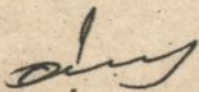


ПРИДНЕПРОВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ
СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ

На правах рукописи

СААКОВ Важа Варганович



БЕТОНЫ НА ИЗВЕСТКОВО-ШЛАКОВОМ ВЯЖУЩЕМ
И ИНТЕНСИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИХ ПОЛУЧЕНИЯ

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

Днепропетровск-1994

Диссертацией является рукопись

Работа выполнена в Одесской Государственной Академии
строительства и архитектуры

Научный руководитель - академик Академии архитектуры и
строительных наук России, доктор техн. наук,
профессор СОЛОМАТОВ В.И.

Официальные оппоненты - доктор техн. наук, профессор СЕРГЕЕВ А.М.
канд. техн наук, с.н.с. КИСЕЛЕНКО М.Г.

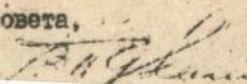
Ведущая организация - Днепропетровский комбинат
строительных материалов

Защита диссертации состоится 27 октября 1994 г в 15 часов
на заседании специализированного совета К 068 3202 Приднепров-
ской Государственной Академии строительства и архитектуры
по адресу: 320 600, г.Днепропетровск, ул.Чернышевского, 24а,
ИГАСиА, (к.202).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ИГАСиА.

Автореферат разослан 10 сентября 1994 г.

Ученый секретарь
специализированного совета,
к.т.н., доцент


А.К.Карпухина

ЛНБ України ім.В.Стефаніка



00777701 (Т)

В. Стефаніка
України

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Минеральные вяжущие на основе извести (известково-шлаковые, известково-кремнеземистые, известково-золиные) при производстве целой гаммы строительных материалов и изделий могут успешно конкурировать с портландцементом. Создание научно-обоснованной технологии известесодержащих бетонов позволит значительно улучшить использование таких вяжущих, повысить прочность и долговечность строительных изделий. В результате будет достигнута значительная экономия средств или увеличен объем выпускаемой продукции за счет того же количества вяжущего.

Успешно развиваемая в настоящее время технология, заключающаяся в раздельном приготовлении бетонной смеси, предусматривает получение наполненного связующего в высокоскоростных смесителях с последующим совмещением его с заполнителем в традиционных смесителях. Раздельное приготовление бетонной смеси способствует внедрению интенсивных приемов с применением высокоскоростных смесительных агрегатов. Широкомасштабное использование бетонных смесей ставит перед исследователями ряд новых научных и инженерных задач: внедрение в практику высокоскоростных смесителей, установление оптимальных составов и режимов перемешивания суспензий в условиях интенсивных гидродинамических воздействий.

Целью диссертационной работы является обеспечение резкого повышения эффективности использования извести и энергоресурсов в производстве бетонов на известково-шлаковых вяжущих за счет интенсивной раздельной технологии приготовления бетонных смесей.

Задачи исследований:

- изучить возможности интенсификации приготовления наполненного шлаком известкового вяжущего с целью снижения его расхода и сохранением технологических характеристик бетонной смеси,

а также качества бетона;

- выяснить влияние режимов скоростного смешения известкосо-державшей суспензии на изменение ее эффективной вязкости;
- определить роль вида и количества ПАВ в интенсивной технологии приготовления бетонных смесей на известково-шлаковых вяжущих;
- выявить эффективность совместного воздействия на наполненную известкосодержавшую суспензию скоростного смешения в присутствии добавок ПАВ;
- установить количественные и качественные закономерности влияния г. анулометрии шлакового наполнителя и его содержания в суспензии вяжущего на эффективную вязкость суспензии и на прочностные характеристики бетонов;
- обосновать технологические режимы и оптимизировать составы бетона на известково-шлаковом вяжущем, приготовленном по интенсивной раздельной технологии;
- разработать заводскую раздельную технологию производства бетонных смесей на известкосодержавшем вяжущем;
- внедрить результаты исследований в производство.

Научная новизна работы:

- установлены оптимальные режимы приготовления известкосо-державшей суспензии, обеспечивающие предельно возможное разрушение начальной структуры системы;
- выявлено влияние вида и количества ПАВ на изменение эффективности вязкости суспензии при интенсивных гидродинамических воздействиях на нее;
- получены экспериментально-статистические зависимости влияния дисперсности шлакового наполнителя на изменение эффективной вязкости суспензии и прочность затвердевшего бетона;
- получена информация о разовом составе цементирующего ве-

щества на наполненной шлаком извести;

- определены оптимальные составы бетонной смеси, приготовленной по интенсивной раздельной технологии для пропаренных и автоклавированных бетонов.

Достоверность полученных результатов обеспечена применением вероятностно-статистических методов обработки результатов эксперимента, использованием современного испытательного оборудования, положительными результатами практической реализации лабораторных исследований в условиях промышленного производства строительных изделий.

Практическое значение работы:

- снижен расход известкового вяжущего на 50-70% за счет использования интенсивной раздельной технологии приготовления бетонной смеси;

- разработана конструкция высокоскоростного смесителя и режимы приготовления бетонной смеси по раздельной технологии;

- на производственных площадях Бульварного заводууправления (Одесская обл.) выпущена опытная партия пустотелых стеновых блоков марок 75 и 100 с применением интенсивной раздельной технологии приготовления бетонной смеси. По результатам лабораторных исследований и опытно-промышленного внедрения разработан технологический регламент на производство бетонных смесей на известково-шлаковом вяжущем по интенсивной раздельной технологии.

На защиту выносятся:

- методика определения эффективной вязкости высок наполненной известкостержащей суспензии;

- информация о влиянии вида и количества ПАВ на изменение эффективной вязкости суспензии;

- информация о влиянии гранулометрического состава вяжущего наполнителя как на вязкость суспензии, так и на физико-ме-

ханические характеристики затвердевшего бетона;

- данные о фазовом составе и структуре цементирующего вещества, полученного после затвердения наполненной шлаком известковой суспензии, подвергнутой интенсивным гидродинамическим воздействиям в присутствии добавки С-3;

- экспериментально-статистические математические зависимости физико-механических свойств мелкозернистого бетона от гранулометрического состава и содержания шлакового наполнителя в вяжущем и температуры изотермической выдержки;

- результаты опытно-промышленного выпуска стеновых пустотелых блоков М75 и М100, изготовленных из мелкозернистой бетонной смеси по интенсивной раздельной технологии.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались на республиканских семинарах и конференциях по композиционным материалам (Одесса - 1990, 1991, 1992, 1993 г.г.), Санкт-Петербург, Ташкент, Пенза.

Публикации. По результатам диссертационной работы опубликовано 6 работ.

Объем работы. Диссертационная работа содержит 144 страниц машинописного текста, 12 таблиц, 28 рисунка и состоит из введения, 6 глав, общих выводов, списка литературы из 110 наименований и приложения.

Автор выражает признательность за помощь в проведении исследований к.т.н. Барабашу И. . и к.т.н. Шинкевич Е.С.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

При производстве целого ряда строительных материалов и изделий технически возможно и экономически целесообразно использовать бесклинкерные цементы, способствующие снижению расхода высококачественного портландцемента и его разновидностей. Изготовление таких строительных изделий и деталей может полностью

базироваться на низкомарочных бетонах марок 50...300, вяжущим в которых является известь, наполненная тонкодисперсным шлаком; кварцевым песком, золой. Использование вяжущих на основе извести достаточно изучено и обосновано в работах Бабушкина В.И., Бажелова П.И., Будникова П.П., Бутта Ю.М., Бурова Ю.С., Виноградова Б.Н., Воробьева Х.С., Мчедлова-Петросяна О.П., Кржеминского С.А., Куатбаева К.К., Хавкина Л.М., Осина Б.В.

Одна из актуальнейших проблем современной технологии получения строительных изделий состоит в интенсификации технологических процессов и улучшении качества продукции. Принципиальные основы интенсификации процессов структурообразования, ускорения набора прочности бетона изложены в фундаментальных трудах Круглицкого Н.Н., Михайлова Н.В., Овчинникова П.Ф., Соломатова В.И., Ребиндера П.А., Урьева Н.Б. Решение этих задач сопряжено с целым рядом проблем вследствие чрезвычайного разнообразия объектов переработки, применяемых при производстве того либо иного вида изделия. С другой стороны, компоненты строительных композиционных материалов (КСМ) различного назначения характеризуются рядом общих признаков, которые определяют тождественные условия и закономерности их переработки и получения. К ним относятся гетерогенность и многофазность системы. Именно эти признаки КСМ позволяют отнести их к разделу физико-химии дисперсных высококонцентрированных систем. Отличительной особенностью таких систем является высокоразвитая межфазная поверхность, определяемая в большой степени концентрацией твердой фазы в дисперсионной (водной) среде. Высокая концентрация твердой фазы приводит к спонтанному возникновению пространственных структур и появления агрегатов из тонкодисперсных частиц (Урьев Н.Б.). Такие структурированные системы характеризуются комплексом реологических и механических характеристик: вязкостью, пластичностью, модулем уп-

ругости. Это предопределяет взаимосвязь между поверхностными процессами, происходящими на границе раздела фаз и свойствами высококонцентрированных систем. Следовательно, оптимальные режимы воздействия на них, параметры работы смесителей должны выбираться в тесной связи со структурно-механическими свойствами систем. Формирование оптимальной микроструктуры позволяет значительно улучшить потенциальные возможности вяжущего, повысить прочность и стойкость бетона. Эффективно управлять микроструктурой бетона можно только при разделении процессов приготовления бетонной смеси на микро- и макроуровне (Соломатов В.И.). Реализовать данное условие позволяет интенсивная раздельная технология (ИРТ), основное положение которой - разделение процессов и независимость режимов приготовления наполненного вяжущего и бетонной смеси в целом. Применительно к известкосоудержающему бетону ИРТ означает предварительное приготовление известковой суспензии совместно с поверхностно-активными веществами и наполнителей по интенсивному режиму в скоростном смесителе с последующим смешением компонентов бетонной смеси в ординарном смесителе. Напряжение известкового вяжущего является самым простым и эффективным путем экономии извести. Но одновременно с увеличением концентрации твердой фазы, как об этом говорилось выше, возрастают силы межчастичного взаимодействия, что приводит к появлению пространственных агрегатов из дисперсных частиц извести и наполнителя и, как следствие, к повышению вязкости системы. Поэтому только предельное разрушение начальной структуры системы, т.е. полное разобщение частиц в агрегатах, обеспечивает достижение максимальной однородности наполненного известкового вяжущего. С позиций физико-химической механики дисперсных структур максимальная степень разрушения начальной структуры системы достигается при одновременном воздействии на нее механических и физико-химических фак-

торов (Рабинцер Г.А., Урьев Н.Б.). Поэтому логично предположить, что критерием эффективности воздействий на наполненную известкосо-державую суспензию следует рассматривать степень разрушения начальной структуры, определяемой эффективной вязкостью.

В исследованиях в качестве вяжущего использовалась молотая ($S_{уд} = 2500 \text{ см}^2/\text{г}$) известь-кипелка Рыбницкого цементно-шиферного комбината, наполненная доменным шлаком ($M_{осн} = 1,01$) с $S_{уд} = 3000 \text{ см}^2/\text{г}$. Соотношение между известью и шлаком было принято 1:9 по массе. В качестве ПАВ применялось три вида добавок: а) гидрофобизирующего действия - жидкость И36-41 (бывшая ГЖ-94); б) лиофильный пластификатор - СДБ; в) суперпластификатор С-3 на основе сульфированных нафталин-формальдегидных соединений. Концентрация ПАВ варьировалась в пределах от 0,05 до 1% массы вяжущего. Водовязущее отношение принималось равным 0,4. Приготовление известково-шлаковой суспензии производилось в скоростном смесителе при четырех скоростях вращения рабочего органа смесителя: 1400, 1850, 2300 и 3500 об/мин. Параллельно готовились контрольные суспензии без скоростного смешения. Определение эффективной вязкости суспензии производилось на ротационном вискозиметре РПМ-2М с коаксиальными цилиндрами.

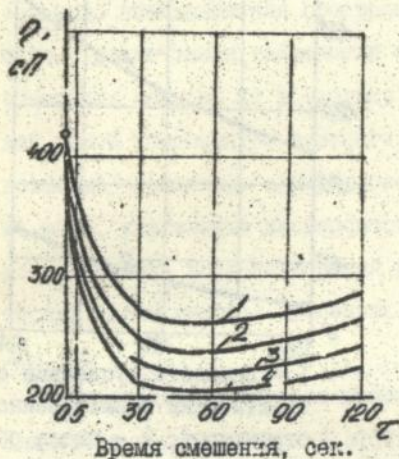
Скоростное смешение приводит к снижению эффективной вязкости наполненной шлаком известковой суспензии, причем с повышением скорости вращения рабочего органа смесителя сокращается время достижения минимально возможной вязкости (120 сек при $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$ до 30 сек при $n = 3500 \text{ мин}^{-1}$), рис.1. Полученные результаты исследований позволили объяснить механизм снижения эффективной вязкости суспензии при интенсивных гидродинамических воздействиях на нее. Скоростное смешение известь-кипелки с избыточным количеством воды затворения способствует образованию известковой суспензии с частичками гидратной извести коллоидной

дисперсности. При введении в нее молотого шлака суспензия, выполняющая роль коллоидного известкового клея, в статических условиях характеризуется высокой вязкостью. При интенсивном скоростном смешении частички гидратной извести и шлака совершают в турбулентном потоке хаотические движения с интенсивностью, зависящей от скорости вращения рабочего органа смесителя. Вследствие различия масс частичек извести и шлака, они перемещаются друг относительно друга с разными скоростями. По мере увеличения разницы скоростей вязкость известково-шлаковой суспензии уменьшается и при достижении предельно возможном разрушении структуры становится минимальной.

Известково-шлаковая суспензия представляет собой типичную двухфазную систему с высокоразвитой поверхностью раздела фаз. Адсорбционные слои ПАВ, фиксируясь на поверхности частиц извести и шлака, раздвигают частицы на расстояние не менее толщины двойного адсорбционного слоя, препятствуя таким образом образованию прочных межчастичных связей. Вместе с тем можно предположить, что в процессе интенсивных гидродинамических воздействий мецеллярная структура ПАВ, играющая стабилизирующую роль в коагуляционных структурах, также разрушается, что в итоге приводит к снижению эффективной вязкости суспензии.

Процесс разрушения коагуляционной структуры интенсивными гидродинамическими воздействиями при определенных скоростях сдвига является результирующей разрыва межчастичных связей и быстрого восстановления структуры. Поэтому представляет интерес выяснить влияние скоростного смешения на изменение эффективной вязкости суспензии в присутствии добавок ПАВ. Так, при скорости вращения ротора 3500 мин^{-1} в сочетании с добавкой С-3 происходит понижение вязкости суспензии до 22 раз по сравнению с вязкостью практически неразрушенной структуры (без С-3) (рис.2).

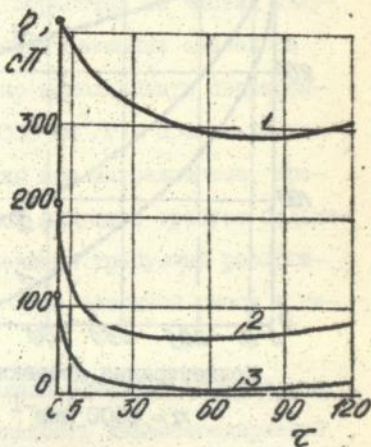
Влияние скорости вращения ротора смесителя на эффективную вязкость суспензии (без добавки ПАВ)



1, 2, 3, 4 - скорость вращения рабочего органа смесителя соответственно 1400, 1850, 2300 и 3500 мин⁻¹

Рис.1

Влияние времени смешения τ на эффективную вязкость суспензии



1, 2, 3 - С-3 = С; 0,5; 1,0% соответственно.

Рис.2

Снижение вязкости суспензии с водовязущим отношением 0,4 при обработке ее в скоростном смесителе с добавкой С-3 в количестве 1% приводит к снижению вязкости суспензии в 4 раза, что сопоставимо со снижением вязкости суспензии, не подверженной скоростному смешению в присутствии ПАВ при увеличении водовязущего отношения от 0,4 до 0,8. При этом максимально возможное снижение вязкости суспензии, не подвергавшейся обработке в скоростном смесителе, достигается при введении в воду затворения С-3 в количестве С 75+1,0% (снижение вязкости по сравнению с суспензией без добавки достигает 2,5 раз) (рис.3). Менее эффективной является

Влияние вида ЦАВ на изменение эффективной вязкости суспензии

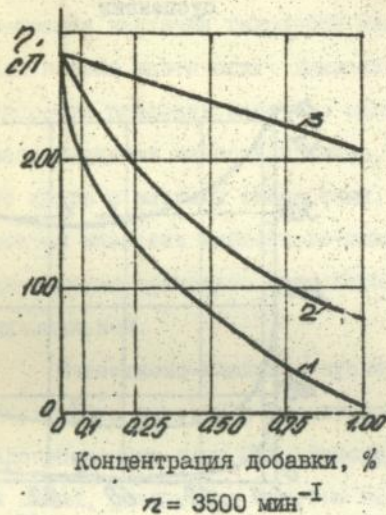
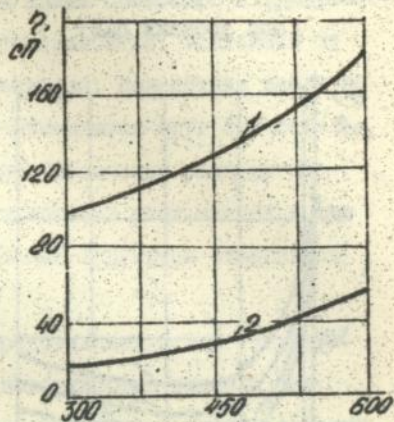


Рис. 3

Влияние удельной поверхности шлака на эффективную вязкость суспензии



1 — вязкость суспензии с практически неразрушенной структурой; 2 — после обработки в скоростном смесителе

Рис. 4

добавка СДБ, которая в количестве 1% обеспечивает снижение вязкости в 3 раза и 1,25 раза в рабочем диапазоне концентрации (0,1+0,25%) при скоростном смешении компонентов вяжущего. Добавка СДБ без скоростного смешения в количестве 0,75+1% снижает вязкость в 1,5 раза. Наименьшее влияние на изменение эффективной вязкости суспензии оказывает жидкость И36-41. Введение ее вместе с водой затворения снижает вязкость известково-шлаковой суспензии не более, чем на 15%.

Известно, что увеличение тонины помола вяжущего до известных пределов является одним из основных факторов улучшения свойств бетона, повышения его марочности. Скорость химических реакций, проводимых с участием минеральных вяжущих, возрастает

пропорционально повышению удельной поверхности частиц и поэтому резко интенсифицируется по мере измельчения. В то же время при увеличении дисперсности частиц повышается величина избыточной поверхностной энергии Гиббса, что повышает вероятность самопроизвольного возникновения пространственных агрегатов из частиц вяжущего. Традиционная технология приготовления бетонных смесей на смешанных вяжущих не позволяет эффективно использовать сверхтонкий помол компонентов вяжущего ($S_{уд} = 6000 \text{ см}^2/\text{г}$), поскольку невозможно обеспечить однородность смешения его ингредиентов. Кроме того, увеличение дисперсности частичек вяжущего требует большего количества воды затворения для обеспечения требуемых реологических характеристик суспензии вяжущего либо бетонной смеси в целом.

Представляет интерес выяснение влияния удельной поверхности шлакового наполнителя на эффективную вязкость известкосодержащей суспензии. С этой целью известковая суспензия (В/В = 0,45) наполнялась в скоростном смесителе шлаком, размолотым до удельной поверхности 3000, 4500 и 6000 $\text{см}^2/\text{г}$. Как видно из рис.4, повышение удельной поверхности шлака с 3000 до 6000 $\text{см}^2/\text{г}$ резко увеличивает наибольшую вязкость практически неразрушенной структуры - со 140 сП до 880 сП, т.е. более чем в 6 раз, при скоростной обработке суспензии в смесителе вязкость предельно разрушенной структуры меняется с 18 до 35 сП (до 2-х раз).

Сравнение показателей прочности при сжатии затвердевших равновязких суспензий говорит в пользу скоростного смешения в присутствии добавки С-3, при этом с повышением концентрации С-3 от 0 до 1% прочность камня повышается с 14,6 до 40,1 МПа, т.е. более чем в 2,5 раза, табл.1. Прочность суспензии, подвергшейся скоростной обработке в смесителе (при прочих равных условиях: равная вязкость, одинаковая концентрация С-3) почти в 2 раза вы-

Таблица I

Влияние режимов смешения к понентов известково-
шлаковой суспензии на $R_{сж}$ цементного камня

№ п/п	Температура термоцикла, °С	Время изотермического прогрева, (час)	Вязкость суспензии, сП	$R_{сж}$ цементного камня (МПа) при концентрации С-3, %				
				0	0,25	0,50	0,75	1,00
1	90	8	510	4,5	11,5	16,4	19,5	21,5
				3,2	5,4	7,0	8,4	9,6
2	180	8	510	14,6	23,8	31,5	37,0	40,1
				8,8	14,0	18,0	20,0	21,1

Примечание: над чертой - прочность при сжатии образцов, суспензия которых подвергалась скоростному смешению;

под чертой - $R_{сж}$ образцов, суспензия которых не подвергалась скоростному смешению.

ше прочности затвердевшей суспензии, не подвергавшейся скоростному смешению. Более того, прочность суспензии, обработанной в смесителе в присутствии С-3 и твердевшей при $t = 90^{\circ}\text{C}$ достигает прочности затвердевшей суспензии, твердевшей при 180°C ($R_{п} = 1,0$ МПа), но не подвергнутой обработке в скоростном смесителе.

Проведенные исследования поровой структуры показывают, что цементный камень, полученный в результате затвердевания суспензии, обработанной в скоростном смесителе в присутствии С-3, отличается повышенным содержанием низкоосновных тоберморитоподобных гидросиликатов кальция типа $\text{CSH} / I /$, а содержание высокоосновных гидросиликатов кальция ниже, чем в цементном камне, приготовленном по традиционной технологии. Цементный камень на основе суспензии характеризуется более высокой степенью гидратации вяжущего и большим количеством связанного кремнезема. Количественные и качественные отличия в фазовом составе цементного камня, обусловленные начальными условиями структурообразования, влияющими на

скорость физико-химических процессов, условия роста кристаллоидов и на однородность фазового состава гидроспектатов в объеме материала, являются одной из причин увеличения прочности бетона.

Участие шлакового наполнителя в физико-механических и физико-химических процессах структурирования силикатных композитов ставит задачу изучения влияния удельной поверхности шлака и его концентрации в вяжущем как на изменение вязкости известково-шлаковой суспензии, так и на изменение прочности при сжатии мелкозернистого бетона. При решении этого вопроса экспериментальные исследования проводились по плану "смесь, технология-свойства" (Ляшенко Т.В.; Вознесенский В.А.), учитывающим одновременное влияние смесевых (V_2) и рецептурных (x_1) факторов.

В качестве смесевого фактора в эксперименте была принята удельная поверхность шлака в диапазоне $S_{уд} = 4500 + 1500 \text{ см}^2/\text{г}$. Независимым рецептурным фактором принято известково-шлаковое отношение, при этом содержание извести в вяжущем составляло $H = x_1 = (10 \pm 5)\%$. Независимый технологический фактор - время изотермической выдержки, варьировался в диапазоне $\tau = x_2 = (8 \pm 4) \text{ час}$. В качестве ступеней в эксперименте выбраны эффективная вязкость суспензии, предел прочности при сжатии образцов, изготовленных:

- а) по традиционной технологии;
- б) по традиционной технологии с добавкой С-3;
- в) по интенсивной раздельной технологии с добавкой С-3.

Расход С-3 составлял 1% массы известково-шлакового вяжущего. Водовяжущее отношение для всех строчек плана принято постоянным и равным 0,315. Количество оборотов рабочего органа смесителя принято равным 3500 мин^{-1} . Приготовленное в виде суспензии известково-шлаковое вяжущее наполнялось гранулированным доменным шлаком ($d \leq 5 \text{ мм}$) до получения бетонной смеси требуемой подвижности. Учитывая, что в эксперименте варьировалась дисперсность

шлаковой составляющей вяжущего от 3000 до 6000 см²/г, степень наполнения суспензии немолотым шлаком (заполнителем) в каждой точке плана определялась опытным путем с учетом получения требуемого диаметра расплыва бетонной смеси на встряхивающем столике (105+110 см) и была различной для каждой строчки плана. После формирования образцы, изготовленные по разным технологиям, подвергались термической обработке по тому режиму:

- 1) T = 90°C - ТВО осуществлялась в прозрачной камере;
- 2) T = 135°C (P_{II} = 0,4 МПа) - образцы запаривались в автоклаве;
- 3) T = 180°C (P_{II} = 1,0 МПа) - образцы запаривались в автоклаве.

В результате реализации эксперимента по плану "треугольник на квадрате" получена экспериментально-статистическая модель вида "состав-технология-свойства", описывающая зависимость вязкости суспензии от удельной поверхности шлака, как компонента вяжущего, и от его процентного содержания в вяжущем. Модель построена по результатам основного эксперимента при исключении влияния одного из технологических факторов - времени тепловлажностной обработки материала (X₂):

$$\rho = 52,6 x_1 + 56,2 x_2 + 120,7 x_3 - 78,7 x_1 x_3 + 14,4 x_1 x_2 + 11,2 x_2 x_3$$

Из графиков, приведенных на рис.5, следует, что с увеличением степени наполнения известкового вяжущего шлаком с 85 до 95% вязкость суспензии снижается более чем в 2 раза. Расположение на диаграммах изоповерхностей показывает, что использование в качестве наполнителя для вяжущего молотого шлака с S_{уд}, равной 3000 и 4500 см²/г приводит к незначительному изменению вязкости с 39 до 48 сП (в 1,2 раза). По мере дальнейшего увеличения удельной поверхности шлака до 6000 см²/г эффективная вязкость возрастает и достигает значения 71 сП, т.е. увеличивается в 1,8 раза. В то же время вязкость известково-шлаковой суспензии, не подверженной интенсивным гидродинамическим воздействиям, вос-

росла от 190 сП ($\delta_{уд} = 3000 \text{ см}^2/\text{г}$) до 1450 сП при введении в известковую суспензию шлака с $\delta_{уд} = 6000 \text{ см}^2/\text{г}$, т.е. более чем в 7 раз. Следовательно, интенсивные механические воздействия на известково-шлаковую суспензию позволяют расширить рабочий диапазон дисперсности шлакового наполнителя, т.е. перейти в область использования ультрадисперсного наполнителя с высокоразвитой поверхностью без существенного ухудшения реологических характеристик высоконаполненных систем. При этом на суспензиях постоянной вязкости $\eta = 60 \text{ сП} = \text{const}$ (выделенный треугольник, рис.б) за счет варьирования гранулометрии шлакового наполнителя (ШН) с $\delta_{уд} = 3000$ до $4500 \text{ см}^2/\text{г}$ $R_{сж}$ изменяется от 25 до 35 МПа (на 17%).

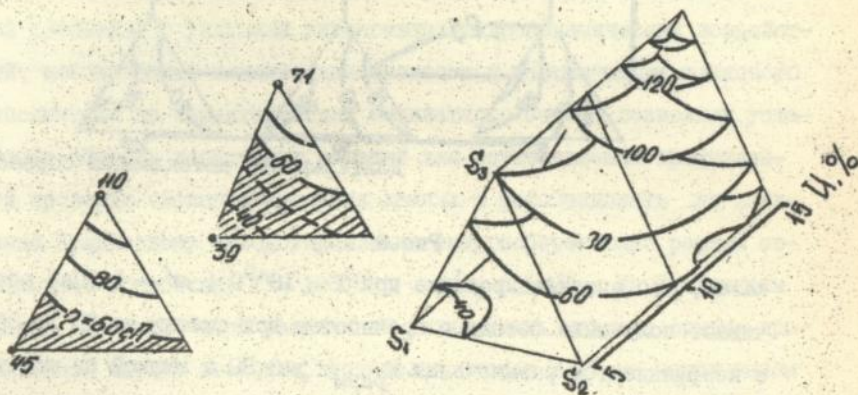


Рис.5

Для проведения оптимизации состава вяжущего и бетонной смеси на основе расчетной на ЭВМ экспериментально-статистической модели прочности при сжатии построена диаграмма вида "треугольника на квадрате". Технологический анализ диаграммы по-

Диаграмма измененія прочности бетона под
 влиянием смесевых и технологических факторов в условиях
 автоклавирования: $T = 180^{\circ}\text{C}$ и $\alpha = 1,0 \text{ МПа}$

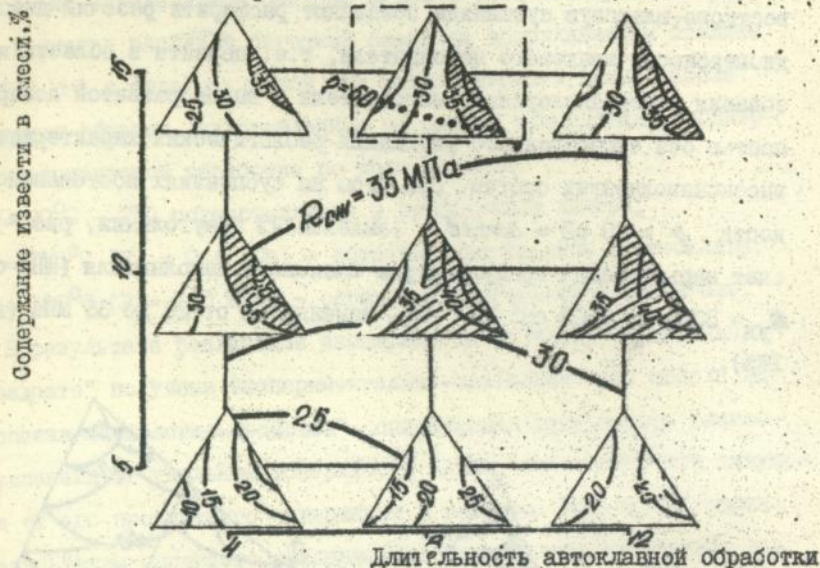


Рис. 6

казал, что автоклавирование при $T = 180^{\circ}\text{C}$ ($\alpha = 1 \text{ МПа}$) обеспечивает получение бетона с прочностью при сжатии от 20 до 35 МПа с коэффициентом размягчения $K_{\text{разм}} \geq 0,80$ и маркой по морозостойкости $F \geq 25$ (взольный несущего квадрата). За счет увеличения удельной поверхности шлакового наполнителя от 4500 и 6000 $\text{см}^2/\text{г}$ (в соотношении 1:1) при 10-процентном содержании извести в вяжущем обеспечивается повышение прочности материала до 45 МПа (точка I), что в 2,5 раза превышает прочность традиционно приготовленного бетона аналогичного состава и в 2,0 раза его оптимальное значение.

Анализ полученных результатов показал, что наблюдается общая тенденция повышения показателя прочности при использовании

полидисперсных систем наполнителей с $S_{уд} = 4000$ и $6000 \text{ см}^2/\text{г}$ в разных соотношениях. Увеличение дисперсности наполнителей обеспечивает также снижение расхода вяжущего в единице объема бетонной смеси и извести в вяжущем до минимальных значений. Бетон с $R_{сж} = 25 \text{ МПа}$ может быть получен на ШН с $S_{уд} = 6000 \text{ см}^2/\text{г}$ и содержания И = 5%. Аналогичные прочностные показатели обеспечиваются на ШН с $S_{уд} = 3000 \text{ см}^2/\text{г}$, содержащем 15% извести (при соответствующих режимах автоклавирования). Исследования выявили возможность понижения ϵ и α автоклавирования бетонов, а также получения бетонов с прочностью при сжатии от 7,5 до 15,0 МПа в процессе пропаривания материала при $t = 90^\circ\text{C}$.

Высокие физико-механические показатели полученного материала, а также оптимизация режимов приготовления известково-шлаковой суспензии в условиях интенсивных гидродинамических воздействий; исследование влияния дисперсности и концентрации шлакового наполнителя на характеристики силикатного бетона позволили установить область допустимых решений для осуществления промышленной проверки экспериментальных данных и рекомендовать для исследований Бульдинскому заводу управления энергосберегающие режимы автоклавной обработки: $T = 135^\circ\text{C}$ и $\alpha = 0,5 \text{ МПа}$. На Бульдинском заводе по интенсивной раздельной технологии выпущена опытно-промышленная партия стеновых пустотелых блоков М 75 на наполненном известковым вяжущем. В качестве наполнителя использован доменный шлак с удельной поверхностью $3000 \text{ см}^2/\text{г}$. Роль заполнителя выполнял немолотый доменный шлак. В результате испытаний были получены следующие данные: снижен расход извести на 50%, снижено водопоглощение и повышена морозостойкость вдвое по сравнению с бетоном, приготовленным по традиционной технологии.

Ожидаемый экономический эффект от применения интенсивной раздельной технологии в производстве бетонных блоков составит

115 руб/м³ бетонной смеси.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Доказана возможность интенсификации приготовления высоконаполненного известесодержащего вяжущего путем интенсивных гидродинамических воздействий на него в скоростном смесителе в присутствии добавок ПАВ. При этом снижается расход извести на 50...70%, сокращается время перемешивания компонентов вяжущего до получения однородной суспензии до 30...45 сек и снижается расход воды затворения без изменения реологических характеристик бетонной смеси на 20...35%.

2. Установлены оптимальные режимы приготовления высоконаполненной молотым доменным шлаком известесодержащей суспензии: минимальная вязкость суспензии достигается после 45...60 секунд обработки ее в скоростном смесителе с количеством оборотов ротора 3500 мин⁻¹.

3. Проведено исследование влияния вида и количества ПАВ на изменение эффективной вязкости высоконаполненной известесодержащей суспензии. Из изученных добавок трех классов - СДБ, С-3 и I36-4I наиболее эффективной, с точки зрения снижения вязкости, является суперпластификатор С-3. Введение его в количестве 0,75...1,00 % массы компонентов вяжущего, в присутствии скоростного смешения приводит к снижению эффективной вязкости в 2,5 раза по сравнению с вязкостью суспензии с аналогичной концентрацией СДБ и в 20 раз при введении в суспензию добавки I36-4I.

4. Установлено, что влияние двух факторов воздействия на изменение эффективной вязкости известесодержащей суспензии - механического (скоростное смешение) и физико-химического (добавка С-3) взаимно усиливают друг друга. Так, при обработке суспензии в скоростном смесителе в присутствии добавки С-3 в количестве

1% массы вяжущего происходит понижение эффективной вязкости в 22 раза по сравнению с вязкостью практически неразрушенной структуры.

5. Установлено, что применение интенсивного перемешивания суспензии вяжущего позволяет получать супернаполненное вяжущее, состоящее из 95% молотого шлака - наполнителя и 5% извести. С увеличением наполнения системы с 85% до предельно возможного значения вязкость ее снижается в 3 и более раз, что обуславливает возможность перехода к сверхтонкому измельчению наполнителя - до $S_{уд} = 4500+6000 \text{ см}^2/\text{г}$, т.к. увеличение $S_{уд}$ с 3000 до 6000 $\text{см}^2/\text{г}$ приводит к повышению эффективной вязкости до 2,5 раз.

6. Приготовление бетонной смеси по интенсивной раздельной технологии изменяет кинетику физико-химических и физико-механических процессов структурообразования, в результате прочность полученных бетонов в 2,5 и более раз превышает прочность традиционно приготовленных бетонов. Установлена возможность замены автоклавирования на пропарку при $t = 90^\circ\text{C}$ для бетонов, приготовленных по ИРТ. При этом обеспечивается возможность получения бетонов М 75, 100 и 150.

7. В результате проведенных экспериментов оптимизированы составы мелкозернистого известосодержащего бетона марок 75...350, полученного по ИРТ. При этом по сравнению с традиционной технологией достигнута экономия извести от 50 до 70%, снижена температура изотермического прогрева на 35...40 $^\circ\text{C}$, повышена морозостойкость бетона с 35 до 50 циклов.

Основное содержание диссертации опубликовано

в следующих работах:

1. Возможности оптимизации составов и интенсификации технологических процессов мелкозернистых бетонов на известосодержащем вяжущем / А.В.Барабаш, Е.С.Шинкевич, В.В.Сааков//Прогресс-

сивные строительные материалы и изделия на основе использования природного и техногенного сырья: Тез. докл. науч.-техн. конф. - Санкт-Петербург, 1992. - С.18.

2. Эффективность использования известосодержащего вяжущего в мелкозернистых бетонах /В.И.Соломатов, В.В.Сааков, Е.С.Шинкевич, И.В.Барабаш//Снижение материалоемкости продукции строительной индустрии: Тез. докл. I-й межд. науч.-техн. конф. - Ташкент, 1992. - С.25.

3. Снижение расхода известосодержащего вяжущего в наполненных шлаком мелкозернистых бетонах /В.И.Соломатов, И.В.Барабаш, Е.С.Шинкевич, В.В.Сааков//Экологические аспекты технологии производства строительных материалов: Тез. докл. II-12 мая 1992 г. - Пенза, 1992. - С.99.

4. Анализ влияния рецептурно-технологических факторов на свойства известосодержащей суспензии и мелкозернистого бетона на ее основе /В.В.Сааков, Е.С.Шинкевич, И.В.Барабаш, С.Н.Щербина// Физико-химические и технологические особенности получения малоцементных строительных материалов и конструкций: Тез. докл. науч.-техн. семинара. - Киев, 1992. - С.21.

5. Снижение материалоемкости бетонов за счет интенсивного гидродинамического воздействия на известосодержащую суспензию /И.В.Барабаш, В.В.Сааков, В.И.Соломатов, Е.С.Шинкевич//Компьютерный поиск оптимальных модификаторов качества композитов. Киев: РДНП. 1992. - С.9-10.

6. Барабаш И.В., Шинкевич Е.С., Сааков В.В., Щербина С.Н. Интенсивные гидродинамические воздействия на наполненную известосодержащую суспензию в раздельной технологии приготовления бетонной смеси /Ресурсосберегающие решения в производстве строительных материалов и конструкций, Одесса, 1992. - С.112-123.

Сааков В.В. БЕТОНИ НА ВАПНЯНО-ШЛАКОВОМУ В'ЯЗУЧОМУ І ІНТЕНСИВНА
ТЕХНОЛОГІЯ ЇХ ПОЛУЧЕННЯ

Дисертація на здобуття вченого ступеню кандидата технічних наук по спеціальності 05.23.05 – Будівельні матеріали і вироби, Придніпровська державна академія будівництва і архітектури, Дніпропетровськ, 1994.

Захищається 6 наукових робіт, в яких розкриваються теоретичні дослідження бетонів на вапняно-шлаковому в'язучому в залежності від режимів приготування вапняно-шлакової суспензії, а також результати експериментальних досліджень.

Доведена можливість інтенсифікації приготування високонаповненого в'язучого шляхом інтенсивних гідродинамічних впливів на нього в швидкоістному змішувачу в присутності добавок ПАР. При цьому зменшується вміст вапна на 50...70%, скорочується час перемішування компонентів в'язучого і знижується кількість води в суспензії без зміни реологічних характеристик бетонної суміші на 20...35%.

У результаті проведених дослідів оптимізовані склади мілкозернистого вапновмісного бетону марок 75...350, одержаного по ІРТ. При цьому в порівнянні з традиційною технологією досягнута економія вапна від 50 до 70%, знижена температура ізотермічного прогрівання на 35...40⁰С, підвищена морозостійкість бетону з 35 до 50 циклів.

Ключові слова: інтенсивний, вапно, суспензія, реологія, міцність.

Skakov V.V. CONCRETS ON LIME-SLAG BINDING MATERIAL
AND THE INTENSIVE TECHNOLOGY OF PRODUCING THEM

The dissertation of supporting the scientific degree of candidate of technical science, speciality 05.23.05 - building materials and things. Pridneprovskaya State Academy of Civil Engineering and Architecture Dnepropetrovsk, 1994.

We defend six scientific works, in which we discover the theoretic investigation of concretes on lime-slag binding material depending on the regimes of preparing lime-slag suspension, including the results of experimental investigations.

We prove the possibility of the intensification of preparation high-quality lime-containing building material by means of intensive hydrodynamic influences upon it in speedy mixer in the presence of additions SAS. Under these circumstances lime-stone spending is decreased by 50-70%.

The time of mixing the components of the binding material until receiving homogeneous suspension is contracted to 30-45 seconds; the waste of water without damaging reological characteristics of concrete mixture is decreased by 20...-35%.

In the result of the experiments carried out we have optimized the contents of small-kernel lime-containing concrete of marks 75-350, produced by UPT. In the comparison with the traditional technology we come to the economy of lime from 50 to 70%, the temperature of isothermic heating being decreased by 35...40°C, and frost-withstanding of concrete being increased from 35 to 50 cycles.

Key words intensiveness, lime, suspension, reology, strength.

Подп. к печати 21.09.94г. Формат 60x84 1/16.
Объем 0,5уч. изд. л. 1,5п. л. Заказ № 922. Тираж 100экз.
Гортипография Одесского управления по печати дех №3.
Ленина 49.

459115

AE 30.957
AB 30.957