

6  
A 39

АКАДЕМИЯ НАУК УЗБЕДСКОЙ ССР

ОБЪЕДИНЕННЫЙ УЧЕНЫЙ СОВЕТ ПО ХИМИИ И ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

А. Тапиров

Исследование по повышению нормального сцепления  
силикатного кирпича с раствором применительно к  
сейсмичности 8-9 баллов

(05.350-технология силикатов)

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Издательство "ФАН" УзССР

Ташкент - 1969



АКАДЕМИЯ НАУК УЗБЕКСКОЙ ССР

ОБЪЕДИНЕННЫЙ УЧЕНЫЙ СОВЕТ ПО ХИМИИ И ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

А. Таиров

Исследование по повышению нормального сцепления  
силикатного кирпича с раствором применительно к  
сейсмичности 8-9 баллов

(05.350-технология силикатов)

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Издательство "ФАН" УЗССР

Ташкент - 1969

Издательство "ФАН" УЗССР  
АН УЗССР  
Издательство "ФАН" УЗССР



Диссертация выполнена в Институте химии АН УзССР и  
в Ташкентском "НИИСтромпроекте", МПСМ СССР.

Научные руководители:

член-корреспондент АН УзССР, доктор химических  
наук, профессор И.С. КАНЦЕПОЛЬСКИЙ,  
кандидат технических наук Б.И. НУДЕЛЬМАН.

Официальные оппоненты:

академик АН УзССР, доктор химических наук Х.У.УСМАНОВ,  
кандидат технических наук, доцент А.А.АДЫЛХОДЖАЕВ

Ведущее предприятие:

Казахский технологический институт /г. Чимкент/

Автореферат разослан "21" августа 1969 г.

Защита диссертации состоится "\_\_\_\_" Октября 1969 г.

на заседании Объединенного ученого совета по химии и хими-  
ческой технологии АН УзССР, г. Ташкент, ул. Черданцева, 19.

С диссертацией можно ознакомиться в Фундаментальной библиоте-  
ке АН УзССР, ул. А. Тукаева, 1.

Ученый секретарь Совета  
кандидат технических наук

/Н.Д. РЯБОВА/

Согласно механической, адсорбционной, диффузионной и  
электрической теориям, объясняющим сцепление между материа-  
лами, формирование адгезии зависит от конкретного материала  
и условий. Общим для всех этих теорий является признание  
"специфического" сродства между материалом и раствором.

С.В. Поляков, И.Т. Котов, В.А. Степанян, Н.А. Попов,  
С.А. Семенов, И.Я. Пельдман, Л.И. Омицкий, М.М. Кукебаев и  
др. определяли условия, повышающие прочность сцепления кла-  
док, и возможность применения ряда стеновых материалов в  
ответственных гражданских и промышленных сооружениях.

Камонные кладки из силикатного кирпича не удовлетво-  
ряют требованиям СНиП П-А 12-62 в отношении величины норматив-  
ного сопротивления осевому растяжению по неперезвязанным швам  
для кладок I категории в сейсмических районах вследствие  
инякого сцепления силикатного кирпича с раствором.

Применение силикатного кирпича позволило бы:

- а) использовать природные ресурсы республики - барханные  
пески;
- б) снизить удельные капиталовложения на 1000 шт. ус-  
ловного кирпича с 30 до 15 руб.;
- в) снизить себестоимость 1000 шт. условного кирпича с  
18 руб. до 10.

Исследования по повышению нормального сцепления сили-  
катного кирпича с раствором применительно к районам с сей-  
смичностью 8-9 баллов актуальны, и цель данной работы зак-  
лючается в изучении путей повышения нормального сцепления  
силикатного кирпича с раствором применительно к условиям  
сейсмичности 8-9 баллов путем активизации его поверхности  
и стенок пор введением гидравлически активных добавок.

Исследование исходных сырьевых материалов

Материалами для исследований служили барханный песок,  
известь, а также различные по природе и активности добавки -  
сипшоф, глинез, глинез, опока (табл. I).

Известь получали обжигом известняка Ахангаранского  
месторождения.

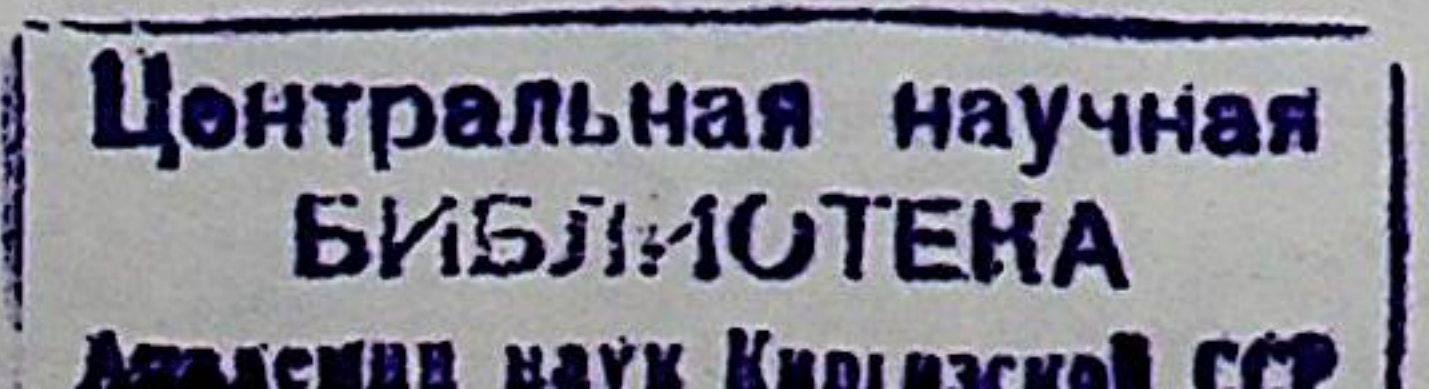




Таблица I

Результаты химических исследований гидравлически активных добавок, известняка и барханного песка, %

Сырье	АКТИВНОСТЬ							SiO <sub>2</sub> по CaO мг/г (акт.)	SiO <sub>2</sub> (акт.) ДОБАВКИ					
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> O			K <sub>2</sub> O	Сумма			
Извест- няк	42,25	0,58	1,46	54,36	0,65	нет	0,03	0,15	0,25	99,73	-	-	-	
Песок бар- ханный	7,01	62,32	11,09	3,20	6,98	2,57	2,10	0,30	1,25	2,55	99,97	-	-	
Сиштоф	7,03	84,31	5,46	1,08	0,90	0,21	0,03	0,98	0,21	0,67	99,91	30,42	1,59	264,6
Глинит	1,59	68,26	26,08	1,56	0,98	сл.	нет	0,60	0,15	0,80	100,02	33,54	23,44	228,6
Глиез	1,43	70,72	16,67	4,43	1,71	0,42	0,66	0,70	0,47	2,66	99,87	7,06	2,65	64,6
Опока	12,61	70,14	9,34	3,48	1,31	сл	0,97	0,58	0,40	0,91	99,74	19,22	3,75	242,0

- 5 -

Содержание активного CaO в обожженной извести составляло - 92,5 %, температура гашения - 90°C, скорость гашения - 3,5 мин., выход теста с I т. - 3,9 м<sup>3</sup>, непогасившийся остаток - 0,9 %.

В лабораторных условиях применяли гашеную известь /пушонка/, в которой рентгенографически индифицируется в основном содержание Ca /OH/<sub>2</sub>, а на термограмме присутствует эндотермический эффект при 585°C.

Сиштоф для наших исследований представил сотрудник лаборатории электрохимии Института химии АН УзССР к.т.н. Х. Исмаилов.

Исследованиями, проведенными институтом металлургии им. А.А. Байкова АН СССР совместно с Институтом химии АН УзССР по комплексному азотнокислотному способу переработки каолиновых глин Ангреновского месторождения, доказана возможность получения из этих глин глинозема, 60 %-ного раствора азотнокислого аммония-полезного отхода для получения аммиачной селитры и отхода-сиштофа.

Глинит как гидравлически активную добавку, получали обжигом каолиновой глины при температуре 700°C в течение 30 мин. Затем глинит мололи в лабораторной шаровой мельнице до прохождения через сито 900 отв/см<sup>2</sup>; при этом остаток на сите 0085 составлял - I2 + I5 %.

Глиез Кызылкийского и опока Керменинского месторождения подготавливались аналогичным образом.

Принятые для исследования добавки охватывают широкий диапазон по активности - высокоактивные /сиштоф, глинит/ и низкоактивные /опока, глиез/, и по качественному составу активных окислов-кремнеземистые /сиштоф, опока/ и глинозем-кремнеземистые /глинит/.

ПРОЦЕССЫ, ПРОИСХОДЯЩИЕ ПРИ ГИДРОТЕРМДЛЬНОЙ ОБРАБОТКЕ ИЗВЕСТКОВО-СИШТОФНОГО И ИЗВЕСТКОВО-ГЛИНИТНОГО ВЯЖУЩИХ И ИХ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Процессы, происходящие при автоклавировании известково-сиштофного и известково-глинитного вяжущих, в значительной



степени определяют процессы при автоклавировании известково-песчаного материала с добавкой гидравлически активных компонентов. От вида вяжущего зависят и конечные свойства автоклавированных материалов.

Известково-сигшофное вяжущее готовили с активностью 24 и 36 % /по CaO/, что соответствовало наиболее вероятной активности вяжущего, применяемого для производства силикатного кирпича.

Помод вяжущего производили в лабораторной шаровой мельнице до остатка на сите 0085 - 10%.

Для установления оптимальной влажности формования определяли максимальную молекулярную влагоемкость известково-сигшофного вяжущего с активностью 24 и 36 %, которая соответственно составляет 16,2 и 19,4 %.

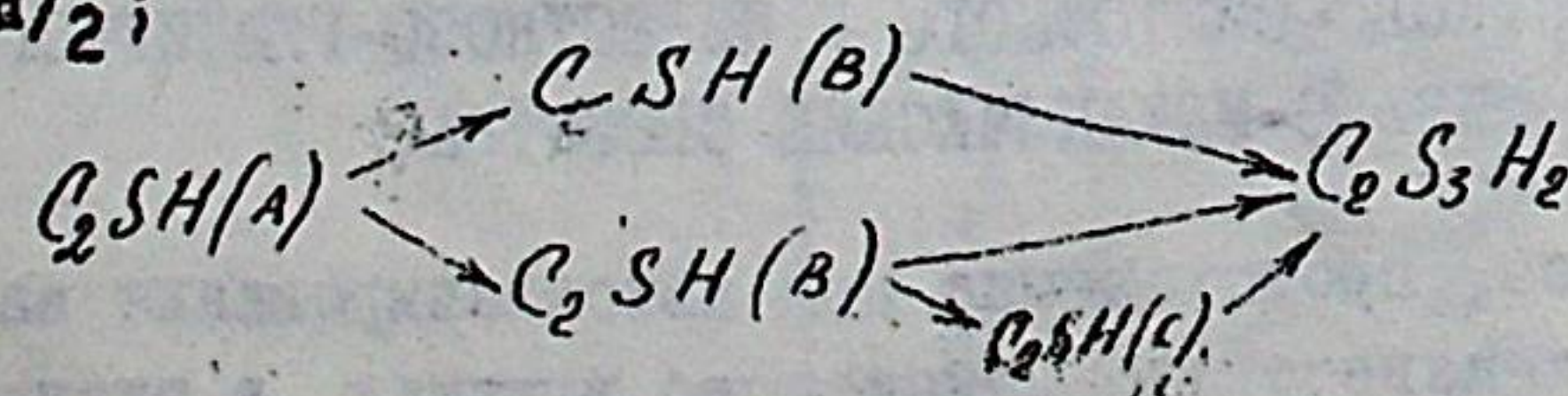
Образцы подвергали гидротермальной обработке - пропариванию в пропарочной камере и запариванию в автоклаве. Продолжительность первого при 95°C 12 и 20 час и второго при 151, 175, 190°C - 6,8,10 часов.

После гидротермальной обработки проводили физико-химические и физико-механические исследования образцов.

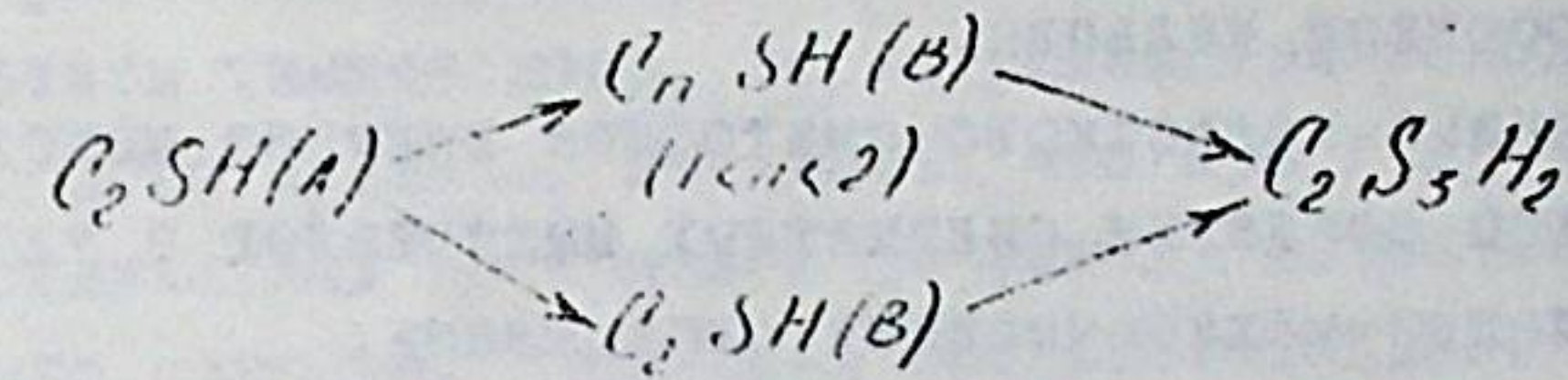
Для более надежного индицирования термограмм и рентгенограмм синтезированы гидросиликаты кальция  $C_2SH(B)$ ,  $C_2SH(A)$ ,  $C_2SH(C)$ , ксонотлит, и гиролит, образование которых является наиболее вероятным, если принять во внимание параметры автоклавирования и состав вяжущего.

В результате физико-химических исследований продуктов гидратации известково-сигшофного вяжущего установлено, что при гидротермальной обработке силикатных изделий с применением этого вяжущего вероятной будет следующая последовательность в образовании продуктов гидратации.

При отсутствии остаточного содержания несвязанного Ca /OH/2;



При наличии остаточного содержания несвязанного Ca/OH/2;



Условия гидротермальной обработки известково-сигшофного вяжущего активностью 24 и 36 % также существенно влияют на его физико-механические показатели. Увеличение прочности обусловлено повышением температуры и продолжительностью термовлажностной обработки в исследуемых пределах. Исключение составляют образцы из вяжущего с активностью 36 %, автоклавированные при 190°C. Снижение прочностных показателей в данном случае можно объяснить интенсивным прохождением процессов перекристаллизации гидросиликатов кальция  $C_2SH(B)$  в  $C_2SH(C)$ .

Увеличение продолжительности автоклавирования вызывает повышение пористости и водопоглощения образцов и некоторое снижение объемного веса их. Обычно такие изменения сопутствуют процессам перекристаллизации продуктов гидратации известково-сигшофного вяжущего.

Образцы на основе известково-сигшофного вяжущего с активностью 24 %, автоклавированные при 175 и 190°C, имеют очень низкое водопоглощение /9-10%/ при сравнительно большой пористости /20-30%/ и вполне морозостойки. Почти аналогичные изменения при несколько повышенных /на 6-7 %/ показателях пористости и водопоглощения наблюдаются с образцами, имеющими активность 36 %. Однако морозостойкость этих образцов низкая (5-10 циклов).

Таким образом, определяющим фактором, обуславливающим возможность применения известково-сигшофного вяжущего для получения стеновых силикатных материалов, является основность и структура образующихся при гидротермальной обра -



ботке гидросиликатов кальция и остаточное содержание несвязанной гидроокиси кальция.

В принципе известково-ситофное вяжущее может быть применено для создания силикатных материалов с удовлетворительными физико-механическими свойствами.

#### Известково-глинитное вяжущее

При изучении известково-ситофного вяжущего выяснилась целесообразность использования вяжущего с пониженной основностью для моделирования главных процессов, происходящих при гидротермальной обработке силикатных материалов, в которых после автоклавирования отсутствует несвязанная гидроокись кальция.

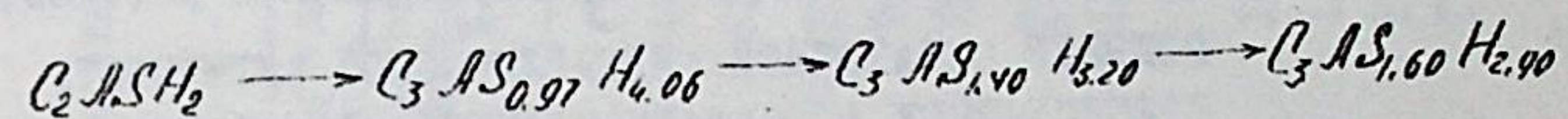
Исследованию подвергалось известково-глинитное вяжущее с активностью 24 %. Приготовление вяжущего и формование из него образцов, предназначенных для гидротермальной обработки, проводили по методике, описанной выше.

Известно, что повышение температуры гидратации образцов, содержащих значительное количество активного глинозема или алюминатов кальция (выше 100° С), резко снижает показатели их прочности в связи с образованием кубического  $C_3AH_6$ . Образование же таких глиноземсодержащих продуктов гидратации, как гидротеленита или гидрограната, не приводит к резкому падению прочности. Она, наоборот, растет за исключением образцов, гидратированных при 190° С. Незначительное падение прочности скорее всего связано с перекристаллизацией продуктов гидратации и наблюдается в ряде случаев при гидротермальной обработке образцов на основе известково-кремнеземистого вяжущего при повышении температуры автоклавирования.

Нарушение структуры автоклавируемых образцов из известково-глинитного вяжущего за счет перекристаллизации новообразований подтверждается в некоторой степени повышением водопоглощения до 38 %. Как правило, водопоглощение пропаренных и автоклавированных образцов из известково-глинитно-

го вяжущего несколько увеличивается с повышением температуры и времени гидратации, что объясняется соответственным изменением пористости образцов и их объемного веса.

Результаты химического, термогравиметрического и рентгенографического анализов показали, что при гидротермальной обработке силикатных материалов на основе известково-глинитного вяжущего вероятно следующая последовательность в образовании продуктов гидратации:



Морозостойкость даже пропаренных образцов из известково-глинитного вяжущего превышает 15 циклов переменного увлажнения и оттаивания.

Таким образом, известково-глинитное вяжущее может служить надежной основой для создания силикатного материала с удовлетворительными физико-механическими свойствами.

#### СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРЕССОВАННЫХ АВТОКЛАВИРОВАННЫХ СИЛИКАТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ БАРХАННОГО ПЕСКА И ИЗВЕСТИ С ВВЕДЕНИЕМ КРЕМНЕЗЕМИСТЫХ ИЛИ ГЛИНОЗЕМКРЕМНЕЗЕМИСТЫХ ДОБАВОК

Гидравлически активная добавка рациональна в том случае, когда такая добавка в шихте не ухудшает свойств самого силикатного кирпича, что делает необходимым сравнительные исследования физико-механических свойств прессованных силикатных материалов на основе барханного песка с различным содержанием гидравлически активных добавок - ситофа, глиниста, глиежа и опоки /10-40 %/.

Методика подготовки извести и гидравлически активных добавок изложена выше.

Барханный песок Бувайдинского месторождения никакой предварительной подготовки, кроме высушивания, не подвергался.

Из гашеной извести, гидравлически активной добавки и



барханного песка приготавливали сухие смеси с активностью 8 %. Их оптимальную формовочную влажность определяли по максимальной молекулярной влагоемкости.

Важным моментом в технологическом отношении является положительное влияние добавок на прочность прессованных силикатных образцов. Присутствие в шихте исследуемых гидравлически активных добавок повышает съемную прочность силикатных образцов в ряде случаев примерно на 200 % (табл.2).

**ВЛИЯНИЕ ОСТАТОЧНОЙ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПРЕССОВАННЫХ АВТОКЛАВИРОВАННЫХ СИЛИКАТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА НОРМАЛЬНОЕ СЦЕПЛЕНИЕ С РАСТВОРОМ**

Разрабатываемая концепция повышения сцепления силикатного кирпича с раствором основана на создании специальных условий для химического взаимодействия компонентов, содержащихся в силикатном кирпиче с гидратом окиси кальция раствора путем придания массе, из которой состоит материал, остаточной гидравлической активности после автоклавирования.

В кладке в присутствии жидкой фазы происходит диффузия гидроокиси кальция, находящейся в растворе, в полость капилляров силикатного кирпича.

Непосредственно вблизи поверхности силикатного кирпича или стенок его открытых пор, прилегающих к поверхности, а также на контакте с поверхностью наблюдается взаимодействие гидроокиси кальция с активными добавками.

Кристаллизация новообразований также происходит на поверхности силикатного кирпича, и, особенно, на стенках его пор.

Равновесная концентрация окиси кальция в растворе над гидросиликатами меньше, чем концентрация насыщенного раствора извести. Поэтому к поверхности силикатного кирпича или стенкам его пор мигрирует дополнительное количество извести.

Этот процесс протекает до тех пор пока:

I/ существует диффузионная среда, т.е. вода в порах кирпича,

Таблица 2

Физико-механические показатели силикатных образцов с гидравлическими активными добавками

Добавка	:Содер- жане :добав- ки, %	:Формо- вочная :влаж- ность, %	:До :сырца, г/см <sup>2</sup>	:До :сырца, г/см <sup>2</sup>	:Объем- ный вес :сырца, г/см <sup>3</sup>	:Объем- ный вес :при сы- рии, г/см <sup>3</sup>	:прочность :при сы- рии, кг/см <sup>2</sup>	:объем- ный вес, г/см <sup>3</sup>	:водопог- лощение, %	:пористость, %
Силитоф	10	12,5	5,5	1,975	150	1,642	17,2	36,0		
	20	13,5	10,0	1,925	183	1,641	16,2	36,5		
	40	17,0	12,0	1,880	161	1,582	18,4	37,8		
Глинит	10	13,5	5,5	1,990	135	1,693	17,5	35,2		
	20	14,9	8,5	1,935	142	1,704	16,6	34,1		
	40	16,5	13,5	1,885	158	1,767	15,7	33,6		
Гллек	10	11,5	5,5	2,015	300	1,778	14,2	32,9		
	20	12,5	7,0	2,000	370	1,776	12,8	32,8		
	40	15,0	8,5	1,925	450	1,803	9,4	32,3		
Олока	10	13,0	6,5	2,050	205	1,741	15,7	34,2		
	20	15,0	11,0	2,005	283	1,762	13,3	32,6		
	40	18,0	14,0	1,990	210	1,729	11,6	32,1		
Без добавок	-	9,6	4,5	1,940	132	1,682	17,8	35,0		



2/ в кладочном растворе содержится свободная окись кальция или негидратированные клинкерные минералы;  
3/ поверхность кирпича и стенок пор имеют определенную водопроницаемость и остаточную гидравлическую активность.

Наличие остаточной гидравлической активности у силикатных образцов с гидравлически активными добавками выявлялась несколькими методами /табл. 3/.

Образцы после автоклавирования при 8 ати в течение 8 часов измельчали до остатка на сите 0085-10-12 %. Поглощение измельченной пробой извести определяли из ее водного раствора. Остаточную гидравлическую активность автоклавированных образцов определяли также испытанием на механическую прочность смесей из измельченной пробы с добавлением извести-пушонки. В соответствии с известной методикой устанавливали прочностные показатели на сжатие и растяжение образцов 1:3. Содержание в смеси извести-пушонки - 30 %.

Для получения относительной количественной характеристики остаточной гидравлической активности автоклавированных материалов /содержание активных  $SiO_2$  и  $Al_2O_3$ / проводили рациональное химическое исследование измельченных образцов.

Остаточная гидравлическая активность автоклавированных силикатных образцов с добавками, определяемая поглощением извести из насыщенного раствора, достаточно высокая и пропорциональна содержанию добавки в рассматриваемых пробах /табл. 3/.

Остаточная гидравлическая активность автоклавированных силикатных материалов обуславливает химическое средство их поверхности к кладочному раствору в процессе твердения по аналогии с взаимодействиями обычных гидравлически активных добавок с клинкерными минералами или известью при твердении.

Определенный интерес представляет исследование нормального сцепления поверхности силикатных образцов, обладающих

Таблица 3

Результаты определения остаточной гидравлической активности автоклавированных силикатных образцов, %

Определение	Силикатные образцы с добавкой			
	Силиката		Опоки	
	Сиптофа	Глинежа	Глинежа	Опоки
без до- : 10 : 20 : 40 : 10 : 20 : 40 : 10 : 20 : 40				
: бавок				
С / поглощен- : 12,4 30,0 40,5 113,5 24,0 71,7 106,3 14,1 19,5 36,8 27,3 53,0 119,0				
ная, мг/г до- бавки				
Изменение объ- : 1,5 1,7 2,2 3,6 2,3 7,2 13,1 1,5 1,75 2,0 1,75 3,0 7,5				
ма осадка, мл				
Активность добав- : 5,0 11,0 14,5 27,0 11,0 21,4 45,0 11,6 14,0 15,0 8,3 14,0 37,0				
ки по механичес- : 2,2 3,4 4,3 5,6 3,8 5,5 6,8 3,4 3,7 4,5 3,0 4,2 6,7				
кой прочности на : 2,2 3,4 4,3 5,6 3,8 5,5 6,8 3,4 3,7 4,5 3,0 4,2 6,7				
сжатие, кг/см <sup>2</sup>				
Активность добав- : 9,4 11,5 13,6 17,4 10,9 10,6 14,8 9,6 10,2 11,3 10,9 12,3 14,1				
ки по механичес- : 9,4 11,5 13,6 17,4 10,9 10,6 14,8 9,6 10,2 11,3 10,9 12,3 14,1				
кой прочности на : 9,4 11,5 13,6 17,4 10,9 10,6 14,8 9,6 10,2 11,3 10,9 12,3 14,1				
разрыв, кг/см <sup>2</sup>				
Содержание $SiO_2$ в : 2,7 2,6 2,7 4,5 6,3 10,1 2,8 2,0 2,7 2,8 2,7 2,7 2,7				
азотно-содовой вы- : 2,7 2,6 2,7 4,5 6,3 10,1 2,8 2,0 2,7 2,8 2,7 2,7 2,7				
тяжке после авто- : 2,4 4,5 8,3 2,3 3,6 8,6 0,5 1,1 2,2 1,8 3,2 3,2 5,0				
клавной обработ- : 2,4 4,5 8,3 2,3 3,6 8,6 0,5 1,1 2,2 1,8 3,2 3,2 5,0				
ки, %				
Содержание $Al_2O_3$ в : 0,1 нет 0,1 1,6 2,4 6,0 0,2 0,1 0,2 0,2 0,2 0,1 0,1 2,7				
азотно-содовой вы- : 0,1 нет 0,1 1,6 2,4 6,0 0,2 0,1 0,2 0,2 0,1 0,1 0,1 2,7				
тяжке после авто- : 0,1 нет 0,1 1,6 2,4 6,0 0,2 0,1 0,2 0,2 0,1 0,1 0,1 2,7				
клавной обработ- : 0,1 нет 0,1 1,6 2,4 6,0 0,2 0,1 0,2 0,2 0,1 0,1 0,1 2,7				
ки, %				
Остаточное содерж- : 2,4 4,5 8,3 2,3 3,6 8,6 0,5 1,1 2,2 1,8 3,2 3,2 5,0				
ание $SiO_2$ / акт/ : 2,4 4,5 8,3 2,3 3,6 8,6 0,5 1,1 2,2 1,8 3,2 3,2 5,0				
Остаточное содерж- : 0,1 нет 0,1 1,6 2,4 6,0 0,2 0,1 0,2 0,2 0,1 0,1 0,1 2,7				
ание $Al_2O_3$ / акт/ : 0,1 нет 0,1 1,6 2,4 6,0 0,2 0,1 0,2 0,2 0,1 0,1 0,1 2,7				



остаточной гидравлической активностью с раствором как конкретное следствие известного химического взаимодействия.

Чтобы исключить влияние геометрии пор на силу сцепления образцы перед склеиванием пропитывали канадским бальзамом. После этого склеиваемую сторону шлифовали и полировали.

Полированные поверхности образцов, представляющих собой балочки  $60 \times 15 \times 15$  мм, склеивали раствором марки "50" (портландцемент М-300, гашеная известь с активностью 68 % и речной песок с модулем крупности 1,24 в соотношении 1:0,7:6). Водотвердое отношение раствора 0,17 в соответствии с результатами ранее выполненных исследований может считаться оптимальным.

Нормальное сцепление единицы поверхности силикатных материалов, обладающих остаточной гидравлической активностью, намного выше, чем для силикатных материалов без остаточной гидравлической активности. Во всех случаях, за исключением образца с добавкой 40 % опоки, это увеличение 5-8-кратное.

Расчетное нормальное сцепление жженого кирпича с нулевой пористостью также в 5 раз больше, чем у обычного силикатного кирпича. Это является прямым свидетельством значительного влияния на нормальное сцепление с раствором остаточной гидравлической активности не только силикатного кирпича, но и жженого.

Очень серьезным моментом является различие нормального сцепления аншлифов и исследуемых образцов. Оно характеризует влияние пористости, т.е. разветвление поверхности сцепления за счет диффузии ионов кальция вглубь пор и к их стенкам.

Непосредственное проникновение извести из раствора в поры образца изучалось с помощью меченых атомов -  $\text{Ca}^{45}$ .

Наиболее вероятно проникновение в силикатный кирпич окиси кальция путем диффузии из кладочного раствора ионов кальция в жидкой фазе.

Скорость проникновения в данном случае определяется не только разностью концентраций ионов кальция на поверхности грани кирпича, контактирующей с кладочным раствором и в его центре, но и изменением проницаемости среды, через которую происходит диффузия. Изменение проницаемости, или плотности среды, обуславливается, в первую очередь, возникновением новообразований между диффундирующей известью и силикатным кирпичом, имеющим остаточную гидравлическую активность.

Окись кальция с меченым  $\text{Ca}^{45}$  смешивали с известью, которая в последствии являлась составляющей кладочного раствора. Проникновение ионов кальция исследовали на обычных силикатных образцах и на образцах, обладающих остаточной гидравлической активностью, обусловленной присутствием активного кремнезема за счет добавки шихта и активной глинозем-кремнеземистой добавки-глинита.

Автоклавированные образцы попарно склеивали кладочным раствором и через 90 и 400 суток разрывали.

Глубину проникновения  $\text{Ca}^{45}$  и его относительное содержание определяли измерением активности поверхности образцов, прилегающих к раствору и при послойном стачивании.

Данные по глубине проникновения  $\text{Ca}^{45}$  из кладочного раствора в образцы изображены на рис. 1.

Минимальное поглощение  $\text{Ca}^{45}$  соответствует силикатному образцу без гидравлически активных добавок. Наибольшее количество извести поглощает силикатный образец с добавкой 20 % шихта.

Силикатный образец с добавкой 20 % глинита поглощает наибольшее количество извести в слое толщиной до 1,32 мм. Очевидно, благодаря присутствию определенного количества активного глинозем-кремнеземистого компонента, происходит быстрое поглощение извести в поверхностном слое, который в значительной степени уплотняется новообразованиями, вследствие чего диффузия ионов кальция в глубинные слои резко



замедляется.

Это подтверждается и тем, что послойное распределение  $Ca^{45}$  для образцов с добавкой 20 % глиниста при увеличении времени твердения кладки во влаговоздушных условиях с 90 до 400 суток практически не изменяется.

Нормальное сцепление образцов с раствором определяли после 7 и 28 суток, 3, 6, 12, 24 - месячного хранения /табл. 4/. После месячного хранения величина нормального сцепления с раствором образцов с добавкой сикстофа была выше  $1,8 \text{ кг/см}^2$ , что предопределяет принципиальную возможность применения силикатных материалов с добавкой сикстофа для кладок первой категории в сейсмических районах.

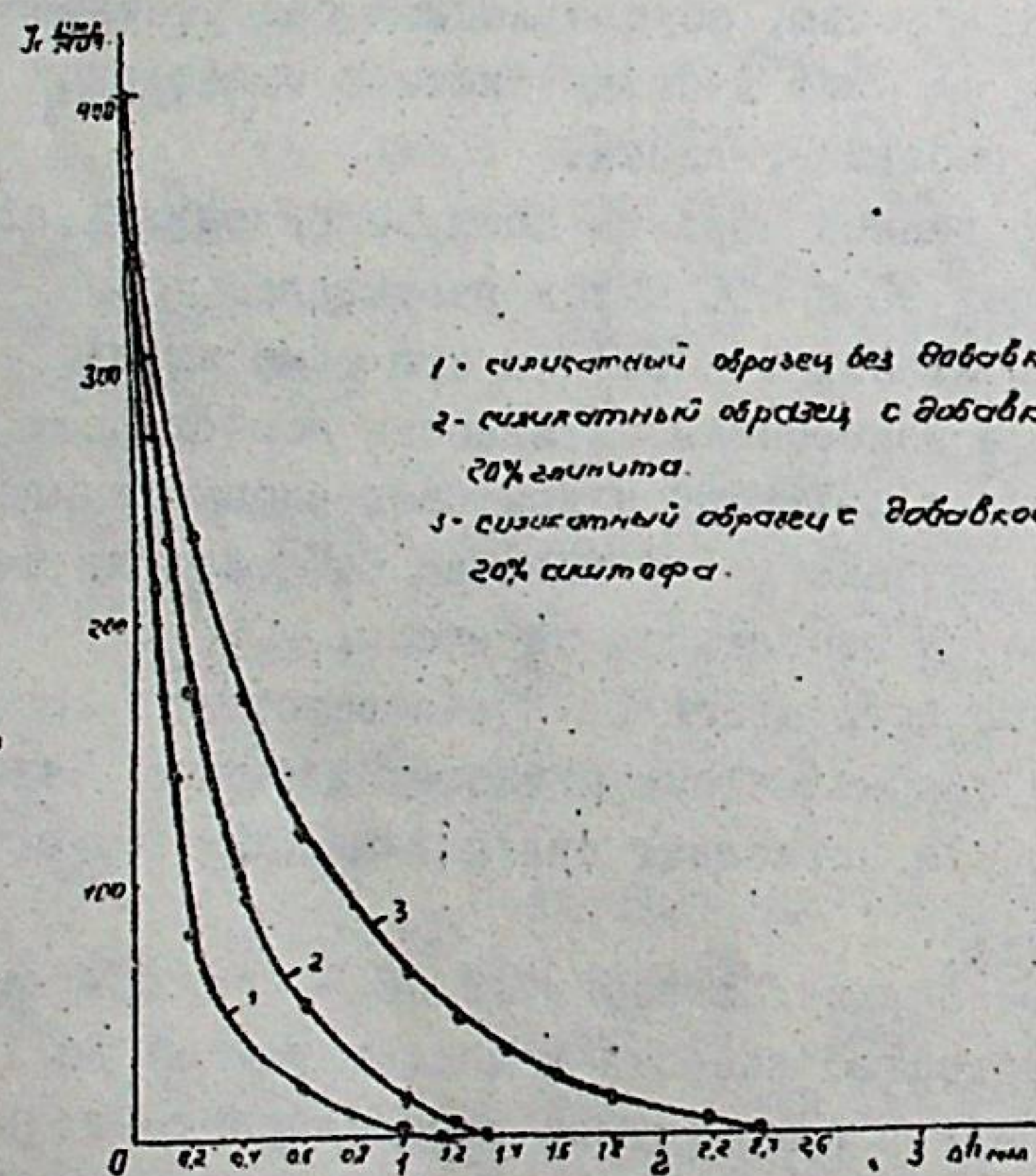


Рис. 1 Проникновение  $Ca^{45}$  из раствора в силикатные образцы в течение 32 месяцев с момента склеивания

К месячному хранению при сравнении с 7-дневным, почти в 2 раза повышалось нормальное сцепление с раствором образцов с добавкой не только сикстофа и глиниста, но и глинежа и опокки, тогда как нормальное сцепление с раствором силикатных образцов увеличивается всего на 6 % /табл. 4/.

Такое повышение нормального сцепления раствора с образцами, остаточная гидравлическая активность которых обусловлена присутствием активного кремнезема, можно объяснить продолжающимся взаимодействием извести с гидравлически активной составляющей образцов и кристаллизацией образовавшихся гидросиликатов кальция. Взаимодействие извести с активным кремнеземом при твердении в обычных условиях позволяет получать в основном продукты гидратации с коллоидной структурой, сохраняющейся продолжительное время.

При взаимодействии извести с активным кремнеземом, обуславливающим остаточную гидравлическую активность образцов, создаются необычные условия для образования гидросиликатов кальция. В этом случае процессы гидратации и твердения происходят в тесном контакте с хорошо закристаллизованными гидросиликатами кальция, образовавшимися при автоклавной обработке.

Роль гидросиликатов кальция с отчетливой кристаллической структурой в качестве затравок при твердении вяжущих материалов известна. Их положительное действие на кристаллизацию новообразований при развитии процессов, обуславливающих высокое нормальное сцепление раствора с силикатными образцами, имеющими остаточную гидравлическую активность, вполне реально. Вместе с тем, учитывая особенности образования гидросиликатов кальция на поверхности и стенках пор автоклавированных силикатных образцов, т.е. значительное содержание в начальный момент хорошо закристаллизованных гидросиликатов кальция по сравнению с образующимися, следует иметь в виду возможность ускоренной кристаллизации новообразований благодаря развитию ориентационного эффекта.



Нормальное сцепление исследуемых образцов, кг/см<sup>2</sup>

Добавка	: Среда СО <sub>2</sub> Wотн.=100% : Атмосферные условия														
	: Среда с Wотн.=100% : Воздушная среда с Wотн.=100%		: сут.: мес.		: сут.: мес.		: сут.: мес.		: сут.: мес.		: сут.: мес.				
және :добав- :кг,%	28	3	6	12	24	28	3	6	12	24	28	3	6	12	24
Синтоф	10	2,05	2,35	2,48	2,88	3,06	2,10	2,44	2,73	2,95	3,13	1,65	2,05	2,25	2,44
	20	2,12	2,50	2,67	3,10	3,27	2,50	3,04	3,38	3,57	3,55	1,88	2,22	2,39	2,50
	40	2,10	2,42	2,56	2,91	3,21	2,15	2,65	2,87	3,20	3,27	1,22	2,57	1,71	1,80
Глинт	10	2,35	2,60	2,81	3,15	3,55	2,92	3,22	3,65	3,85	3,83	1,85	2,43	2,75	3,05
	20	2,61	2,97	3,10	3,33	3,78	3,11	3,45	3,73	3,95	2,99	2,02	2,65	2,87	3,20
	40	2,13	2,67	3,22	3,41	3,62	2,99	3,59	3,84	3,90	3,83	1,98	2,48	2,72	3,10
Глиеж	10	1,65	1,94	2,17	2,48	2,92	0,85	1,32	1,60	2,17	2,25	0,51	1,14	1,96	2,22
	20	1,44	1,87	2,12	2,35	2,72	1,10	1,50	1,95	2,03	2,12	0,64	1,33	2,15	2,30
	40	1,01	1,28	1,39	1,59	1,81	0,95	1,12	1,34	1,69	1,75	0,77	1,29	1,61	1,70
Олока	10	1,09	1,40	1,68	1,89	2,23	1,26	1,57	1,88	2,13	2,16	0,69	1,17	1,33	1,48
	20	1,31	1,64	1,74	2,19	2,62	1,58	2,06	2,15	2,32	2,37	0,58	0,92	0,98	1,13
	40	1,17	1,46	1,55	1,69	2,16	1,44	1,61	1,86	2,19	2,21	0,49	0,77	0,89	1,18
Без доба- вок	-	0,32	0,36	0,43	0,47	0,45	0,40	0,46	0,57	0,54	0,55	0,37	0,45	0,53	0,55
Женый кирпич	-	2,60	2,97	3,15	3,55	3,50	2,85	2,99	3,50	3,50	3,50	2,35	2,60	2,85	3,33

- 18 -

Нормальное сцепление всех исследуемых образцов с раствором в течение 24 мес. непрерывно увеличивается.

Процессы, обеспечивающие нормальное сцепление образцов с раствором, развиваются благодаря диффузионной и реакционной среде (вода). Поэтому представляет интерес определение изменения влажности раствора во времени по толщине кладки.

При изменении влагосодержания раствора на контакте с силикатным кирпичом пользовались методом электропроводности. На силикатный кирпич, увлажненный в течение 10 мин. в воде /оптимальное время замачивания в соответствии с литературными данными/, накладывали систему датчиков, которые заливали кладочным раствором марки "50". На раствор ставили еще один силикатный кирпич. Поверхность полученного образца со всех сторон, кроме торцевой, покрывали парафином. Сопротивление определяли терраметром между каждой парой смежных электродов. Периодичность измерений-сразу после приготовления образца и через 0,5; 1; 3; 6; 12 и 15 мес. хранения в атмосферных условиях.

Данные по остаточной влажности кладочного раствора, по изменению его относительной электропроводности и содержанию свободной окиси и карбоната кальция свидетельствуют о том, что до 3 мес. хранения в кладке будут все условия для химического взаимодействия автоклавных силикатных материалов, имеющих остаточную гидравлическую активность, с окисью кальция раствора.

Начиная с 6 мес. твердения кладки скорость химического взаимодействия стабилизируется и имеет незначительную величину.

В связи с незначительным изменением степени карбонизации кладочного раствора при твердении его в течение 6 и 12 мес. можно полагать, что в атмосферных условиях газопроницаемость кладочного раствора марки "50" и кладки в целом незначительна.

Высокое содержание свободной окиси кальция в растворе и низкая скорость карбонизации оказывает положительное



влияние на воздухоустойчивость кладки с точки зрения ста-  
бильности нормального сцепления с кирпичом при значениях  
 $R_{сц} > 1,8 \text{ кг/см}^2$ .

**ВЫПУСК ОПЫТНОЙ ПАРТИИ СИЛИКАТНОГО КИРПИЧА  
ДЛЯ СЕЙСМОСТОЙКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В ЗАВОДСКИХ УСЛОВИЯХ**

Результаты лабораторных экспериментов опробированы  
на Кокандском заводе строительных материалов. В качестве  
гидравлически активной добавки применен глинтит, получен-  
ный обжигом ангрениских глин во вращающейся печи Бекабад-  
ского цементного комбината.

Активность этого глинтита была несколько ниже, чем  
глинтита, полученного в лабораторных условиях. Содержание  
 $SiO_2$  и  $Al_2O_3$  составляло 28,4 и 21,2 %. Помол глинтита  
производили в шаровой мельнице до остатка на сите 0085-  
10 %.

Результаты испытаний механической прочности кирпича-  
сырца на сжатие свидетельствуют о положительном влиянии  
добавки глинтита на повышение его съемной прочности  
/табл. 5 /. Последнее весьма важно, так как значительно  
облегчает механизацию съемки и укладки кирпича на запа-  
рочные вагонетки с помощью автоматов-укладчиков.

Марка силикатного кирпича с добавкой 10 % глинтита  
идентична, а с добавкой 20 и 30 % превышает марку обычно-  
го силикатного кирпича на основе барханного песка.

Объемный вес кирпича с добавкой глинтита после запар-  
ки меньше, чем обычного силикатного кирпича примерно на  
5-7 %, что обуславливает снижение расхода сырьевых компо-  
нентов на выпуск 1000 штук условного кирпича и улучшение  
строительно-технических и теплофизических свойств кладки.  
Кирпичи выдержали более 25 циклов попеременного заморажи-  
вания и оттаивания.

Кирпичи, склеенные раствором М-50, хранились в атмос-

Таблица 5  
Результаты физико-механических исследований свойств силикатного кирпича,  
полученного на Кокандском заводе строительных материалов

Содер- жание глини- ста в шихте, %	: Съемоч- ная проч- ность сыр- ца, кг/см <sup>2</sup>	: Марка	: Объем- ный вес, г/см <sup>3</sup>	: Водо- погло- щение, %	: Моро- зостой- кость, : цикл	: Нормальное сцепление (кг/см <sup>2</sup> ) : Касатель- ное сцеп- ление через			: 28 суток	
						: через время (сутки)	: 28	: 90		
-	10,0	"100"	1,829	18,97	25	0,20	0,25	0,32	0,35	1,40
10	6,1	"100"	1,706	18,56	25	0,75	0,95	1,53	1,90	2,95
20	6,4	"125"	1,700	17,33	25	0,90	1,20	1,70	2,20	3,10
20	8,4	"125"	1,690	-	25	1,50	1,70	2,20	2,80	5,50
30	6,9	"150"	1,636	21,35	25	1,00	1,40	2,90	3,20	3,65



ферных условиях. Данные свидетельствуют о том, что силикатный кирпич с добавкой глиниста в отличие от обычного имеет нормальное сцепление с раствором, достаточное для его применения в районах с сейсмичностью 9 баллов в кладке первой категории.

Наряду с увеличением почти в 10 раз нормального сцепления более чем в 3 раза возрастает и касательное сцепление силикатного кирпича с раствором.

### ВЫВОДЫ

1. Введение гидравлически активных добавок в состав массы для производства силикатного кирпича обуславливает наличие остаточной гидравлической активности материала после автоклавирования. При содержании исследуемых добавок от 10 % до 40 % степень взаимодействия с известью /активность массы 8 % / при автоклавировании /8 атм, 8 часов/ соответственно изменяется от 8-30 % до 20-40 %, а степень инертности, несмотря на высокую гидравлическую активность, составляет в среднем 70 %.

Понижение содержания гидравлически активных добавок в исходной шихте увеличивает степень их инертности при автоклавировании силикатного кирпича.

2. При прочих равных условиях повышение нормального сцепления кладочного раствора с силикатными материалами, обладающими остаточной гидравлической активностью, происходит за счет сопротивления разрыву или срезу образований, кристаллизующихся на поверхности и стенках пор силикатного кирпича и возникших в результате взаимодействия  $\text{Ca}/\text{OH}/_2$ , диффундирующей из кладочного раствора к поверхности стенок пор, с активными  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

3. Нормальное сцепление с раствором анелифов из автоклавированных образцов с добавкой шихтофа, глиниста, глиежа и опоки более чем в 8 раз превышает приведенное нормальное сцепление с раствором анелифов из силикатных образцов без

добавок, что соответствует повышению адгезионных сил сцепления с раствором силикатных материалов, обладающих определенной остаточной гидравлической активностью.

4. Применение в качестве радиоактивного индикатора изотопа  $\text{Ca}^{45}$  позволило установить, что количество извести диффундировавшей из раствора в силикатные образцы, обладающие остаточной гидравлической активностью, в 2-4 раза превышает аналогичный показатель для обычных силикатных образцов.

Максимальное поглощение  $\text{Ca}^{45}$  соответствует образцам с добавкой шихтофа и глиниста. Соответственно сравнительный коэффициент диффузии извести в силикатные образцы с добавкой шихтофа в 3 раза превышает сравнительный коэффициент диффузии извести в обычные силикатные образцы.

5. Нормальное сцепление с раствором силикатных образцов, обладающих остаточной гидравлической активностью за счет введения глиниста, после 7 суточного твердения кладки превышает  $1,8 \text{ кг/см}^2$  и соответствует требованиям, предъявляемым к кладкам первой категории для районов с сейсмичностью 9 баллов в соответствии со СНиП П-А, 12-62. Содержание глиниста в шихте для производства силикатного кирпича определяется его активностью и может составлять 10 %.

При содержании в силикатных образцах шихтофа в количестве от 10 до 40 % нормальное сцепление их с раствором превышает  $1,8 \text{ кг/см}^2$  после твердения кладки в течение 28 суток.

Образцы с добавкой глиежа от 10 до 20 % обеспечивают нормальное сцепление с раствором больше  $1,8 \text{ кг/см}^2$  после 3-х и 6-месячного твердения кладки.

Увеличение добавки глиежа до 40 % позволяет повысить нормальное сцепление силикатных образцов с раствором после 2-годового твердения кладки, что обуславливается более высокой плотностью образцов. Введение от 10 до 20 %



опоки при изготовлении силикатных образцов способствует повышению нормального сцепления с раствором до 2,1 - 2,3 кг/см<sup>2</sup> к месячному сроку твердения кладки.

При увеличении добавки опоки до 40 % необходимое сцепление достигается после 2-годового твердения кладки. Более медленное увеличение нормального сцепления обуславливается напряжениями, возникающими вследствие объемных изменений в граничном слое кладки при низком росте прочности в системе опока-известь-вода, твердеющей при обычной температуре.

6. Увеличение длительности твердения кладки обуславливает повышение нормального сцепления образцов с раствором. Силикатный кирпич с добавкой глиниста до 3,8 кг/см<sup>2</sup>, сипшофа до 3,3 кг/см<sup>2</sup>, глиежа до 2,9 кг/см<sup>2</sup>, опоки до 2,6 кг/см<sup>2</sup>.

7. Увеличение нормального сцепления раствора с исследуемыми образцами и раствором при твердении кладки в атмосферных условиях в значительной степени определяется:

а) особенностями образования продуктов твердения на поверхности и стенках пор автоклавированных силикатных материалов, т.е. значительным содержанием на контактной поверхности хорошо закристаллизованных гидросиликатов кальция, способствующих ускоренной кристаллизации новообразований, благодаря развитию ориентационного эффекта.

б) незначительной карбонизацией раствора (содержание вторичной CaCO<sub>3</sub> к году составляет примерно 4,5 %) при твердении кладки в атмосферных условиях и высоким остаточным содержанием свободной гидроокиси кальция в растворе (5 % по истечении года) при относительной влажности кладочного раствора через 1 год - 1 %.

8. На основании исследований по повышению сцепления силикатного кирпича с раствором разработаны "Временные Республиканские технические условия" на кирпич силикатный для сейсмостойкого строительства на территории УзССР.

Материалы диссертации докладывались на:

1. XV и XVI конференциях молодых ученых АН УзССР /1966 и 1967 /.
2. Всесоюзном семинаре по исследованию влияния режимов гидротермальной обработки на свойства силикатных материалов, 18-20 октября 1966 ..., Таллин.
3. XXXI и XXXII научно-технической конференции ТашиИТа /1967 и 1968/.
4. Всесоюзной конференцией молодых ученых по строительным материалам, ВНИИСтром, 28-30 ноября 1968 г.
5. Заседании Государственного комитета Совета Министров УзССР по делам строительства. Ташкент, № 13, 31 октября 1967 г.

Основные результаты работы опубликованы в следующих статьях:

1. И.С. Канценопольский, Б.И. Нудельман, А. Таиров. К вопросу об оптимальном режиме термовлажностной обработки силикатных материалов на основе извести и высокоактивного кремнеземистого компонента-сипшофа. "Исследование влияния режимов гидротермальной обработки на свойства силикатных материалов". Доклады семинара 18-20 октября 1966 г., Таллин.
2. А. Таиров, Б.И. Нудельман. Влияние вида гидравлически активных добавок на физико-механические свойства пресованных материалов. Тезисы докладов XXXI научно-технической конференции ТашиИТа, май, 1967.
3. А. Таиров, Б.И. Нудельман. О повышении сцепления силикатного кирпича. Журн. "Строительство и архитектура Узбекистана". 1968, № 1.
4. А. Таиров, Б.И. Нудельман. Повышение прочности ячеистого силикатного бетона до автоклавной обработки. Материалы XXXII научно-технической конференции ТашиИТа, Ташкент, 1968.



5. А. Таиров, Б.И. Нудельман. К вопросу о производстве силикатного кирпича для сейсмостойкого строительства. журн. "Строительство и архитектура Узбекистана". 1969, № 7.
6. А. Таиров, Б.И. Нудельман и др. Местные автоклавные стеновые материалы для сейсмостойкого строительства. ЦНИИТЭСтром, Техническая информация, серия: "Промышленность автоклавных материалов и местных вяжущих".
7. А. Таиров, Б.И. Нудельман. Определение оптимальных параметров и процессов при автоклавировании известково-силикатного вяжущего. Труды Института химии АН УзССР (в печати).
8. А. Таиров, Б.И. Нудельман. Увеличение сцепления силикатного кирпича с раствором, журн. "Строительные материалы". /в печати/.
9. А. Таиров. Исследование по повышению нормального сцепления силикатного кирпича с раствором применительно к сейсмичности 7-9 баллов. Труды I Всесоюзной конференции молодых ученых по строительным материалам. ВНИИСтром (в печати).
10. Б.И. Нудельман, А. Таиров, П.Т. Шишкин. "Применение изотопа  $\text{Ca}^{45}$  для исследования взаимодействия силикатного кирпича с кладочным раствором". Журн. "Строительные материалы" / в печати/.

Р15499. Подписано в печать и свет 5/III- 1969 г.

Окмп заказ 1167 Изд. № 285, Объем 1,2 п.л.

Тираж 175 экз.

Отпечатано в РВЦ, ЦСУ, г. Ташкент, ул. Луначарское шоссе, 42