



УДК 691.51/55

Н.Р. Рахимова – кандидат технических наук, доцент

Кафедра строительных материалов

Казанский государственный архитектурно-строительный университет (КазГАСУ)

ШЛАКОЩЕЛОЧНЫЕ ВЯЖУЩИЕ С ДОБАВКАМИ МОЛОТОГО БОЯ КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА

АННОТАЦИЯ

В статье приведены результаты разработок шлакощелочных вяжущих с добавками молотого боя керамического кирпича. Исследовано влияние содержания добавок и тонкости помола вяжущего (на основе различных шлаков и затворителей) на нормальную густоту, сроки схватывания, прочность в нормально-влажностных условиях твердения и после тепловлажностной обработки.

N.R. Rakhimova – candidate of technical sciences, associate professor

Department of Building Materials

Kazan State University of Architecture and Engineering (KSUA)

ALKALI-ACTIVATED BINDINGS WITH ADDITIVES OF CERAMIC BRICKS BREAKAGE

ABSTRACT

In this work, the influence of the content of additives of ceramic bricks breakage and of the fineness of binding (on the basis of different slags and solutions) on normal consistence, terms of stiffening and strength (the hardening is at standard conditions and in at moist curing), is studied.

В последнее десятилетие мировое сообщество пересмотрело стратегию дальнейшего развития земной цивилизации, выдвинув взамен доминировавшего направления безграничного «научно-технического прогресса» стратегию «устойчивого развития», основные критерии которой ограничение потребления природных ресурсов, энергосбережение, защита окружающей среды. Эти же критерии являются базовыми и в стратегии развития строительного комплекса [1-3]. Эти условия диктуют необходимость разработки вяжущих, производство которых по сравнению с производством портландцементов характеризуется меньшими потреблением энергетических и природных сырьевых ресурсов и объемами вредных выбросов в атмосферу. Одной из разновидностей таковых являются шлакощелочные вяжущие (ШЩВ), при производстве которых используются самые многотоннажные отходы промышленности, засоряющие и отравляющие окружающую среду. Их эффективность была доказана отечественными исследователями в период 60-80-х годов прошлого столетия школами Глуховского В.Д. [4], НИИЖБ и другими. Осваивалось производство ШЩВ и бетонов (ШЩБ) на их основе в различных городах бывшего СССР. К середине 80-х годов по ряду причин – отсутствие дефицита цемента, дефицит щелочных затворителей, повышенное высолообразование ШЩБ –

их производство снизилось, а затем прекратилось. Резко снизились и объемы разработок и исследований ШЩВ и бетонов на их основе. Повышающиеся в последнее время требования по ресурсо- и энергосбережению, охране окружающей среды в строительной отрасли, в том числе в производстве вяжущих веществ и бетонов, делают актуальными наращивание исследований по разработке ШЩВ и ШЩБ и развитие их производства. В последние 20 лет в нашей стране и за рубежом получили развитие разработки и производство композиционных минеральных вяжущих веществ – цементных, гипсовых, известковых и магнезиальных. Очевидно, что дальнейшее развитие науки и практики ШЩВ также должно идти в направлении разработок композиционных шлакощелочных вяжущих (КШЩВ).

На кафедре строительных материалов Казанского государственного архитектурно-строительного университета в последние годы ведутся систематические исследования по разработке КШЩВ с местными минеральными добавками из природного и техногенного сырья и с различными щелочными затворителями. В настоящей статье представлены отдельные результаты разработок КШЩВ с добавками молотого боя керамического кирпича (БКК). При исследованиях использовались: нейтральный и кислый доменные шлаки соответственно Орско-Халиловского (ОХМК) и Челябинского (ЧМК) металлургических



комбинатов; жидкое стекло и сода, соответствующие требованиям ГОСТ 13078-81 и ГОСТ 5100-85; бой керамического кирпича АО «Казанский КСМ», ОАО «Арский кирпичный завод» и кирпичей, полученных при разборке кирпичных стен двух различных снесенных зданий. Принятые при исследованиях керамические кирпичи отличались по содержанию оксидов и минералов. Известными исследованиями ранее была показана эффективность добавки в ШЩВ необожженной глины до 15% и дегидратированной глины до 20%. В известной литературе не выявлены исследования влияния на свойства ШЩВ добавок частично или полностью спеченного глинистого сырья. Вместе с тем, рациональное использование кирпичного боя представляет одну из проблем утилизации отходов строительной отрасли.

В начале исследований было изучено влияние способа введения добавки молотого БКК – при совместном и раздельном помоле со шлаком. Как и ожидалось, более эффективным является совместный помол. При этом при тонкости помола вяжущего 300 м²/кг прочность при сжатии камня полученных вяжущих на основе шлака ОХМК по сравнению с бездобавочным (при затворении тех и других жидким стеклом плотностью 1,3 г/см³) оказалась при

содержании молотого БКК: 30% – более чем на 20% со 108 у бездобавочного до 135 МПа, 60% – на уровне бездобавочного, 80% – равной 70 МПа.

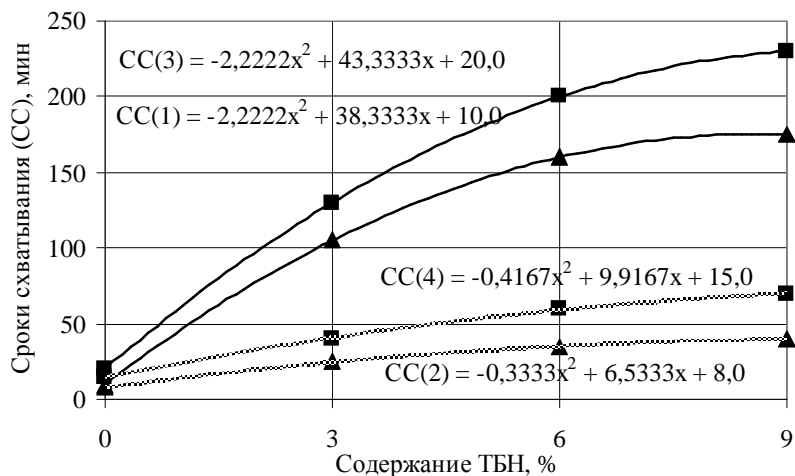
В работе приняты известные и новые обозначения разработанных ШЩВ: известные – ШЩВ0 – вяжущее без добавок, ШЩВ2 – вяжущее с добавкой молотого портландцементного клинкера; новые – ШЩВ030, ШЩВ060, ШЩВ080 – композиционные вяжущие без добавок клинкера с добавками молотого БКК соответственно 30, 60 и 80%, ШЩВ4Д30 – композиционное вяжущее с содержанием молотой минеральной добавки 30% и клинкера 4%.

Для установления оптимального соотношения между количеством добавки молотого БКК в КШЩВ и удельной поверхностью вяжущего, обеспечивающих максимальную прочность, проведен эксперимент по методу рототабельного центрального композиционного планирования с двумя факторами – содержание молотого БКК и удельная поверхность вяжущего. По результатам этого эксперимента установлено, что наибольшие прочностные показатели достигаются при введении молотого БКК в количестве 20–40% в интервале тонкости помола вяжущего 300–900 м²/кг. В связи с этим основные исследования свойств КШЩВ проведены при содержании добавки БКК – 30%.

Таблица 1

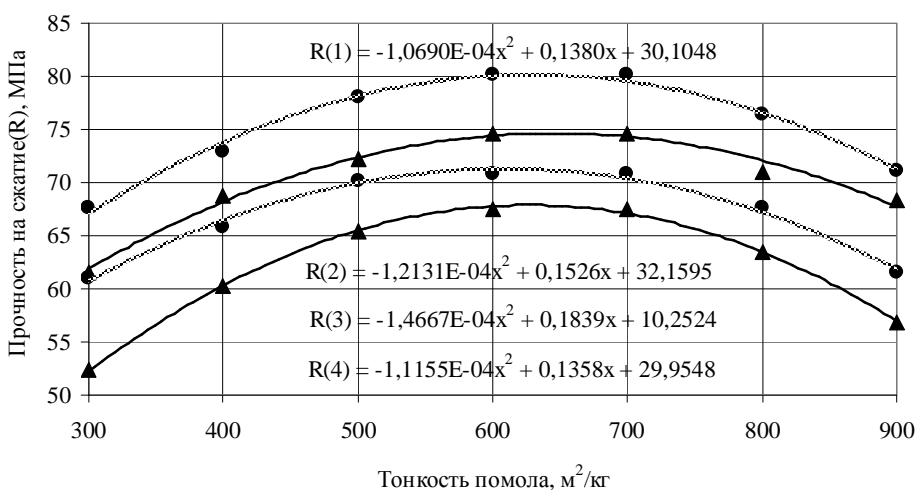
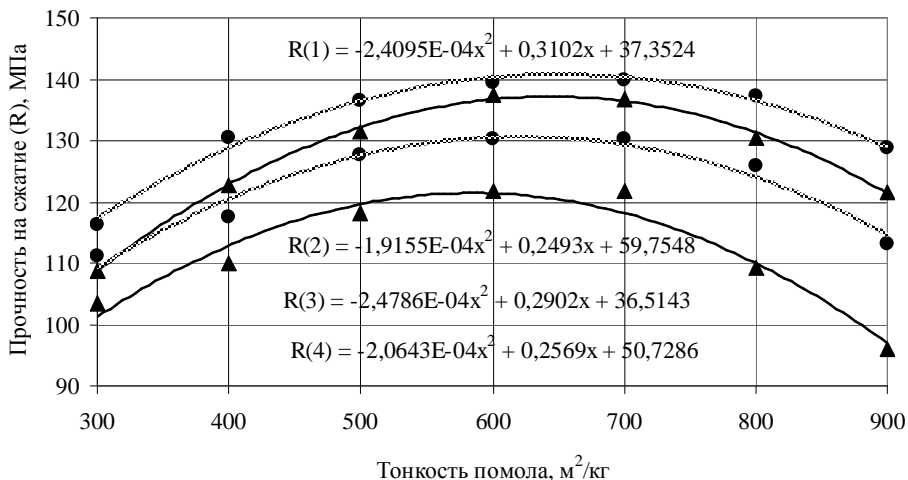
Влияние удельной поверхности молотых шлаков и вида щелочных компонентов на сроки схватывания ШЩВ0 и ШЩВ0Д30

Состав		Затворитель	Сроки схватывания шлакощелочного теста (начало/конец), в зависимости от удельной поверхности шлака; (м ² /кг)						
			300	400	500	600	700	800	900
вяжущее	шлак								
ШЩВ0	ОХМК	жидкое стекло ρ=1,3 г/см ³ Mc=1,5	0-12	0-11	0-10	0-08	0-06	0-05	0-04
			0-22	0-20	0-18	0-15	0-15	0-11	0-10
ШЩВ0Д30	0-10		0-09	0-08	0-06	0-06	0-05	0-04	
	0-18		0-17	0-15	0-15	0-13	0-11	0-08	
ШЩВ0	ЧМК		0-12	0-10	0-10	0-09	0-08	0-07	0-06
			0-25	0-23	0-20	0-18	0-16	0-15	0-13
ШЩВ0Д30			0-10	0-09	0-08	0-08	0-07	0-06	0-05
			0-22	0-20	0-18	0-14	0-13	0-10	0-08
ШЩВ0	ОХМК	сода ρ=1,15 г/см ³	1-20	1-10	0-55	0-45	0-40	0-40	0-30
			3-50	3-20	2-40	2-10	1-50	1-10	1-00
ШЩВ0Д30	1-00		0-50	0-40	0-40	0-35	0-30	0-20	
	2-10		1-50	1-40	1-20	1-10	0-50	0-40	
ШЩВ0	ЧМК		0-50	0-45	0-40	0-35	0-30	0-25	0-20
			3-00	2-50	2-20	2-10	1-30	1-10	1-00
ШЩВ0Д30			0-40	0-35	0-30	0-30	0-20	0-15	0-10
			1-50	1-30	1-20	1-00	0-50	0-40	0-30



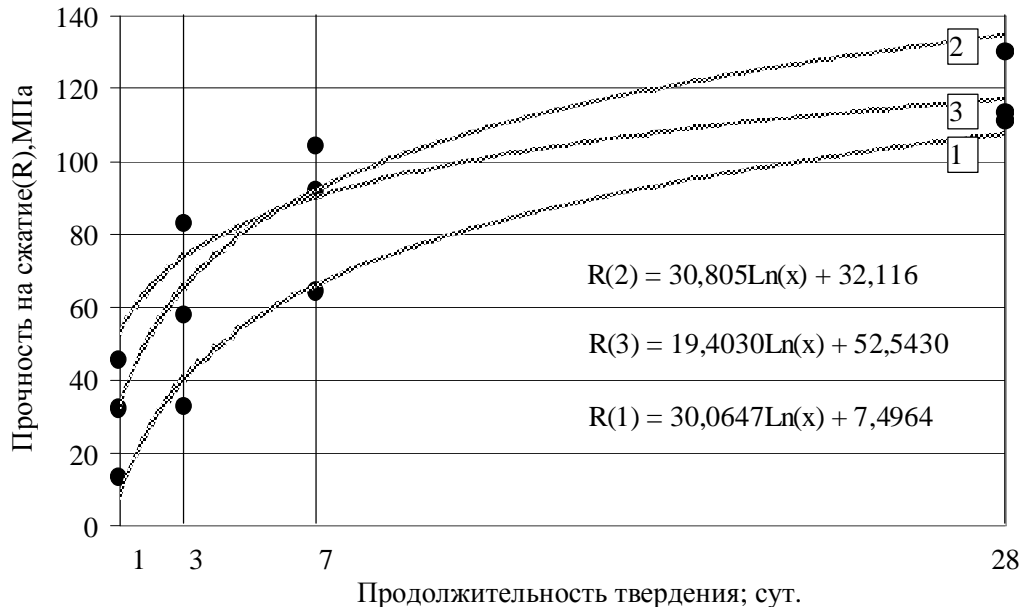
1 – начало схватывания ШЩВ0; 2 – начало схватывания ШЩВ0Д30;
3 – конец схватывания ШЩВ0; 4 – конец схватывания ШЩВ0Д30

Рис. 1. Влияние содержания добавок тетрабората натрия на сроки схватывания бездобавочного и композиционного шлакощелочных вяжущих



1 – ШЩВ0 после ТВО; 2 – ШЩВ0Д30 после ТВО; 3 – ШЩВ0 после 28 суток нормально-влажностного твердения;
4 – ШЩВ0Д30 после 28 суток нормально-влажностного твердения

Рис. 2. Влияние удельной поверхности шлака ОХМК на прочность ШЩК, изготовленного на водном растворе:
а) жидкого стекла $\rho=1,3 \text{ г/см}^3$, $M_c=1,5$; б) соды $\rho=1,15 \text{ г/см}^3$



1 – состав с $S_{уд}=300 \text{ м}^2/\text{кг}$, 2 – состав с $S_{уд}=600 \text{ м}^2/\text{кг}$,
3 – состав с $S_{уд}=900 \text{ м}^2/\text{кг}$.

Рис. 3. Зависимость изменения прочности на сжатие ШЩК вяжущего ШЩВ0Д30 на основе шлака ОХМК жидкого стекла от тонкости помола и продолжительности твердения

Исследования влияния добавок молотого боя принятых при исследованиях кирпичей на свойства КШЩВ показали, что отличия их по химическому и минеральному составу несущественно влияют на уровень и закономерность изменения свойств КШЩВ от содержания молотого БКК независимо от вида щелочного затворителя. В известных работах различными исследованиями оптимальной устанавливалась тонкость помола ШЩВ от 350 до 600 $\text{м}^2/\text{кг}$. Нами проведены исследования влияния на свойства КШЩВ тонкости их помола от 300 до 900 $\text{м}^2/\text{кг}$.

Нормальная плотность ШЩВ0Д0 при изменении тонкости помола от 300 до 900 $\text{м}^2/\text{кг}$ прямо пропорционально изменялась в пределах от 26 до 33 и 34,4% при затворении соответственно растворами жидкого стекла плотностью 1,3 $\text{г}/\text{см}^3$ и соды плотностью 1,15 $\text{г}/\text{см}^3$. В таблице 1 приведены данные исследований влияния тонкости помола на сроки схватывания ШЩВ0 и КШЩВ0Д0.

Сроки схватывания теста ШЩВ0 и КШЩВ0Д30 сокращаются по прямопропорциональной зависимости от тонкости помола вяжущего. При этом, если сроки схватывания вяжущих, затворенных растворами соды, показывают возможности использования отдельных составов без замедлителя, то для применения вяжущих, затворенных растворами жидкого стекла, необходимо вводить замедлители сроков схватывания. Наиболее эффективным замедлителем сроков схватывания ШЩВ является тетраборат натрия [5]. На рис. 1 приведены зависимости изменения сроков схватывания ШЩВ0 на основе шлака ОХМК от содержания этого замедлителя, которые показывают возможности изменения сроков

схватывания этих вяжущих в широких пределах.

На рис. 2 приведены зависимости изменения прочности при сжатии шлакощелочного камня (ШЩК) вяжущих ШЩВ0 и ШЩВ0Д30 в зависимости от тонкости помола.

Зависимости изменения сроков схватывания ШЩВ0Д30 на основе кислого шлака ЧМК от тонкости помола подобны приведенным на рис. 2 для вяжущих на основе нейтрального шлака ОХМК.

Добавки в ШЩВ указанного выше замедлителя твердения не оказывают заметного влияния на их прочность.

На рис.3 приведены зависимости набора прочности при сжатии ШЩК вяжущего ШЩВ0Д30 на основе шлака ОХМК и жидкого стекла от тонкости помола и продолжительности твердения.

Приведенные на рис. 3 зависимости и результаты исследований закономерностей набора прочности ШЩВ0 и ШЩВ0Д30 на основе нейтрального и кислого шлаков и различных затворителей показали, что они могут быть получены в зависимости от тонкости помола и содержания молотого БКК нормально-, быстро- и особобыстротвердеющие, рядовые и высокопрочные. В таблице 2 приведены отдельные рекомендуемые составы разработанных вяжущих и характеристики их свойств.

На основе разработанных бездобавочных и с добавками молотого боя керамического кирпича ШЩВ получены быстро- и особобыстротвердеющие, рядовые и высокопрочные бетоны классов по прочности до В80, марок по морозостойкости до F800 и по водонепроницаемости до W25.



Составы ШЩВ0 и ШЩВ0Д30

№	Суд.	Содержание молотого БКК %, от массы шлака	Вид затворителя	ТБН	НГ	Сроки схватывания		Прочность на сжатие; (МПа)				
	м ² /кг			%	%	начало	конец	1 сут	3 сут	28 сут	ТВО	
Шлак ОХМК												
*	300	-	Водный р-р соды $\rho = 1,15 \text{ г/см}^3$	-	26,3	1-20	3-50	-	15,0	52,3	61,5	
1	700			-	28,3	0-40	1-50	22,9	37,5	67,6	74,6	
2	900			-	30,2	0-30	1-00	40,4	63,5	56,8	68,3	
3	300			30	-	30,7	1-00	2-10	-	-	61,0	67,6
4	700				-	32,7	0-40	1-10	12,2	29,9	70,8	80,2
5	900				-	34,0	0-20	0-40	32,5	56,6	61,5	71,1
**	300	-	Водный р-р жидкого стекла $\rho = 1,3 \text{ г/см}^3$; $M_c = 1,5$	9	26,6	2-50	3-50	27,2	52,0	103,5	108,9	
6	700			9	28,8	1-40	3-20	43,2	70,9	121,7	137,2	
7	900			9	30,7	1-10	2-50	68,4	90,5	96,1	121,6	
8	300			30	9	31,3	0-40	1-10	13,5	32,5	111,2	116,3
9	700				9	33,2	0-30	1-00	32,4	58,0	130,3	139,7
10	900				9	34,4	0-20	0-50	45,6	83,1	113,1	128,9
Шлак ЧМК												
***	300	-	Водный р-р соды $\rho = 1,15 \text{ г/см}^3$	-	26,7	0-50	3-00	-	3,0	50,8	56,3	
12	700			-	28,5	0-30	1-30	8,2	32,3	60,7	68,0	
13	900			-	30,6	0-20	1-00	28,2	38,4	56,5	63,4	
14	300			30	-	31,2	0-50	2-10	-	-	57,3	63,6
15	700				-	33,1	0-30	1-10	6,1	28,3	66,0	74,0
16	900				-	34,2	0-20	0-40	14,2	34,4	62,0	69,7
****	300	-	Водный р-р жидкого стекла $\rho = 1,3 \text{ г/см}^3$; $M_c = 1,5$	9	27,0	2-40	2-30	17,1	41,5	95,5	102,4	
18	700			9	29,2	1-30	2-00	38,9	64,5	114,5	124,5	
19	900			9	31,6	1-00	1-40	52,6	71,2	90,9	107,3	
20	300			30	9	31,6	0-40	1-20	10,1	28,5	99,3	110,2
21	700				9	33,5	0-30	1-10	26,9	48,1	115,4	129,6
22	900				9	34,8	0-20	0-40	38,3	64,4	99,2	116,1



Литература

1. Барина Л.С., Волков Ю.С. Строительство – определяющий фактор устойчивого развития // Строительный эксперт, 2002, №4. – С. 2-5.
2. Рахимов Р.З. Ресурсо- и энергосбережение – определяющие факторы устойчивого развития строительства и жилищно-коммунального хозяйства// Труды годового собрания РААСН «Ресурсы и энергосбережение как мотивация творчества в архитектурно-строительном процессе». – Казань: КГАСА, 2003. – С. 29-36.
3. Стратегия развития строительного комплекса Российской Федерации на период до 2010 года. – М.: Госстрой РФ, 2003. – 25 с.
4. Глуховский В.Д., Ростовская Г.С. Исследование и внедрение в производство шлакощелочных вяжущих, бетонов и конструкций на их основе. – К.: «Знание», 1979.
5. Алексеенко А.Е., Зыскин В.А., Меняйленко А.И. Регулирование сроков схватывания шлакощелочного вяжущего // Тезисы докладов Всесоюзной научной конференции. – Киев, 1979. – С. 281.