулометрического состава многокомпонентного вяжущего.

В качестве помольных агрегатов для получения тонкомолотых порошков наполнителя могут использоваться: дезинтеграторы и роторно-пульсационные аппараты (РПА), электроструйные мельницы, а также высокоскоростные турбулентные смесители.

В качестве тонкомолотых минеральных добавок пригодны порош-

ки кварцевых, известняковых и других горных пород, а также отходов и побочных продуктов производства: шлаков всех видов, зол и др. Однако введение одного микронаполнителя, наряду с положительными, ведет и к отрицательным результатам. Так, введение кислых зол уменьшает скорость твердения вяжущего и уменьшает рН среды, что отрицательно сказывается на долговечности бетона. Устранить отрицательное явление, вызываемое кислой золой, можно путем введения другой тонкомолотой добавки, которая резко отличается от кислых зол и по своей природе может вступать во взаимодействие с ними. Такой добавкой могут быть пылевидные карбонатные отходы камнедробильных заводов. Как известно, карбонатсодержащие добавки увеличивают скорость твердения цементных систем, рН среды, за счет чего может быть увеличена эффективность вяжущего.

Возможность совместного использования зол ТЭС и карбонатных порошков исследовано еще недостаточно, в частности, нет работ по комплексному использованию этих микронаполнителей, подвергнутых активации в РПА. Преимуществом использования РПА является возможность обеспечения минимального времени эффективного взаимодействия частиц силикатов, алюминатов, карбонатов кальция между собой и с водой.

Введение многокомпонентных микронаполнителей, вследствие оптимизации гранулометрического состава, обеспечивается плотный контакт на поверхностях раздела компонентов цементного камня и уменьшает внутренние микронапряжения и микродеформации в материале.

Цель работы. Разработка технологии получения нового многокомпонентного вяжущего на основе цемента и активированного золо-карбонатного наполнителя с более высокими, по сравнению с цементом, физико-механическими характеристиками.

Изложенное позволило сформулировать задачи исследования:

1. Изучить процессы формирования микроструктуры золокарбонатцементного вяжущего, влияния состава и granulометрии вяжущего на его свойства.

2. Определить оптимальные параметры обработки золокарбонатной смеси в РПА.

3. Изучить реологические свойства и процессы гидратации золокарбонатцементного вяжущего (ЗКЦВ) в присутствии ПАВ.

4. Исследовать влияние предложенных минеральных порошков на процессы структурообразования и свойства цементного камня при различных условиях твердения.

5. Исследовать свойства бетона, приготовленного с использованием золокарбонатцементного вяжущего с добавкой ПАВ.

6. Провести опытно-промышленную проверку и внедрение в производство технологии приготовления бетонных смесей на основе золокарбонатцементного вяжущего и определить технико-экономическую эффективность применения предложенных добавок в технологии бетона.

Научная новизна и практическая ценность диссертационной

работы:

1. Теоретически обоснована возможность разработки эффективной технологии производства золокарбонатцементных вяжущих с использованием роторно-пульсационного аппарата (РПА).

2. Изучено влияние тонкомолотой золакарбонатной составляющей, подвергнутой гидродинамической обработке в РПА, с одновременным введением ПАВ на процессы гидратации и твердения смешанного вяжущего, а также на его структурообразование.
3. Разработаны методы оптимизации микроструктуры цементного камня с использованием минеральных порошков и ПАВ.
4. Изучены свойства бетонов на основе золакарбонатцементного вяжущего.
5. Разработан способ производства и состав золакарбонатцементного вяжущего.
6. Доказана эффективность совместного использования зол ТЭС и отходов камнедробления известняков для получения золакарбонатцементного вяжущего.
7. Получено положительное решение на заявку № 4740147/33 (I20375) "Способ приготовления суспензии для использования в бетонной смеси."

Апробация полученных результатов и их практическая реализация.

Разработана и апробирована эффективная заводская технология изготовления изделий из бетона на золакарбонатцементных вяжущих. Получены данные о прочностных и деформативных характеристиках, морозостойкости, коррозионной стойкости бетонов на ЗКЦВ.

Установлена возможность замены 30-50 % цемента активированной золакарбонатной составляющей без снижения прочностных характеристик материала и с улучшенными эксплуатационными показателями.

Основные положения диссертации докладывались на X Всесоюзной конференции "Ресурсосбережение в проектировании и изготовлении бетонных и железобетонных конструкций", г. Харьков, 1988 г.,

Республиканской конференции "Ресурсосберегающие технологии, структура и свойства дорожных бетонов" г. Харьков, 1989 г.

Публикации. Основные положения работы изложены в 5 публикациях и нашли отражение в положительном решении по заявке № 4740I47/33 (I20375) "Способ приготовления суспензии для использования в бетонной смеси".

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, общих выводов, списка литературы, включающего I2I наименование, и приложений. Работа изложена на I50 стр., в том числе I00 машинописного текста, 39 рисунков, 20 таблиц.

#### СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Широкое развитие исследований цементов с тонкомолотыми минеральными добавками - микронаполнителями - началось с 30-х годов после опубликования работ П.П. Будникова, Кинда В.А., Журавлева В.Ф. и В.Н. Юнга с сотрудниками. Впоследствии вопросами применения микронаполнителей занимались также Д.М. Бутт, П.А. Ребиндер, В.И. Колбасов, В.И. Соломатов, О.П. Мещдлов-Петросян, Л.А. Малинина и др.

Установлены три основных условия изготовления портландцемента с микронаполнителями.

1. Высокая степень использования портландцемента при его взаимодействии с водой.
2. Непрерывный гранулометрический состав растворной смеси при введении наполнителей соответствующего гранулометрического состава.
3. Более интенсивная гидратация портландцемента в присутствии мелотых добавок.

Прочность микробетона при равных В/Ц зависит от тонкости помола цемента и наполнителя, а также контактных сил сцепления между зернами микронаполнителя и продуктами гидратации портландцемента. Увеличение прочности цементного камня при введении тонкомолотого микронаполнителя дает основание считать, что микронаполнители влияют на состояние продуктов гидратации, оказывая каталитическое воздействие на процессы гидратации.

Серьезное значение имеет гранулометрический состав цементного порошка, характеризующийся содержанием в нем зерен различных размеров. Учет особенностей микроструктуры затвердевшей массы цемента дает возможность проектировать микробетон с рациональным составом, получить затвердевший цементный камень с заданными свойствами - такими, как водонепроницаемость, морозостойкость, высокое сопротивление истираемости и растяжению.

Перспективными микронаполнителями многокомпонентных вяжущих на базе цементов являются золы ТЭС, а также отходы камнедробления различных пород, в частности, известняковых. Следует отметить, что изучением процессов гидратации золоцементов занималось множество отечественных и зарубежных исследователей. Однако эти работы посвящены золам-уноса. В то же время еще более крупнотоннажным отходом являются золы гидроудаления. Зола гидроудаления является инертными, частично прогидратированными материалами. Они не могут быть использованы в качестве вяжущего взамен части цемента без предварительной активации, т.к. не способны к самостоятельному гидравлическому твердению. Следовательно, для использования данных зол в качестве добавки в цемент необходимо решить ряд технологических, организационных и технико-экономических задач для их активации.

Активация может быть химической, механической, механо-химической.

Особый интерес представляет механо-химическая активация золы.

Другим крупнотоннажным отходом горноперерабатывающей промышленности являются карбонатные породы.

Положительная роль известняка в цементном вяжущем описана во множестве работ, в которых главным взаимодействием известняка с гидратными новообразованиями цементного камня признано химическое.

Замечено, что двухкомпонентные цементные системы не всегда эффективны вследствие неоптимальной структуры образуемого цементного камня и недостаточного сцепления между его компонентами.

Известны многокомпонентные цементы с наполнителями различной природы и активными добавками.

Введение в вяжущее нескольких разных по своей природе наполнителей позволяет существенно уменьшить отрицательное действие каждого из них на свойства материала. Желательно подбирать такие наполнители, которые могут взаимодействовать друг с другом.

Следует отметить, что введение зол, в частности кислых, в вяжущее оказывает наряду с положительным и отрицательное действие, уменьшить которое можно путем использования активных добавок или других микронаполнителей.

Одним из путей улучшения качества вяжущего на основе кислых зол ТЭС является введение щелочного компонента.

Таким компонентом могут быть карбонатные отходы камнедробильных заводов, причем для активного участия карбоната кальция в образовании минеральной связки в твердеющей системе необходимо, чтобы последняя содержала значительное количество алюмосиликатной фазы. В качестве алюмосиликатной фазы вяжущего,

обеспечивающей вовлечение карбоната кальция в реакции гидратации и твердения, могут быть зола и шлаки ТЭС, представленные кислыми алюмосиликатными стеклами.

Введение карбоната, как третьего компонента в смешанное золоцементное вяжущее, с одной стороны, оптимизирует гранулометрический состав системы цемент+зола+карбонат, а с другой стороны, ускоряет твердение цементного камня за счет взаимодействия минералов золы и карбоната.

Обзор результатов исследований ряда авторов показывает, что взаимодействие алюмосиликатов, содержащихся в золах, с тонкомолотыми карбонатными добавками не достаточно эффективно. Следовательно, необходимо изыскивать пути активизации этого взаимодействия.

Условия для активации частиц золы гидроудаления и пылевидных карбонатов могут быть созданы при наложении виброимпульсного поля в роторно-пульсационном аппарате (РПА) с одновременным введением поверхностно-активных добавок. В этом случае ПАВ должны снизить коагулирующую способность зерен наполнителей улучшить смачивание их поверхности и, как следствие, значительно повысить сцепление между продуктами новообразований в результате гидратации цемента и зерен наполнителя, оптимизировать гранулометрический состав из зерен цемента и наполнителей (т.е. оптимизировать микроструктуру бетона по В.Н. Днгу).

Обработка наполнителей в РПА позволяет повысить их активность за счет разрушения агрегатов и удаления с поверхности зерен золы продуктов гидратации, обнажения свежих поверхностей с высокой свободной энергией, что придает зернам вяжущего и наполнителя большую эффективность взаимодействия, сократить расход цемента в бетоне без снижения его прочности.

Таким образом, мы предлагаем, что эффект, полученный в

результате обработки зола-карбонатной смеси в РПА будет значительно увеличен, т.е. РПА эффективен и в нашем случае.

РПА состоит из ротора и, статора, которые в виде пары коаксиальных цилиндров (с прорезями), установлены в корпусе. Прорези в цилиндрах выполнены таким образом, что на цилиндрической поверхности ротора и статора образуется периодическая решетка.

Внутри корпуса, на оси ротора, закреплена крыльчатка для усиления в аппарате насосного эффекта.

При работе аппарата в рабочей зоне возникают интенсивные сдвиговые напряжения между слоями жидкости, зависящие от вязкости жидкости и состояния поверхности рабочих органов аппарата, а также от величины зазора между ротором и статором и частоты вращения ротора.

Эффективность применения РПА определяется совокупностью гидромеханических явлений, зависящих от градиента скорости потоков обрабатываемой среды, и выражается в интенсивном развитии поверхности контактов фаз.

Совместная физико-механическая активация частиц золы и карбоната дает возможность, во-первых, получить тонкодисперсный материал, во-вторых, интенсифицирует химическое взаимодействие зольных частиц, с частицами карбоната основного характера. При этом эффективность воздействия РПА может быть повышена за счет введения в смесь поверхностно-активных веществ (в наших исследованиях ЛСТ и С-3). В этом случае ПАВ должны снизить коагулирующую способность золы и карбоната улучшить их смачивание, повысить технологичность применения зол гидроудаления и карбонатов.

Совместная гидродинамическая активация золы и карбонатов интенсифицирует процессы их химического взаимодействия. В ре-

зультате микронаполнитель выполняет активную роль в процессах гидратации и твердения цементного вяжущего, повышая его прочностные и эксплуатационные характеристики.

В качестве исходных материалов в работе использовались портландцементы Балаклевского и Белгородского цементных заводов, зола-гидроудаления Молдавской ГРЭС, а также карбонатная пыль (Фитешского карьера)

В качестве пластифицирующих добавок использовали суперпластификатор В-3 и порошкообразный ЛСТ.

Минерально-фазовый состав золы представлен в основном стеклофазой (85-90 %), которая состоит из частиц шарообразной формы, и реже - включений железистых соединений и пузырьков воздуха.

Наличие стекловидной оболочки на зернах золы замедляет проявление ее пуццолановых свойств, что снижает прочность в начальные сроки твердения. Содержание магнетита - 7 %, кварца - до 3 %. Влажность золы 15 %, агрегатная плотность золы - 2,15-2,24 г/см<sup>3</sup>, удельная поверхность 2200 см<sup>2</sup>/г. Удельная поверхность карбонатной пыли 1800 см<sup>2</sup>/г. Содержание в пыли  $CaCO_3$  до 98 %.

Активация золокарбонатной суспензии с В:Т = 1:1 проводилась в РПА в течение 1 мин при скорости вращения ротора 4500 об/мин.

Активность золокарбонатной составляющей, подвергнутой обработке в роторно-пульсационном аппарате (РПА), определялась путем определения прочности образцов из теста на основе золокарбонатоцементного вяжущего, содержащего активированную золокарбонатную добавку взамен части цемента, и испытанием его по ГОСТ 310.4-81.

Полученная активированная суспензия вводилась в бетонную смесь непосредственно при ее перемешивании.

С целью оптимизации состава золокарбонатоцементного вяжущего

было использовано математическое планирование эксперимента. С этой целью использовался двухфакторный симметричный план на 5-ти уровнях.

В качестве критерия оптимизации взята прочность при сжатии и изгибе в разные сроки створдения золокарбонатцементного вяжущего.

В результате математической обработки данных по плану эксперимента определено оптимальное соотношение компонентов вяжущего составляющее /масс.%/ цемент:зола:карбонатная пыль = 70:24:6.

Одним из главных результатов гидродинамической обработки является измельчение частиц твердой фазы, и, как следствие, увеличение их удельной поверхности.

Водозольная, водокрбонатная и водозолокарбонатная суспензия (с Т:Ж:И:И) обрабатывались на лабораторном РПА с частотой вращения ротора 4500 об/мин.

Интенсивный рост удельной поверхности наблюдается при обработке до 2 мин. При активации золы более 2-х минут ее удельная поверхность составляет примерно около 4500 см<sup>2</sup>/г и увеличение весьма незначительно по сравнению с исходной 2200 см<sup>2</sup>/г. При активации карбонатной пыли ее удельная поверхность достигает 6000 см<sup>2</sup>/г, при исходн. 1800 см<sup>2</sup>/г и после 2-х мин обработки практически не увеличивается. При совместной активации золы и карбонатной пыли достигается удельная поверхность смеси 5000 см<sup>2</sup>/г.

С целью интенсификации измельчения наполнителей в РПА совместно с водозолокарбонатной суспензией вводилась добавка С-3 в количестве 0,5 % в пересчете на сухое вещество от массы цемента. Было установлено, что введение ПАВ способствует достижению максимальной удельной поверхности за I минуту обработки ПАВ и повышает устойчивость суспензии к седиментации.

Если ПАВ не вводится, то полная седиментация частиц в суспензии после активации золя происходит в течение 3 часов, а золокарбонатной добавки в течение 2 часов; введение суперпластификатора увеличивает седиментационную устойчивость до 5 часов, что является большим преимуществом при использовании суспензии в производственных условиях.

Исследования физико-химических характеристик и структуры цементного камня золокарбонатцементного вяжущего производились методами рентгенографии, дериватографии, рН-метрии, петрографии, электронной микроскопии, пластометрии.

Исследовались 3 типа микроструктуры цементного камня, в которых матрицей является фаза с активированной золой, с активированными карбонатом и активированной смесью этих материалов.

Установлено, что введение активированной золокарбонатной суспензии в состав вяжущего оказывает активирующее воздействие на процессы гидратации цементного вяжущего. Это проявляется в увеличении степени гидратации, в получении более однородной плотной структуры. При этом отмечается повышенное содержание гидросиликатов кальция и изменение морфологии портландита в твердеющей композиции на основе многокомпонентного вяжущего.

Использование активированной золокарбонатной суспензии способствует ускорению структурообразования цементного теста по сравнению с использованием неактивированной суспензии. Введение добавки С-3 в цементную композицию увеличивает период формирования структуры, дает возможность получить более однородную структуру цементного камня.

Подбор состава тяжелого бетона с применением золь гидродаления и карбонатной пыли, активированных в роторно-пульсационном аппарате, проводился с учетом оптимальных соотношений

между указанными компонентами, которые обеспечивают наибольшее значение коэффициента эффективности использования цемента при изготовлении бетонов заданных характеристик.

В качестве оптимального состава принят следующий (кг/м<sup>3</sup>): цемент - 287; зола 98; К.П. - 25; П-666; Щ- II20; При В/Ц - 0,45 и коэффициентом эффективности  $K_{\text{э}}=0,162$ .

Введение активированной суспензии в состав цементного теста оказывает существенное влияние, в первую очередь, на его реологические свойства. При этом, карбонатный микронаполнитель увеличивает пластичность вяжущего в большей степени, чем зола. Гидродинамическая активация суспензий золы и карбонатной пыли оказывает усиливающий эффект на подвижность бетонной смеси. При этом наблюдается различие по эффективности влияния этих микронаполнителей на водопотребность и пластичность смеси.

Введение карбонатного наполнителя, обработанного в РПА, в количестве 50 % от массы цемента снижает водопотребность равнопластичных бетонных смесей на 10 %. Введение золы снижает этот показатель на 12,5 %. Золокарбонатный наполнитель снижает этот показатель на 12 %. Аналогичное соотношение этих показателей характерно при введении суперпластификатора С-3, учитывая абсолютное снижение водопотребности за счет его пластифицирующего эффекта.

Введение в бетонные смеси тонкомолотых наполнителей, поверхностно-активных веществ, а также предварительная их активация в РПА способствуют вовлечению в бетонные смеси дополнительного количества воздуха в виде мелких замкнутых пор, что благоприятно сказывается на долговечности бетона.

Исходя из условий максимального снижения водопотребности бетонной смеси и повышения прочности бетона, оптимальное ко-

личество добавок принято для ИСТ 0,2 % и для С-3 - 0,7 %.  
Увеличение содержания наполнителей взамен части цемента от 10 до 50 %, привело к увеличению воздухоудержания смесей с 2,2 % до 2,7 %.

Прочностные характеристики бетонов, приготовленных с использованием ЗКЦВ на гранитном и карбонатном крупном заполнителях, изучались на бетонах классов прочности В 22,5 и В 30.

Введение в состав бетонной смеси активированной золокарбонатной суспензии взамен 30 % цемента производилось путем добавления расчетного количества суспензии к сухой смеси цемента и наполнителей, после чего вводилось недостающее до расчетного количество воды для достижения требуемой удобоукладываемости. Бетоны подвергались тепловлажностной обработке по режиму ( $3+4+6+2$   $T_{из} = 85$  °С) и испытанию на прочность при сжатии через 1 и 28 суток по ГОСТ 18105-86. В олученные данные приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Прочность бетонов после ТВО на гранитном заполнителе

Вид вяжущего	Прочность R <sub>сж</sub> , МПа			
	на 1 сутки		на 28 суток	
	без доба- вок	с С-3	без доба- вок	с С-3
1. ПЦ 500	27,7	37,4	39,6	44,5
2. ПЦ 500 с 30 % (З+К)	19,8	29,5	30,9	33,4
3. ПЦ 500 с 30 % (З+К) акт.	28,9	39,9	42,0	48,3
4. ВПЦ 500	29,5	38,9	40,9	46,2
5. ВПЦ 500 с 30 % (З+К)	22,5	29,3	33,1	36,4
6. ВПЦ 500 с 30 % (З+К) акт.	30,7	41,7	43,0	49,0
7. ШПЦ 400	19,5	25,4	31,0	34,4
8. ШПЦ 400 с 30 % (З+К)	12,4	16,3	21,4	23,3
9. ШПЦ 400 с 30 % (З+К) акт.	21,4	27,8	34,4	38,9

Таблица 2

Прочность бетонов на карбонатном заполнителе Рсж, МПа

Вид вяжущего	!Прочность после пропаривания			
	!без добавок!	с С-3	!без добавок!	с С-3
1. ПЦ 500 с 30 % (З+К) акт.	30,3	41,4	41,0	48,4
2. ВПЦ 500 с 30 % (З+К) акт.	31,8	43,3	40,3	49,2
3. ШПЦ 500 с 30 % (З+К) акт.	23,0	31,3	30,8	37,0

Контрольные составы на всех видах цемента показали прочность в разные сроки твердения, характерную для данных видов цемента. Замена 30 % вяжущего активированной золокарбонатной смесью в бетонах с гранитным заполнителем приводит к получению бетона с прочностью, приблизительно равной, таковой для контрольного состава, в то время как введение неактивированной золокарбонатной смеси в таком же количестве приводит к спаду прочности на I сутки после пропаривания на 25-30 %, а на 28 сутки на 20-30 % в зависимости от вида цемента. Применение суперпластификатора С-3 в количестве 0,5 % от массы вяжущего приводит к повышению прочности всех видов бетона. При этом на первые сутки после пропаривания для бетонов контрольного состава с неактивированной золокарбонатной смесью наблюдается повышение прочности на 28-35 %, а на 28 сутки на 9-13 % в зависимости от вида вяжущего. При этом отмечается тенденция к меньшему приросту прочности бетонов с неактивированной золокарбонатной смесью по сравнению с контрольными составами. Применение активированной золокарбонатной суспензии с добавкой С-3 способствует увеличению прочности бетонов через I сутки после пропаривания на 30-38 % и на 28 сутки на 13-15 % в зависимости от вида вяжущего. Последнее обстоятельство свидетельствует об эф-

фективности сочетания добавки С-3 с золокарбонатной смесью в виде активированной суспензии, выражающейся в неаддитивном увеличении прочности.

При использовании карбонатного щебня в бетонах, содержащих активированную золокарбонатную суспензию и добавку С-3 наблюдается повышение прочности через 1 сутки приблизительно на 36 % и на 28 сутки на 18-22 % в зависимости от вида вяжущего. Приведенные данные позволяют утверждать, что использование активированной золокарбонатной суспензии взамен 30% цемента позволяет получать бетоны равнопрочные с контрольными составами, а при введении суперпластификатора С-3 повысить прочность бетона на 13-22 %.

Определение водопоглощения проводилось согласно ГОСТ 12730.3-78 с использованием методики Туркестанова Г.А., позволяющей получить дифференциальное распределение скорости поглощения воды порами бетона, по которому можно судить <sup>об</sup> относительном количестве и распределении пор по размерам. Бетон с неактивированной золокарбонатной составляющей характеризуется менее однородной структурой и относительно большим водопоглощением, что указывает на наличие незамкнутых пор.

В бетоне с активированной золокарбонатной составляющей отмечено снижение водопоглощения в среднем на 17 %, следовательно, введение активированной золокарбонатной составляющей способствует увеличению объема замкнутых пор, а добавка С-3 способствует уплотнению цементного камня и дополнительному образованию в нем замкнутых микропор.

Бетоны с неактивированной золокарбонатной добавкой понижают показатели водонепроницаемости на марку. Введение активированной золокарбонатной добавки не изменяет марку по водоне-

проницаемости. Введение в состав бетонной смеси активированной золокарбонатной суспензии в присутствии суперпластификатора С-3 способствует повышению водонепроницаемости бетона на I марку по сравнению с контрольным бездобавочным составом. Повышение водонепроницаемости связано с увеличением коррозионной стойкости бетона, его долговечности, что способствует улучшению эксплуатационных свойств в агрессивных средах.

Введение 30 % золокарбонатного наполнителя (активированного в РПА) и добавки С-3, повышает коррозионную стойкость на 20-24 %.

Введение неактивированной золокарбонатной составляющей снижает морозостойкость бетона. Введение в бетонную смесь золокарбонатной составляющей, активированной в РПА, улучшает показатель морозостойкости в среднем на I марку.

Внедрение технологии приготовления бетонных смесей на золокарбоцементном вяжущем проведено на предприятиях "Агропромстроя" Молдовы. Внедрение способа позволило практически без затрат значительно повысить эффективность производства и снизить себестоимость I м<sup>3</sup> бетона в среднем на 20 %; годовой эффект составил 50 тыс. руб. (в ценах 1990 г.)

## ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

I. Установлена целесообразность введения в состав цемента-бетонной смеси активированных тонкомолотых наполнителей из зол гидроудаления ТЭС и карбонатов - отходов камнедробления известняковых пород, что позволяет существенно улучшить эксплуатационные показатели цементного камня. Смесь, состоящая из тонкомолотых золы и карбонатов, при введении в цемент может рассматриваться как многокомпонентное смешанное вяжущее. При этом гидродинамическая активация золокарбонатного наполнителя увеличивает удель

ную поверхность до 5000 см<sup>2</sup>/г и способствует эффективному использованию вяжущего.

2. Определены оптимальные параметры гидродинамической активации в роторно-пульсационном аппарате. Время обработки составляет 1-1,5 минуты при скорости вращения ротора 3000 об./мин, при водотвердом отношении золокарбонатной суспензии 1:1. Показана эффективность активации суспензии в присутствии поверхностно-активных добавок - ЛСТ и С-3, что приводит к снижению эффекта агрегации карбонатной составляющей и повышает на 10-15 % прочностные и эксплуатационные характеристики бетона по сравнению с активацией суспензии без ЛСТ и С-3.

3. Методом математического планирования эксперимента оптимизирован состав золокарбонатцементного вяжущего. Содержание золокарбонатной составляющей в вяжущем может достигать 50 % при равной марочной прочности с контрольным составом. В возрасте трех суток нормального твердения, а также на I сутки после пропаривания равная прочность с контрольным составом достигается при содержании золокарбонатного наполнителя в вяжущем в количестве 30 % от массы цемента.

4. Установлено, что оптимальное количество золокарбонатного микронаполнителя зависит в основном от вида цемента. Для ШЦ рекомендуется вводить не более 30 % от массы цемента, а для ПЦ и высокоалюминатного цемента до 50 % для бетонов классов прочности В25-В30. При дополнительном введении добавки С-3 - 0,5 % от массы цемента прочность бетонов в возрасте 28 суток увеличивается на марку.

5. Методами физико-химического анализа (электронной микроскопии, ДТА, рентгеновского анализа и др.) установлено, что введение активированной золокарбонатной суспензии в состав бетона

активизирует процессы гидратации и твердения цемента. Это проявляется в увеличении степени гидратации, образовании гидрокарбонатов, изменении морфологии портландита и увеличении содержания гидросиликатов кальция. Кроме того, введение активированного микронаполнителя способствует формированию более однородной и плотной структуры цементного камня.

6. Установлено, что использование активированной золокарбонатной суспензии способствует ускорению структурообразования цементного теста по сравнению с использованием неактивированной суспензии. Введение добавки С-3, снижая рост пластической прочности, дает возможность получить более однородную структуру цементного камня. Показано, что оптимальное содержание добавки С-3 в суспензии не превышает 0,5 % от массы вяжущего, а время активации суспензии составляет 60 сек.

7. Использование активированной золокарбонатной суспензии в составе бетонной смеси дает возможность при заданной удобоукладываемости снизить ее водопотребность в среднем на 12 %. Введение суперпластификатора С-3 в состав активированной суспензии дополнительно снижает водопотребность бетонной смеси и увеличивает осадку конуса с 5 до 20 см.

8. На прирост прочности бетонов с золокарбонатцементным вяжущим оказывает влияние режим твердения. При пропаривании не рекомендуется температура изотермического выдерживания выше 85°C что объясняется наличием карбоалюминатов. Оптимальными являются мягкие и нормальные режимы.

9. Экспериментальными исследованиями характеристик бетонов с активированными микронаполнителями установлено, что водопоглощение снижается в среднем на 17 %. Добавка способствует уплотнению цементного камня и преимущественному образованию замкнутых

микропор. Водонепроницаемость увеличивается в среднем на марку. Коррозионная стойкость в среде сульфата натрия повышается на 20-25 %. Морозостойкость увеличивается в среднем на марку.

10. Проведены промышленные испытания и внедрены в производство Агропромстроя Молдовы бетонные смеси с активированной золокарбонатной суспензией, что позволяет снизить себестоимость I м бетона на 2,5 руб. Годовой экономический эффект на Анненском промышленно-строительном объединении составил 50 тыс.руб. в ценах 1990 г.

**ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ:**

1. Плутин А.Н., Демина О.И. О механизме действия суперпластификаторов//Межвузовский сб. тр./ХИИТ.-Харьков., 1986.- Интенсификация производства сборного железобетона.- С. 21.
2. О.И. Демина, В.Н. Козаков. Бетоны на золокарбонатном вяжущем. //Межвуз. сб. тр./ХИИТ.-Харьков., 1990.-вып.13.-Интенсификация производства сборного железобетона..- С.20.
3. Демина О.И., Фролова Т.Ф. Дорожные бетоны с добавками модифицированных лигносульфонатов.//Ресурсосберегающие технологии, структурообразование и свойства дорожных бетонов: Тез.докл.. Респ.конф. Харьков., 1989.-С. 163.
4. Дуденко С.И., Демина О.И. Цветные бетоны, улучшенные химическими добавками.//Ресурсосбережение в проектировании и приготовлении бетонных и железобетонных конструкций: Тез.Х Всесоюзн.кон..-Харьков.1988.- С. 64.
5. Влияние цветных материалов на восприятие городской среды /С.И. Дуденко, О.И. Демина//Жилье и общественные здания.-1988 вып. II, №693/40.

6. Положительное решение на заявку №4740I47/33 (I20375) от 22.II.90. Способ приготовления суспензии для использования в бетонной смеси. /И.М. Грушко, В.Н. Козаков, А.В. Барабула, О.И. Демина, О.Ю. Никитченко/

Подписано к печати 8.IO.92 г. Зак. 224 от 9.IO.92 г.  
Бумага типографская. Объем I усл.л. Формат 60x84/16 Т. 100 экз.

---

Ротапринт ХНПО "Карбонат" г. Харьков-2, ул. Дзержинского, 25

468488

AB 25.931

**AB 25.931**