

69  
У76

МИНИСТЕРСТВО НАРОДНОГО ОБРАЗОВАНИЯ БССР  
БЕЛОРУССКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ им. С.М.КИРОВА

На правах рукописи

Библиограф  
*ЛН*

УСОВА Ольга Прохоровна

666.972

УДК 691:555.768

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ЖАРСТОЙКИХ  
БЕТОНОВ ПУТЕМ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ЖИДКОСТЕКЛЬНОГО  
СВЯЗУЮЩЕГО

Специальность 05.17.11 - технология силикатных  
и тугоплавких неметаллических материалов

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Минск 1990

Работа выполнена в Белорусском ордена Трудового Красного Знамени технологическом институте им.С.М.Кирова на кафедре химической технологии вяжущих материалов.

Научный руководитель — доктор технических наук,  
профессор КУЗЬМЕНКОВ М.И.

Официальные оппоненты: директор НИИСМ доктор  
технических наук ДЕМИДОВИЧ Б.К.;  
главный технолог проектов СПКО  
"Оргтехстрема", ассоциации  
"Латвияс цементниекс" кандидат  
технических наук РОЗЕ К.В.

Ведущее предприятие ПО "Волковыскцементношифер".

Защита состоится 27 декабря 1990 г. в 14 часов на заседании специализированного совета К 056.01.04 по присуждению ученой степени кандидата наук в Белорусском технологическом институте им.С.М.Кирова по адресу: 220630, г.Минск, ул.Свердлова, 13а.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского ордена Трудового Красного Знамени технологического института им.С.М.Кирова.

Автореферат разослан           ноября 1990 г.

Ученый секретарь  
специализированного совета  
кандидат технических наук



Гайлевич С.А.

Актуальность работы. Интенсификация технологических процессов производства строительных материалов, связанных с использованием высокотемпературных процессов, выдвигает повышенные требования к огнеупорам, в том числе к жаростойким бетонам. Одним из крупных потребителей жаростойкого бетона является производство цемента, где его использование дает эффект за счет механизации футеровочных работ и сокращения сроков простоя на ремонт по сравнению со штучными огнеупорами. Однако дальнейшее увеличение масштабов его применения сдерживается недостаточно высокими эксплуатационными свойствами, а именно: низкая рабочая температура (1100 °C) и низкая термостойкость (16-20 теплосмен).

Одним из основных факторов, влияющих на эксплуатационные свойства жаростойкого бетона является свойства и количество связующего, входящего в его состав. Улучшение эксплуатационных свойств наиболее распространенных в настоящее время жидкостекольных связующих является одним из важнейших резервов повышения прочности, термостойкости, плотности и огнеупорности жаростойких бетонов на их основе.

Введение поверхностно-активных веществ в состав связующего является перспективным направлением в этой области и позволяет снизить содержание связующего в составе жаростойкого бетона.

Работа выполнялась в соответствии с Координационным планом Научного Совета АН СССР на 1986-1990 годы по проблеме "Физико-химические основы получения новых жаростойких неорганических материалов". Секция "Жаростойкие вяжущие и бетоны".

Цель работы. 1. Получение модифицированного натрийсиликатного связующего.

2. Разработка состава жаростойкого бетона на модифицированном натрийсиликатном связующем со сниженным содержанием последнего и улучшенными эксплуатационными свойствами, позволяющими использовать бетон при более высоких рабочих температурах (до 1300 °C).

3. Изучение физико-механических, термических и реологических свойств модифицированного натрийсиликатного связующего и бетона на его основе.

4. Исследование температурных превращений, протекающих в связующем и жаростойком бетоне.

5. Разработка технологии приготовления жаростойкого бе-

ИНЖЕНЕРНА ВІН  
І. М. Марова

связующем. Отмечено, что математические исследования, направленные на разработку жаростойких бетонов и, в частности, бетонов с использованием модифицированного ПАВ натрийсиликатного связующего, отсутствуют, в связи с чем обоснована цель и задачи исследования.

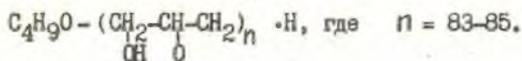
В экспериментальной части приведены методики исследований и характеристики исходного сырья. Объектами исследования явились натрийсиликатное связующее, неионогенное (пропинол Б-400) и катионактивное (тетрамикс) ПАВ. Глиноземистый цемент, феррохромовый шлак и кремнефтористый натрий использовались как отвердители натрийсиликатного связующего. В качестве заполнителя служил шамот, гранулометрический состав которого определен при помощи математических методов планирования эксперимента и ЭВМ.

В работе использованы методы исследования, характеризующие свойства поверхности - электронная микроскопия, гидродинамический метод определения пористости. Химическую активность связующего и заполнителя, а также продуктов их взаимодействия - рентгенофазовый, ИК-спектроскопия и термогравиметрический анализы; процессы структурообразования в жаростойких бетонах с параллельным определением кинетики твердения при использовании модифицированного и немодифицированного натрийсиликатного связующего - деформация под нагрузкой; прочность, огнеупорность, термостойкость и пористость жаростойкого бетона - физико-механические испытания; реологические свойства связующего - вискозиметрический метод.

#### Модифицирование натрийсиликатного связующего

С целью выявления механизма влияния ПАВ на реологические свойства связующего и на формирование структуры жаростойкого бетона при увеличении его подвижности, рассмотрена роль неионогенного (пропинол Б-400) и катионактивного (тетрамикс) ПАВ, определяющих свойства модифицированного натрийсиликатного связующего, а также бетонов на его основе.

Влияние неионогенного ПАВ на свойства натрийсиликатного связующего. Пропинол Б-400 является типичным представителем неионогенного ПАВ гидрофобного характера. Это полупрозрачная жидкость, состоящая из смеси полиоксипропиленгликолевых эфиров *n*-бутилового спирта, имеющая весьма ограниченную растворимость в воде (0,08 масс.%) с общей формулой



При введении пропинола В-400 в натрийсиликатное связующее вязкость последнего не изменяется. Методом ИКС определено, что химического взаимодействия также нет. Однако, при исследовании краевого угла смачивания обнаружено, что при нанесении моноэля пропинола В-400 на поверхность заполнителя краевой угол смачивания натрийсиликатного связующего уменьшается с  $45^\circ$  до  $18^\circ$ . Углеводородные цепи пропинола В-400, имеющие химически активные группы ( $-OH$ ) по всей длине присоединяются к адсорбенту за счет водородных связей, ван-дер-Ваальсовых сил и др. При этом углеводородные радикалы обращены наружу, они гидрофобны, водой не смачиваются и между их метильными концами образуются в натрийсиликатном связующем "коагуляционные" связи. Эти связи являются значительно более слабыми, чем связи, имеющиеся между полярными группами. Ориентированные таким образом молекулы способны легко скользить друг по другу. Этим своеобразным смазочным действием тонких ориентированных пленок и объясняется повышение пластичности жаростойкого бетона, содержащего гидрофобизирующее немоногенное ПАВ.

Свойства жаростойкого бетона на натрийсиликатном связующем при добавке 0,01 масс.% пропинола В-400 показаны в таблице I.

Таблица I

Основные свойства жаростойкого бетона на модифицированном натрийсиликатном связующем

Наименование показателей	Единица измерения	Величина показателя	
		пропинол В-400	тетрамикс
Предел прочности при сжатии	МПа	48	72
Плотность	г/см <sup>3</sup>	2,08	2,12
Термостойкость	к-во теплосмен при режиме 1000 °С - вода	до 56	более 120
Огнеупорность	°С	1610	1640
Пористость	%	20	18

Влияние катионактивных ПАВ на вязкость и другие свойства натрийсиликатного связующего. Тетрамикс - смесь солей трехзамещенного четвертичного аммониевого основания имеет

натрийсиликатном связующем приведены в табл.4.

Таблица 4

Влияние модифицирования натрийсиликатного связующего на огнеупорность жаростойкого бетона

Заполнитель, %	Натрийсиликатное связующее, %	Модификатор, %	Огнеупорность, °С
100	-	-	1670
85	15	-	1400
88	12	тетрамикс - 0,001	1640
88	12	пропинол В-400 - 0,001	1610

Оптимальным соотношением заполнителя и модифицированного натрийсиликатного связующего является 88-90; 12-10. Увеличение содержания связующего более 12 масс.% приводит к снижению деформации под нагрузкой и огнеупорности, уменьшение ниже 10 масс.% не позволяет получить достаточную прочность, т.к. затрудняет равномерное распределение связующего на поверхности заполнителя.

Критерием оптимизации являлись прочность при сжатии после сушки и плотность жаростойкого бетона.

За независимую переменную принято количество модифицированного натрийсиликатного связующего.

Проведенная одновременно с вычислением коэффициентов регрессии проверка адекватности полученной модели по критерию Стьюдента показала, что модель адекватна и описывает действительное свойство смеси. Для обоснования рационального фракционного состава жаростойкого шамотного бетона составлялись соответствующие диаграммы на основании уравнений регрессии (рис.5).

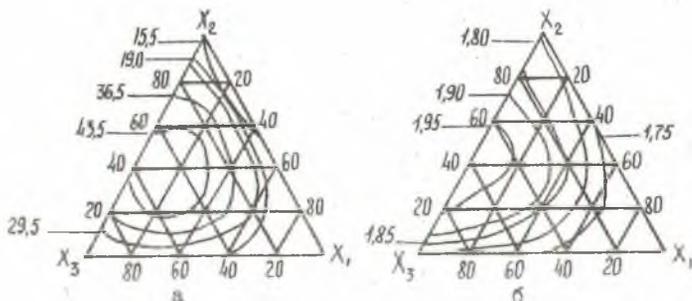


Рис.5. Диаграммы состояния "фракционный состав - свойство".  
а - предел прочности при сжатии, МПа; б - плотность, г/см<sup>3</sup>.

Исходя из сопоставлений диаграмм выбран фракционный состав жаростойкого шамотного бетона, который приведен в табл. 5.

Таблица 5

Оптимальный гранулометрический состав шамотного заполнителя на модифицированном натрийсиликатном связующем

Размеры фракций шамотного заполнителя, мм	Содержание по массе, %
1,25 - 0,63	30 - 40
0,63 - 0,315	30 - 40
менее 0,315	40 - 50

Исследование влияния технологических параметров получения бетона на его эксплуатационные свойства.

Наивысшая прочность бетона получена при плотности связующего 1,27-1,37 г/см<sup>3</sup>. Наиболее высокими показателями плотности (2,16-2,20 г/см<sup>3</sup>) обладает бетон, затворенный раствором модифицированного натрийсиликатного связующего с плотностью 1,27-1,33 г/см<sup>3</sup> (рис.6).

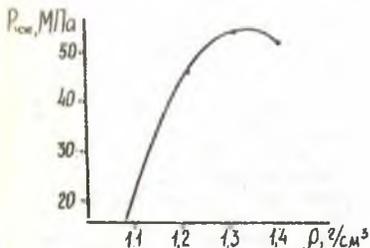


Рис.6. Зависимость предела прочности при сжатии жаростойкого бетона от плотности связующего

Снижение плотности модифицированного натрийсиликатного связующего в составе жаростойкого бетона от 1,35 до 1,30 обеспечивает снижение пористости до 16 %. В интервале от 1,3 до 1,25 г/см<sup>3</sup> пористость имеет самые низкие показатели.

Одним из наиболее важных факторов в технологии жаростойкого бетона является способ уплотнения бетонной массы, т.е.

формования. При формировании мелкоштучных фасонных изделий наиболее широко применяется прессование. Причем с увеличением давления прессования возрастает физико-механические показатели бетона после сушки.

Интенсивное возрастание значений  $R_{см}$  и  $\rho$  бетона стечается до прессового давления равного 25-30 МПа. При увеличении прессового давления до 40 МПа прочность бетона составляет 82 МПа. Это связано с тем, что находящийся в промежутках между частицами заполнителя воздух при давлении 25-30 МПа удаляется наиболее полно, плотность бетона достигает плотности

Предел прочности при сжатии у бетона на модифицированном натрийсиликатном связующем достигает 61 МПа при содержании связующего в бетоне 12 % (5,76 масс.% по сухому веществу). Дальнейшее увеличение содержания связующего в бетоне нецелесообразно, т.к. не приводит к заметному приросту прочности, а температура деформации под нагрузкой и огнеупорность бетона при этом падают.

Аналогичная картина наблюдается и при увеличении содержания немодифицированного натрийсиликатного связующего. Однако в данном случае даже при введении 16 масс.% связующего (7,68 масс.% по сухому веществу) предел прочности при сжатии составляет 50 МПа (рис.3).

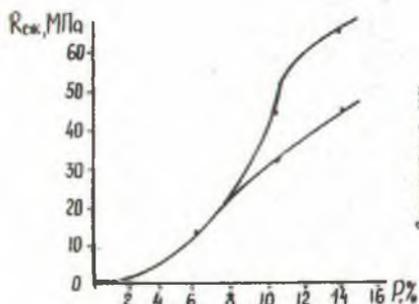


Рис.3. Влияние количества связующего на прочность жаростойкого бетона. 1 - модифицированное натрийсиликатное связующее; 2 - немодифицированное натрийсиликатное связующее.

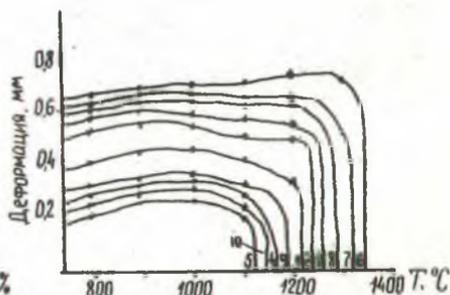


Рис.4. Зависимость температуры деформации под нагрузкой жаростойких бетонов от содержания вяжущего. Номер кривой соответствует номеру состава в таблице 2.

Таблица 2  
Составы жаростойкого шамотного бетона

Компоненты	Содержание компонентов в составах, масс.%									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Шамот	92	91	90	88	86	92	91	90	88	86
Немодифицированное натрийсиликатное связующее	8	9	10	12	14	-	-	-	-	-
Модифицированное натрийсиликатное связующее	-	-	-	-	-	8	9	10	12	14

Определение деформации под нагрузкой свидетельствовало, что она зависит от структуры и количества силикатного связующего (рис.4, номера кривых соответствуют номерам составов в

табл.2). Наилучшими показателями обладают жаростойкие бетоны, содержащие в качестве модификатора тетрамикс.

Для определения размера пор использовали гидродинамический метод. Бетон, высушенный при температуре 20 °С имел максимальный размер пор при использовании немодифицированного натрийсиликатного связующего 72 мкм, при использовании модифицированного натрийсиликатного связующего – 57 мкм. После термообработки размер пор составил 48 и 57 мкм соответственно. Минимальный же размер у нетермообработанных образцов бетона на немодифицированном натрийсиликатном связующем 13,1 мкм, на модифицированном – 8 мкм. После термообработки размер минимальных пор у бетона на немодифицированном натрийсиликатном связующем 9 мкм, у бетона на модифицированном – 8 мкм (табл.3).

Таблица 3

Размер пор и их процентное содержание в жаростойком бетоне

Размер пор, мкм	Бетон на модифицированном натрийсиликатном связующем		Бетон на немодифицированном натрийсиликатном связующем	
	20 °С	1000 °С	20 °С	1000 °С
72,00-28,80	-	-	0,01	0,07
48,00-28,80	0,01	0,05	-	0,14
28,80-16,00	6,49	0,87	-	21,64
16,00-11,08	3,12	9,29	12,97	78,16
11,08- 9,60	1,32	82,06	7,17	-
9,60- 8,47	14,35	7,88	9,81	-
8,47- 8,23	75,27	-	45,97	-
8,23- 8,00	0,43	-	23,68	-

При спекании бетонов пористость в обоих случаях (модифицированная и немодифицированная связка) остается открытой до достижения материалом плотности 1,89 г/см<sup>3</sup>, после чего образуются закрытые поры и при плотности более 2,12 г/см<sup>3</sup> открытых пор минимальное количество. В жаростойком бетоне поры залечиваются вследствие вязкого течения вещества в поры. Этот процесс сопровождается усадкой и, следовательно, повышением кажущейся плотности.

Исследование микроструктуры жаростойкого бетона, проведенное методом сканирующей электронной микроскопии подтвердили данные порометрии.

Результаты определения огнеупорности мелкозернистых жаростойких бетонов на модифицированном и немодифицированном

следующий состав (масс.%):

триметилоктадециламмоний ацетат	-	60-80
триметилоктадециламмоний хлорид	-	10-20
триметилоктадециламмоний иодид	-	5-10.

Углеводородный радикал -  $C_{18}H_{37}$  - является достаточно длинным для проявления поверхностной активности. Растворимость его (4-6 масс.%) обуславливает более прочную связь при адсорбции.

Введение этого ПАВ в натрийсиликатное связующее в количестве от 0,004 до 0,5 масс.% приводит к существенному снижению вязкости с 74 до 62 МПа·с· $10^{-3}$  (рис.1).

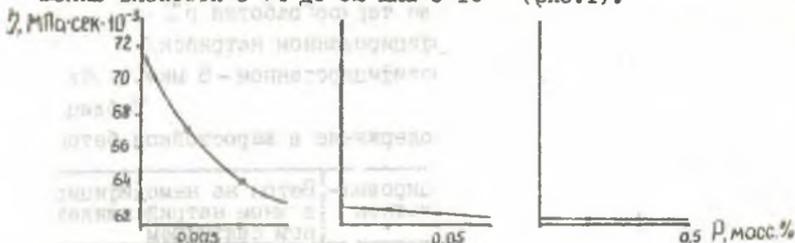


Рис. 1. Зависимость вязкости натрийсиликатного связующего от добавки катионоактивного ПАВ

При добавлении тетрамикса более 0,5 масс.% к натрийсиликатному связующему выпадает белый хлопьевидный осадок, образование которого вызвано процессом коагуляции.

С целью определения модифицирующего действия тетрамикса, обезвоженные ( $T_{\text{сушки}} - 100^{\circ}\text{C}$ ) модифицированное и немодифицированное натрийсиликатное связующее исследовали методами РФА и ДКС. Результаты этих исследований позволяют сделать вывод о том, что модификатор способствует образованию упорядоченной структуры не вступая в химическое взаимодействие со связующим. Этот факт является доказательством того, что тетрамикс оказывает модифицирующее действие на натрийсиликатное связующее.

Исследованием структуры связующего методом электронной микроскопии установлено, что поверхность немодифицированного связующего пронизана сетью пор, средний диаметр которых колеблется в пределах 10,0-8,0 мкм. Модифицированное связующее практически не имеет пор, однородно и малорельефно.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что модифицированное натрийсиликатное связующее тетрамиксом оказывает

существенное влияние на его свойства и, прежде всего, на вязкость. Это обстоятельство позволяет снизить содержание связующего в бетонной массе до 10-12 масс.% при одновременном увеличении эксплуатационных свойств бетона. Причем все они превосходят по своим значениям свойства бетона с неионогенным ПАВ (табл. I). Поэтому основное внимание в работе было уделено изучению свойств бетона на натрийсиликатном связующем, модифицированном тетрамиксом.

Влияние технологических параметров на вяжущие свойства модифицированного тетрамиксом натрийсиликатного связующего.

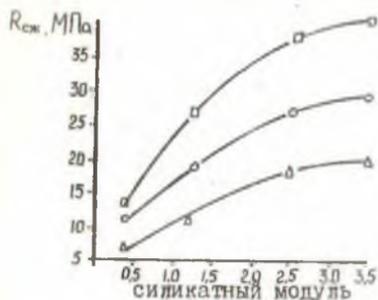


Рис. 2. Зависимость прочности жаростойкого бетона от силикатного модуля модифицированного натрийсиликатного связующего.  $\Delta$  - 8 масс.%;  $\circ$  - 10 масс.%;  $\square$  - 12 масс.%.  
 Для выяснения влияния состава модифицированного натрийсиликатного связующего на физико-механические свойства жаростойкого бетона были синтезированы натрийсиликатные связующие с различными силикатными модулями. Растворимость их резко понижается с увеличением силикатного модуля более 3,0. Прочность бетонов, изготовленных на высокомодульных связках ( $n = 2, 5-3, 5$ ), имеет наиболее высокие показатели (40-45 МПа после термообработки при 200 °С) (рис. 2). Поэтому оптимальным в работе принят силикатный модуль 2,9-3,0.

Для ускорения процесса коагуляции и выяснения влияния на физико-механические свойства жаростойкого бетона, в его состав были введены отвердители - феррохромовый шлак, глиноземистый цемент и кремнефтористый натрий.

Все отвердители, снизив сроки схватывания до 45 мин, оказывают отрицательное влияние на предел прочности при сжатии (17-28 МПа) и термостойкость (22-31 теплосмена при режиме 1000 °С - вода).

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЖАРСТОЙКИХ БЕТОНОВ НА МОДИФИЦИРОВАННОМ НАТРИЙСИЛИКАТНОМ СВЯЗУЮЩЕМ

Определение оптимального соотношения связующего и заполнителя. Оптимальное соотношение между связующим и шломотом определяли в бетонных образцах, термообработанных при температуре 1000 °С, т.к. при этой температуре процессы формирования структуры бетона в основном заканчиваются.

шамота и дальнейшее увеличение прессового давления приводит к разрушению шамота.

Торкретирование позволяет максимально механизировать футеровочные работы, снизить сроки их выполнения. Этот метод хорошо зарекомендовал себя при проведении горячего ремонта футеровки вращающихся печей.

Для определения физико-механических показателей жаростойкого бетона, получаемого методом торкретирования стандартные формы 4х4х16 см заполняли массой из торкрет-пушки в отработанном режиме. Затем бетон извлекали из форм, термообрабатывали и испытывали на основные показатели качества. Результаты испытаний внесены в таблицу 6.

Таблица 6

Результаты испытаний жаростойкого бетона, полученного методом торкретирования

Наименование показателей	Единицы измерения	Величина показателя
Предел прочности при сжатии	МПа	45
Предел прочности при изгибе	МПа	23
Плотность	кг/м <sup>3</sup>	2120
Термостойкость	количество теплосмен при режиме 1000 °С - вода	более 45

Жаростойкий бетон, полученный методом торкретирования, имеет характеристики на уровне бетона изготовленного методом одностороннего полусухого прессования и по основным показателям качества соответствует требованиям, предъявляемым к жаростойкому бетону.

#### ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ ЖАРСТОЙКОГО БЕТОНА

Технология получения жаростойкого бетона на модифицированном натрийсиликатном связующем.

По результатам исследований были разработаны новые промышленные составы нового жаростойкого бетона и определены основные технологические параметры его изготовления.

При разработке технологических параметров изготовления жаростойкого бетона ставили задачу максимально механизировать футеровочные и ремонтные работы, ускорить сроки их проведения без дополнительных капиталовложений.

Разработанные технологические параметры производства предусматривают укладку жаростойкого бетона полусухим тор-

кретированием непосредственно на заводе-потребителе.

Изготовление жаростойкого бетона и футеровки из него проводили на Чечено-Ингушском цементном заводе. Для сравнения физико-механических характеристик бетона, полученного в производственных условиях с характеристиками, полученными в лабораторных условиях, шамот и модифицированное натрийсиликатное связующее перед торкретированием смешивали и готовили бетон прессованием в лабораторных условиях завода. Результаты испытаний приведены в таблице 7.

Таблица 7

Основные показатели свойств жаростойкого бетона на модифицированном натрийсиликатном связующем

Наименование показателей свойств	Единицы измерения	Величина
Предел прочности при сжатии	МПа	49
Предел прочности при изгибе	МПа	24
Термостойкость	количество теплосмен при режиме 1000 °С - вода	более 40
Пористость	%	19
Плотность	г/см <sup>3</sup>	2,12

При сравнении результатов, полученных в производственных условиях, с результатами, полученными в лабораторных условиях, можно сказать, что жаростойкий бетон, изготовленный в производственных условиях для торкретирования по показателям качества не уступает бетону, полученному в лабораторных условиях, и может быть использован для футеровки цементной печи.

По результатам проведенных опытно-экспериментальных работ разработаны технологический регламент и технические условия на изготовление жаростойкого бетона.

### ВЫВОДЫ

1. Проведено комплексное исследование модифицированного (0,005-0,5 масс.%) смесью солей четвертичного аммониевого основания (тетрамиксом) натрийсиликатного связующего для жаростойких бетонов.

Модифицирование натрийсиликатного связующего понижает его вязкость с 74 до 62 МПа.с.10<sup>-3</sup>, что позволяет управлять реологией бетона и добиться снижения содержания связующего в нем при одновременном увеличении площади контакта.

2. Разработан жаростойкий бетон, состоящий из шамота (88-

-90 масс.%) и модифицированного натрийсиликатного связующего (10-12 масс.%), в котором за счет модифицирующего эффекта увеличена термостойкость на 300 %, предел прочности при сжатии на 35%, огнеупорность и деформация под нагрузкой на 10 %.

3. Методами электронной микроскопии и гидродинамической порометрии исследована структура жаростойкого бетона и установлено, что вследствие положительного влияния модификатора общая пористость бетона снижена на 20 %, расположение пор более равномерное и размер их становится более однородным.

4. С помощью математического планирования эксперимента и ЭВМ определен оптимальный гранулометрический состав алюмосиликатного заполнителя (масс.%):

шамот, фракция 1,25 мм	- 5-10;
шамот, фракция 0,63 мм	- 30-40;
шамот, фракция 0,315 мм	- 20-30;
шамот, фракция менее 0,315 мм	- 30-40.

Установлено, что наиболее высокие показатели термомеханических свойств бетона проявляются при использовании шамота, содержащего свыше 35 масс.%

5. Модифицированное натрийсиликатное связующее обеспечивает образование большего количества стеклофазы, при температуре 1250 °С интенсифицируется образование кристобалита, который, как установлено, отвечает за прочностную характеристику бетона. Увеличение скорости этих процессов происходит за счет увеличения поверхности контакта между связующим и заполнителем.

6. Изучено влияние основных технологических параметров на физико-механические свойства бетона, на основании чего установлен оптимальный технологический режим его термообработки.

7. Разработан технологический процесс получения жаростойкого бетона и его укладки во вращающейся цементной печи. Разработанный бетон прошел успешные испытания на Чечено-Ингушском цементном заводе при футеровке вращающейся клинкерообжигательной печи.

За счет увеличения сроков службы футеровки по сравнению с хромомагнезитом, механизации футеровочных работ, сокращения сроков их проведения, замены дефицитного хромомагнезитового кирпича получен экономический эффект 301,722 руб.

8. Разработана техническая документация на новый жаростойкий бетон и технологию его применения.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах.

1. Куницкая Т.С., Усова О.П. Жаростойкие бетоны для цементных вращающихся печей // Тез. докл. Координационного совещания "Жаростойкие бетоны на бесцементных и смешанных вяжущих". - Махачкала, 1986. - С. 35.

2. Куницкая Т.С., Кузьменков М.И., Усова О.П. Жаростойкие бетоны на модифицированных алюмосиликатных связках // Тезисы Всесоюзной I конференции "Физико-химические аспекты прочности жаростойких неорганических материалов". - Запорожье, 1986. - С. 286.

3. Усова О.П., Куницкая Т.С., Яковчук Л.Н., Лескить Л.А. Свойства жаропрочного бетона на полифосфате натрия // Тезисы Всесоюзной I конференции "Физико-химические аспекты прочности жаростойких неорганических материалов". - Запорожье, 1986. - С. 307.

4. Усова О.П., Куницкая Т.С., Кузьменков М.И., Сидорович И.В. Жаростойкий бетон для футеровки вагонеток туннельных печей // Тезисы Всесоюзной конференции "Физико-химические основы переработки бедного природного сырья и отходов промышленности жаростойких материалов". - Сыктывкар, 1989. - С. 42.

5. Усова С.П., Кузьменков М.И., Куницкая Т.С., Минич Т.Г., Лекесон Э.О. Бетоны на модифицированных силикатных связующих // Тезисы XXIII студенческой научно-технической конференции ВУЗов Белоруссии, Молдавии, Эстонии, Латвии, Литвы. - Минск, 1989. - С. 81.

6. Кузьменков М.И., Куницкая Т.С., Усова О.П., Сидорович И.В. Научно-технические проблемы производства и применения огнеупорных бетонов в цементной промышленности // Тезисы Всесоюзной конференции "Фундаментальные исследования и новые технологии в строительном материаловедении". - Белгород, 1989. - С. 98.

7. Kuzmenkov M. I., Kunitskaya T. S., Usava O. P., Sidorovich I. V. Sodium Polyphosphate Bonded Heat-Resistant Concrete. "31<sup>st</sup> International Colloquium on Refractories in the Manufacture and Transport of Pig Iron". Aachen, 1988

8. Кузьменков М.И., Куницкая Т.С., Усова О.П., Сидорович И.В. Фосфатные бетоны для цементных печей // Тезисы Всесоюзной конференции "Фосфаты-87". - Ташкент, 1987. - С. 87.

9. А.с. СССР № 1385503. Сырьевая смесь для получения

огнеупорного бетона / Т.С.Куницкая, О.П.Усова, Н.Г.Сущинская, Л.Н.Яковчук. - Закрытая печать, оп. 1987.

10. А.с. СССР № I392817. Огнеупорная бетонная масса / Т.С.Куницкая, О.П.Усова, Л.Н.Яковчук, Н.Г.Лысенко, Г.В.Горюнова. Закрытая печать, оп. 1987.

11. А.с. СССР № I423540. Огнеупорная масса / Т.С.Куницкая, М.И.Кузьменков, О.П.Усова, Л.А.Лескить. - Закрытая печать, оп. 1988.

12. Kuzmenkov M. G., Kunitskaya T.S., Usova O.P., Sidorovich I.I. *Sodium Polyphosphate Bonded Heat-Resistant Concrete, Special Issue of Interconom. "31<sup>st</sup> International Colloquium on Refractories in the Manufacture and Transport of Refractories" Aachen, 1988*

13. Kuzmenkov M. G., Kunitskaya T.S., Usova O.P., Sidorovich I.I. *New Refractory Concrete for Furnace Wagons and Cement Rotary Kiln. Special Issue of Interconom. "32<sup>nd</sup> International Colloquium on Refractories" Aachen, 1989.*

14. А.с. СССР № I52I73I. Огнеупорная масса / М.И.Кузьменков, Т.С.Куницкая, О.П.Усова, И.В.Сидорович. - БИ, № 4I, 1989.

15. Кузьменков М.И., Куницкая Т.С., Усова О.П., Сидорович И.В. Модифицированные натрийсиликатные связующие для огнеупорных бетонов // Тезисы научно-технического совещания "Исследования и применение вяжущих для изготовления огнеупоров". - Свердловск, 1990. - С. 49.

16. Кузьменков М.И., Куницкая Т.С., Усова О.П., Сидорович И.В. Жаростойкий бетон на модифицированном натрийсиликатном связующем // Строительные материалы. - 1990. - № 7. - С. 23.

17. Кузьменков М.И., Куницкая Т.С., Усова О.П., Сидорович И.В. Износостойкие огнеупорные бетоны на полифосфатном связующем // Химия и хим.технология. - Мн.: Университетское, 1990. - Вып.4. - С. 126-130.

Горю

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ЖАРСТОЙКИХ  
БЕТОНОВ ПУТЕМ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ЖИДКОСТЕКЛЬНОГО  
СВЯЗУЮЩЕГО

Ольга Прохоровна Усова

Подписано в печать 20.11.90. Формат 60x84<sup>I</sup>/<sub>16</sub>. Печать офсетная.  
Усл.печ.л. 1,17. Усл.кр.-отт.1,17. Уч.-изд.л. 1,0.

Тираж 100 экз. Заказ 571. Бесплатно.

Белорусский ордена Трудового Красного Знамени технологический  
институт им.С.М.Кирова. 220630. Минск, Свердлова, 13а

Отпечатано на ротапринтере Белорусского ордена Трудового  
Красного Знамени технологического института им.С.М.Кирова.

220630. Минск, Свердлова, 13а