

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

УДК 691

Комплексное использование
минерального сырья. № 3. 2016.

С. В. ГЛАДЫШЕВ¹, Р. А. АБДУЛВАЛИЕВ^{1*}, Р. И. САЯХОВ²,
Н. В. УСМАНОВ³, Г. В. КУЗНЕЦОВА⁴

¹АО «Институт металлургии и обогащения», Алматы, *rin_abd@mail.ru

²ФГБОУВО «Казанский Национальный исследовательский технологический университет»,
Казань, Россия

³ООО «Научно-исследовательский проектный институт «ТЕХНОПОЛИС», Казань, Россия

⁴Казанский государственный архитектурно-строительный университет, Казань, Россия

ПРОИЗВОДСТВО СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ АЛМАТИНСКОЙ ТЭЦ-2

Приведены результаты совместных работ по получению силикатной продукции из золы сжигания экибастузских углей в соответствии с Соглашением о научно-техническом сотрудничестве. Показана возможность утилизации золошлаковой смеси Алматинской ТЭЦ-2 и шлака Барнаульской ТЭЦ-2 путём использования в строительной индустрии в качестве сырья для производства силикатного кирпича. Подобраны рецептуры и изучены особенности технологии производства кирпича, как на основе только отходов ТЭЦ, так и из смеси отходов с песком. Определено, что использование Барнаульского шлака в чистом виде для производства силикатного кирпича невозможно, т.к. образцы, состоящие полностью из шлака, обладают крайне низкой прочностью из-за высокого содержания в составе аморфного и стеклообразного SiO_2 , негативно влияющего на прочностные характеристики изделий, а также преобладания в шлаке зёрен крупной фракции. Наилучшие показатели прочности на сжатие после гидротермальной обработки для образцов, шихта которых состоит только из золошлаковой смеси (ЗШС) и шлака, достигаются при добавлении к шихте 70 % ЗШС и более. Прочность таких образцов составила 17,7-17,8 МПа и достигает марки кирпича М175. Добавка к золошлаковой шихте всего 10 % песка позволила повысить марку изделий с М175 до М200. Увеличение доли песка до 20 % не приводит к дальнейшему росту прочности на сжатие и даже немного ее снижает. При увеличении доли песка до 30 % расчётная марка изделия падает до М150. Установлено, что серьёзное влияние на основные характеристики как сырца, так и изделий оказывает не только химический состав шихты, но и гранулометрический. Лучшие показатели предела прочности на сжатие показывают те образцы, шихта которых полидисперсна, а Барнаульский шлак выступает только в роли укрупняющей добавки и содержится в количестве не более 30 % от массы шихты. Добавка к шихте песка в количестве более 10 % приводит к увеличению доли крупных частиц кремнезёма, которые труднее вступают в реакцию образования вяжущего и требуют других условий при автоклавной обработке.

Ключевые слова: силикатный кирпич, золошлаковый кирпич, золошлаковые отходы, известь, песок, утилизация, испытания на прочность, водопоглощение.

Введение. В ближайшие годы переполнение золошлакоотвалов приобретёт массовый характер. Это создаёт риск снижения мощности угольных электростанций и вывода их из энергетического баланса. Отвалы золошлаковых масс (ЗШМ) занимают большие площади, а их содержание требует значительных эксплуатационных затрат, которые влияют на повышение себестоимости производства энергоносителей. Они являются источником загрязнения окружающей среды, представляют опасность для здоровья населения и угрозу растительному и животному миру близлежащих районов. Особую опасность представляют золоотвалы, расположенные вблизи во-

дных бассейнов (рек и озер), из-за возможного прорыва дамб [1].

По мере роста количества ЗШМ возрастает и площадь территорий, отводимых под золоотвалы, что приводит к изъятию их из промышленного и сельскохозяйственного производства. В дискуссиях о приоритетах атомных или тепловых электростанций существенным аргументом против строительства новых ТЭС часто является именно необходимость создания золоотвалов [2].

Целью данной работы является подбор рецептур и изучение особенностей технологии производства силикатного кирпича на основе сухой золы-уносы и золошлаковых отходов Алматинской ТЭЦ-2, использующей сырьё Эки-

бастузского угольного бассейна. Результаты работы будут способствовать снижению экологической нагрузки, решению жилищных проблем региона, благодаря низкой себестоимости зольного кирпича и высоким теплотехническим показателям.

Экспериментальная часть и обсуждение результатов. Объектами исследования были выбраны золошлаковая смесь (ЗШС) Алматинской ТЭЦ-2 от сжигания экибастузских углей и шлак Барнаульской ТЭЦ-2.

ЗШС Алматинской ТЭЦ-2 представляет собой сухой, рыхлый, хлопьеобразный порошок серого цвета. Примерно 70 % ЗШС составляет зола и 30 % – шлак. Шлак представлен в отходе чёрными сферическими включениями неправильной формы. ЗШС химически инертна, не токсична, не пожароопасна, взрывобезопасна. Класс радиационной безопасности согласно ГОСТ 30108-94 и НРБ-99 I Аэфф=94,6 ± 17,8 Бк/кг. Технологические и физические показатели ЗШС: насыпная плотность – 1420 кг/м³; влажность – 48 %.

Химический и гранулометрический составы высушенной ЗШС приведены в таблице 1 и на рисунке 1.

Таблица 1 – Химический состав ЗШС Алматинской ТЭЦ-2

Состав золы, мас. %								
SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	проч.
54,0	1,0	26,5	7,0	6,5	1,5	0,5	2,0	1,0

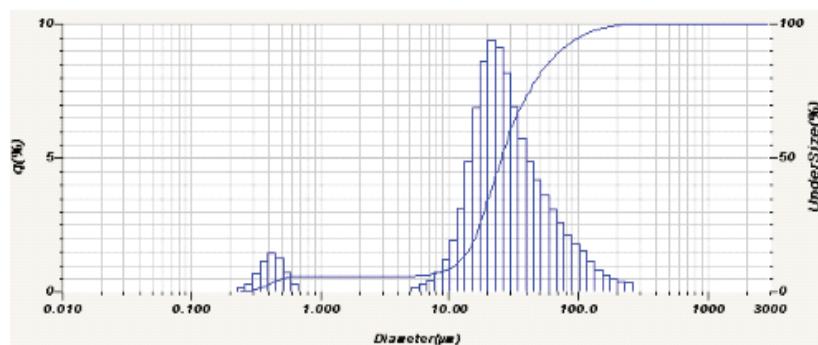


Рисунок 1 – Гранулометрический состав ЗШС

Шлак Барнаульской ТЭЦ-2 представляет собой чёрный, твёрдый порошок со сферическими и нитеобразными включениями, обладающими металлическим блеском. Шлак химически инертен, не токсичен, не пожароопасен, взрывобезопасен, не радиоактивен. Технологические и физические показатели шлака: насыпная плотность – 1370 кг/м³; влажность – 35 %; модуль крупности – 4,26.

Химический состав шлака Барнаульской ТЭЦ-2 приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Химический состав шлака Барнаульской ТЭЦ-2

Содержание в % на абс. сухую навеску									
SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	FeO	прочее
42,26	0,37	7,66	4,19	28,79	5,73	0,34	0,28	9,06	1,32

В ходе работы проводилось измельчение шлака в щековой дробилке, чтобы увеличить содержание более мелких фракций и снизить условный модуль крупности. Время измельчения составило 2 минуты. Полученный гранулометрический состав шлака приведен в таблице 3.

Таблица 3 – Фракционный состав барнаульского шлака после дробления

Золоотвал № 2 сухое складирование							
Фракция	мм	>5	52,5	2,5 – 1,25	1,25 – 0,63	0,63 – 0,315	0,315 – 0,16
	%	0,0	22,8	49,0	12,8	8,6	3,8

Образцы-цилиндры формовались на гидравлическом прессе ПСУ-10. Добавка извести для всех образцов была постоянной и составляла 10 мас. % при активности извести 70 %. Автоклавная обработка проводилась на Казанском силикатном заводе, в автоклаве АТ 2,6х19 при давлении 1 МПа и температуре 183 °С. Испытания на прочность проводились на гидравлическом прессе МС-500. Измерение гранулометрического состава проводилось на лазерном анализаторе размеров частиц Horiba LA-950V2AD.

Шихта первой серии образцов не имела в своём составе песок, а лишь представляла различные соотношения золы и шлака. Так же на момент проведения эксперимента не был известен точный состав барнаульского шлака. Поэтому для предотвращения трещинообразования в состав почти всех образцов, содержащих барнаульский шлак, было добавлено 1-1,5 % гипса. Было изготовлено по шесть образцов каждого состава. Три образца использовались для определения сырьевой прочности, оставшиеся три – отправлялись на автоклавную обработку. Составы первой серии представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Состав шихты первой серии образцов

Номер состава	Состав шихты, мас. %		
	ЗШС	шлак	добавка гипса
1	100	-	нет
2	-	100	нет
3	-	100	да
4	70	30	да
5	50	50	да
6	30	70	да

Шихта второй серии образцов состояла из трёх компонентов: ЗШС, барнаульский шлак и песок. Гипс в шихту не добавлялся. Состав смесей представлен в таблице 5.

Таблица 5 – Состав шихты второй серии образцов

Номер состава	Состав шихты, мас. %		
	песок	ЗШС	шлак
1	10	60	30
2	20	60	20
3	20	55	25
4	20	50	30
5	20	40	40
6	30	40	30

Все полученные средние значения для каждого состава первой серии отображены в таблице 6.

Таблица 6 – Прочностные характеристики первой серии образцов

№	Актив-ных СаО и MgO, мас. %	Рас-чёт-ная влаж-ность, мас. %	Сред-няя плот-ность сырца, кг/м³	Средняя плот-ность после автокла-ва, кг/м³	Сред-няя сыр-цовая проч-ность, МПа	Средний предел прочно-сти на сжатие, МПа	Сред-нее водопо-глоще-ние, %
1	10	10	1390	1330	0,91	17,83	30,11
2	10	10	1980	1830	0,74	2,32	13,65
3	10	10	2010	1820	0,42	1,64	13,90
4	10	10	1540	1500	0,93	17,71	27,92
5	10	10	1700	1520	1,33	10,05	24,29
6	10	10	1790	1700	1,27	9,37	21,22

Минимальный показатель сырцовой прочности не зафиксирован в каком-либо ГОСТе, однако Хавкин в своей книге [3] в процессе испытаний устанавливает, что величина прочности на сжатие сырца для силикатного кирпича должна быть не менее 0,35-0,5 МПа.

Но показатель минимального предела прочности на сжатие после автоклавной обработки, который, согласно ГОСТ 379-95, должен быть не менее 7,5 МПа, не смогли преодолеть серии образцов, шихта которых состояла только из барнаульского шлака (состав 2 и 3). Стоит отметить, что образцы состава № 2, которые не содержали добавки гипса, после автоклавной обработки не деформировались и не разрушились, а значит, мы экспериментально подтвердили отсутствие в составе шлака пережжённых СаО и MgO. Поэтому во всех дальнейших составах гипс больше не добавлялся.

После автоклавной обработки картина получилась иная. Образцы, состоящие полностью из шлака, не смогли по показателю прочности на сжатие дотянуть даже до минимальной теоретической марки М 75. Такой низкий показатель, как было показано позже, объясняется химическим составом шлака, в котором, несмотря на достаточно высокое содержание SiO₂, весь он находится в составе силикатов либо в аморфном, либо в связанном состоянии. Условия автоклавной обработки оказались недостаточными, чтобы началось химическое взаимодействие. Боженков в своей книге [5] писал, что аморфный и стекловидный кремнезём более легко вступает в реакцию силикатообразования, чем кристаллический, однако он практически не даёт прочности. Таким образом, было практически подтверждено, что в чистом виде барнаульский шлак не годится для производства силикатного кирпича и должен быть использован только как укрупняющая добавка. Однако, исходя из химического состава шлака, при добавлении тонкомолотого песка и небольшого количества извести, он представляет отличное сырьё для получения цементного вяжущего.

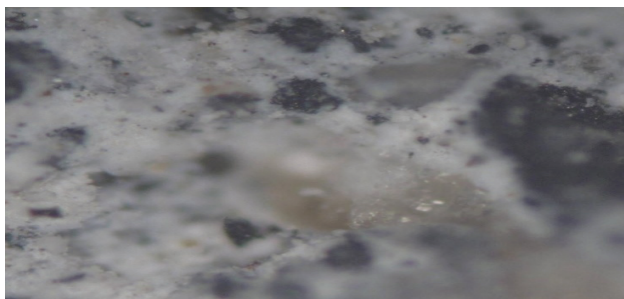
С увеличением доли ЗШС в шихте показатель прочности на сжатие также растёт. Это объясняется увеличением содержания мелкодисперсного SiO₂ и образованием силикатов кальция, которые выступают в роли вяжущего и придают прочность образцу. Показатель сырцовой прочности достигал наилучших значений у образцов, содержащих в своём составе 30-50 % ЗШС, однако после автоклавной обработки прочность на сжатие для этих образцов составила примерно 10,0 МПа, что является средним показателем и равняется марке М 100.

Наилучшие показатели прочности на сжатие после автоклава достигаются при добавлении к шихте 70 % ЗШС и более. Прочность таких образцов составила 17,7-17,8 МПа и изделия из такой

шихты теоретически способны достигнуть марки М 175. Это является наилучшим показателем для образцов, шихта которых состоит только из ЗШС и шлака.

Плотность образцов после автоклава так же как и сырцовая плотность уменьшается практически линейно с увеличением в шихте доли ЗШС.

Изучив образцы 1 и 2 состава № 5 под микроскопом (рисунок 2), можно отметить, что образцы имеют однотипную хорошую структуру, с равномерным распределением частиц разного размера по объёму. Гидросиликаты кальция плотно заполняют пространство между крупными частицами, и это подтверждает правильность выбора количества извести в шихте.



Образец 1



Образец 2

Рисунок 2 – Микрофотографии двух образцов состава № 5

Таким образом, самым оптимальным составом является состав № 5, содержащий 70 % ЗШС и 30% шлака. Именно у него достигается наилучший показатель средней прочности на сжатие после автоклавной обработки, хороший показатель средней сырцовой прочности и повсеместная утилизация как ЗШС, так и шлака.

Так как силикатный кирпич изготавливается прессованием, то, согласно теории прессования, в шихте не должно быть только мелких или только крупных частиц, ведь при прессовании это создаст дополнительные трудности и не даст хорошей сырцовой плотности и прочности [4]. Для

хорошей упаковки при прессовании, частиц каждого последующего размера должно быть приблизительно в два раза меньше, чем предыдущего. Если будет слишком много мелких фракций, то они будут раздвигать каркас и создавать внутреннее напряжение (мелких фракций больше, чем пустот). Если же будет слишком много крупных фракций, то тогда наоборот, будет слишком много пустот между частицами, плотность сырца снизится и потребуется больше вяжущего для сцепления всех зёрен [6].

Лучшие показатели сырцовой прочности характерны для составов № 5 и 6, содержащих как ЗШС, так и шлак. Это связано с тем, что большое содержание барнаульского шлака позволяет образовать хороший каркас из крупных частиц, а мелкодисперсная фракция ЗШС плотно заполняет все пустоты между зёрнами, дав, тем самым максимальную упаковку частиц в образце. Однако после автоклавирования такие составы показали не очень высокий предел прочности из-за малого содержания SiO_2 в барнаульском шлаке и, соответственно, не максимальное образование гидросиликатов кальция.

Не очень высокая марка конечных образцов вынудила искать способы повышения прочностных характеристик. Рост прочности наблюдается при увеличении в шихте доли ЗШС, значит, одним из способов достижения более высоких характеристик является увеличение содержания SiO_2 . Вторым способом является повышение чистоты извести, но от него было решено отказаться по вышеизложенным причинам.

Проще всего увеличить количество кремнезёма в шихте можно добавлением песка. Поэтому следующим шагом стала подготовка составов, содержащих уже три компонента: ЗШС, шлак и песок. Для более удобного восприятия представим составы образцов второй серии в виде графика (рисунок 3).

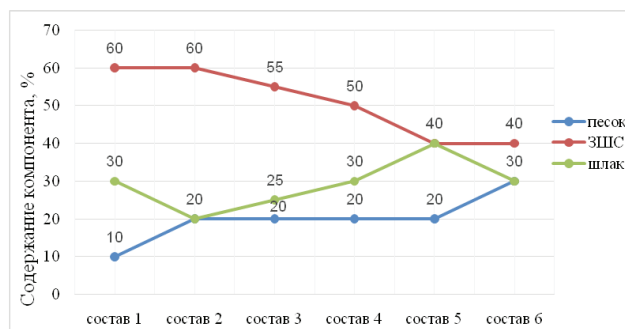


Рисунок 3 – Содержание компонентов в шихте второй серии

Все полученные средние значения для каждого состава отображены в таблице 7.

Таблица 7 – Прочностные характеристики первой серии образцов

№	Содержание активных СаО и MgO, мас. %	Расчётная влажность, мас. %	Средняя плотность сырца, кг/м³	Средняя плотность после автоклава, кг/м³	Средний предел сырьевой прочности на сжатие МПа	Средний предел прочности на сжатие МПа	Среднее водопоглощение, %
1	10	12	1650	1710	1,03	20,88	24,92
2	10	12	1640	1690	0,93	20,82	24,95
3	10	12	1680	1740	0,97	20,87	21,91
4	10	12	1710	1750	0,91	19,11	21,82
5	10	12	1860	1670	0,99	14,72	21,75
6	10	12	1770	1780	0,90	15,57	21,88

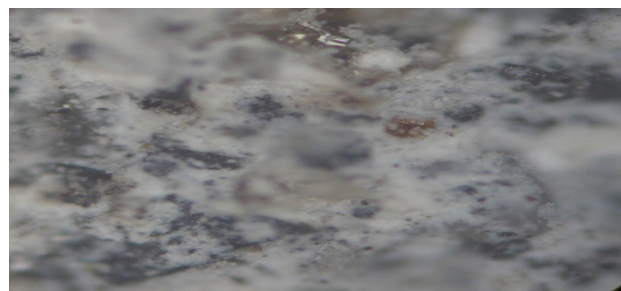
Влияние состава шихты можно наглядно оценить после гидротермальной обработки.

Первые три состава, содержащие 55-60 % ЗШС и 20-30 % шлака имеют самые высокие показатели предела прочности, которые в среднем составляют 20,86 МПа.

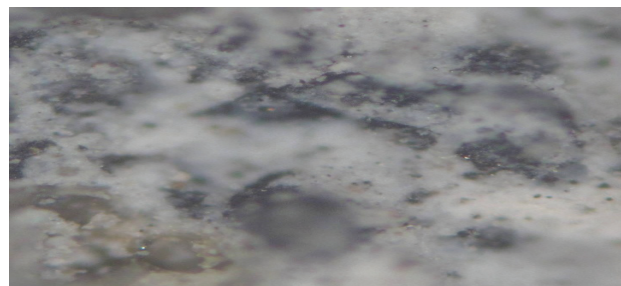
С ростом добавки барнаульского шлака прочность начала снижаться и достигает минимального значения в 14,7 МПа у состава 5, содержащего максимальную долю шлака в 40 %. Объясняется это минимальным содержанием химически активного SiO₂, необходимого для образования силикатов кальция, а также влиянием гранулометрического состава шихты. Однако, изделия такого состава должны достигнуть теоретическую марку прочности М 100.

Особенно стоит отметить составы 1,4 и 6. В них доля шлака одинакова, а значит, он не оказывает влияние на изменение характеристик. Добавка к золошлаковой шихте всего 10 % песка позволила повысить марку с М 175 до М 200 (состав 1). Увеличение доли песка до 20 % (состав 4) не приводит к дальнейшему росту прочности на сжатие и даже наоборот, немного снижает. В составе 6 доля песка была увеличена до 30 %, а доля ЗШС, соответственно, снижена. Предел прочности на сжатие при этом значительно снизился до марки М 150. Таким образом, для исходного количества извести и её активности при добавке к ЗШС 10 % песка достигается наиболее оптимальное соотношение СаО: SiO₂, при котором весь СаО вступает в реакцию с образованием максимального количества вяжущего. Добавление количества кремнезё-

ма больше чем 10 % не приводит к дальнейшему увеличению предела прочности, а наоборот, начинает снижать за счёт избытка химически пассивного компонента. Можно предположить, что дальнейшего роста прочностных характеристик можно добиться физической активацией кремне-содержащих компонентов. Образцы состава № 1 и № 4 были изучены под микроскопом (рисунки 4 и 5).

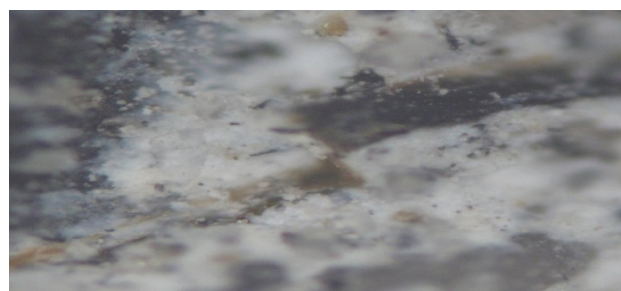


Образец 1

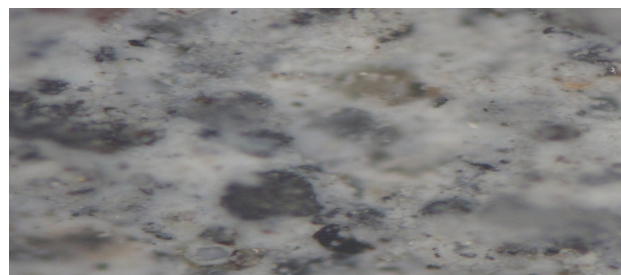


Образец 2

Рисунок 4 – Микрофотографии двух образцов состава № 1 второй серии



Образец 1



Образец 2

Рисунок 5 – Микрофотографии двух образцов состава № 4 второй серии

В обоих случаях можно отметить однотипную плотную структуру образцов 1 и 2 без крупных пор и неровностей. Поверхность ровная, с равномерным распределением всех частиц по объёму, что и придаёт этим образцам хорошие показатели прочности на сжатие. Гидросиликаты кальция плотно заполняют пространство между крупными частицами и обволакивают все зёрна, как крупные, так и мелкие.

Влияние гранулометрического состава хорошо видно на образцах состава № 1, 4 и 6. Шлака во всех случаях одинаковое количество, поэтому его влияние на свойства можно отбросить. Более мелкодисперсный кремнезём в составе ЗШМ легче и быстрее вступает в реакцию с CaO , поэтому образцы состава № 1 обладают наивысшим показателем прочности. Значит, состав № 1 обладает наилучшим соотношением $\text{SiO}_2:\text{CaO}$ при использованных параметрах гидротермальной обработки. Увеличивая долю песка, мы тем самым снижаем долю химически активного кремнезёма и заменяем его более крупными частицами SiO_2 , которые с большим трудом вступают во взаимодействие с известью и баланс оксидов нарушается, а предел прочности на сжатие снижается.

Таким образом, среди образцов второй серии лучше всего для производства золошлакового кирпича подходит состав № 1. Для него требуется минимальное количество природного сырья (песка), он обладает высоким показателем сырцовой прочности, а после гидротермальной обработки имеет наивысший среди всех полученных образцов предел прочности на сжатие. Показатели плотности и водопоглощение также удовлетворяют ГОСТ 379-95.

Выводы. Показана возможность утилизации золошлаковой смеси Алматинской ТЭЦ-2 и шлака Барнаульской ТЭЦ-2 путём использования в строительной индустрии в качестве сырья для производства силикатного кирпича. Подобраны рецептуры и изучены особенности технологии производства кирпича, как на основе чистых отходов ТЭЦ, так и на смеси отходов с песком.

Установлено, что использование барнаульского шлака в чистом виде для производства силикатного кирпича невозможно. Причиной является высокое содержание в составе аморфного и стеклообразного SiO_2 , негативно влияющего на прочностные характеристики изделий, отсутствие свободного активного SiO_2 , а также преобладание в шлаке зёрен крупной фракции.

Наилучшие показатели прочности на сжатие после гидротермальной обработки для образцов,

шихта которых состоит только из ЗШС и шлака, достигаются при добавлении к шихте 70 % ЗШС и более. Прочность таких образцов составила 17,7-17,8 МПа и достигает теоретической марки М 175. Добавка к золошлаковой шихте всего 10 % песка позволило повысить теоретическую марку с М 175 до М 200. Установлено, что серьёзное влияние на основные характеристики как сырца, так и изделий оказывает не только химический состав шихты, но и гранулометрический. Лучшие показатели предела прочности на сжатие показывают те образцы, шихта которых полидисперсна.

Работа проведена в рамках ранее заключённого Соглашения о сотрудничестве от 01 октября 2015 г. между АО «Центр наук о Земле, металлургии и обогащения» (г. Алматы) и ООО «Научно-исследовательский проектный институт «ТЕХНОПОЛИС» (г. Казань, Татарстан, РФ) о научно-техническом сотрудничестве по получению силикатной продукции из золы сжигания экибастузских углей.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Хвостенков С.И. Развитие производства силикатного кирпича в России. // Строительные материалы. – 2007. – № 10. – С. 49.
- 2 Баринава Л.С., Куприянов Л.И., Миронов В.В.. Силикатный кирпич в России: современное состояние и перспективы развития // Строительные материалы. – 2008. – №11. – С. 4-12.
- 3 Хавкин Л.М. Технология силикатного кирпича – М.: Высшая школа, 1988. — 527 с.
- 4 Комар А.Г. Строительные материалы и изделия: Учебник для инж.-экон. спец. строит. вузов. – М.: Высшая школа, 1988. – 527 с.
- 5 Боженов П.И. Цементы автоклавного твердения и изделия на их основе. – Л.: Стройиздат, 1963. – 200 с.
- 6 Боженов П.И. Комплексное использование минерального сырья для производства строительных материалов. – Л.: Стройиздат, 1963. – 160 с.

REFERENCES

- 1 Khvostenkov S.I. *Razvitie proizvodstva silikatnogo kirpicha v Rossii* (The development of the of silicate bricks in Russia) *Stroitel'nye materialy = Construction materials*, **2007**. 10, 49 (in Russ.).
- 2 Barinova L.S., Kupriyanov L.I., Mironov V.V. *Silikatnyi kirpich v Rossii: sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya* (Silicate bricks in Russia: current state and prospects of development) *Stroitel'nye materialy = Construction materials*, **2008**. 11, 4-12 (in Russ.).
- 3 Khavkin L.M. *Tekhnologiya silikatnogo kirpicha* (Technology of silicate brick). Moscow: Vysshaya shkola (Higher school), **1988**. 527 (in Russ.).
- 4 Komar A.G. *Stroitel'nyye materialy i izdeliya: Uchebnik dlya inzhenerov – ekonomicheskikh special'nostej stroitel'nykh vuzov* (Construction materials and products: Textbook for Engineer

and Economics specialty of the school of Constuction). Moscow: Vyshaya shkola (Higher school), **1988**. 527 (in Russ.).

5 Bozhenov P.I. *Tsementy avtoklavnoy tverdeniya i izdeliya na ikh osnove* (Cement solidification in an autoclave and products based on them) Leningrad: Strojizdat, **1963**. 200 (in Russ.).

6 Bozhenov P.I. *Kompleksnoe ispol'zovanie mineral'nogo syr'ya dlya proizvodstva stroitel'nykh materialov* (Complex processing of mineral raw material for the production of construction materials), Leningrad: Strojizdat, **1963**. 163 (in Russ.).

ТҮЙІНДЕМЕ

1 қазан 2015 жылғы АҚ “Жер туралы ғылымдар, металлургия және байыту” (Алматы қ.) және ЖШҚ Ғылыми-зерттеу жоба институты (ФЗЖИ) “Технополис” (Қазан қ. Татарстан) арасында құрылған ынтымақтастық туралы Келісім аясында ортақ жұмыстар нәтижесі берілген. Алматы ЖЭС-2 күл-шлакті қоспасы мен Барнаул ЖЭС-2 шлағын құрылыс индустриясында силикатті кірпіш өндірісінің шикізаты ретінде пайдалану мүмкіндігі көрсетілді. ЖЭС таза қалдықтары негізінде және құммен араласқан қалдықтарқоспасының құрамы таңдалып, кірпіш өндірісінің технологиясының ерекшеліктері зерттелді. Барнауыл қожын таза күйінде силикатты кірпіш өндірісінде қолдануы мүмкін емес екені анықталды, өйткені толығымен қождан құралған нұсқалардың құрамында өнімнің беріктік көрсеткішіне жағымсыз әсер ететін және қожда ірі фракция дәндері басым болатын аморфты және әйнек тектес SiO_2 болғандықтан беріктік көрсеткіші өте төмен болады. Шихтасы тек қана күл қож қоспасы мен қождан тұратын нұсқалардың гидротермальді қайта өңдеуден кейінгі ең жақсы беріктік көрсеткішіне шихтаның 70 % және одан артық күл қож қоспасынан тұрғанда ғана жетуге болады. Осындай нұсқалардың беріктігі 17,7-17,8 МПа және теоретикалық марка М175 сай. Күл қож қоспасына тек қана 10 % құм қосқанда теоретикалық маркасы М175-тен М200-ге дейін көтерілген. Құм көрсеткішін 20 % дейін көтергенде сығылысу беріктігін артпай тіпті төмендетіп те қояды. Құм көрсеткішін 30 % дейін көтергенде есептік маркасы М150 дейін төмендейді. Шикізат пен өнімнің негізгі көрсеткіштеріне тек қана химиялық құрамымен қатар гранулометриялы құрамы да әсер етеді. Сығылысу беріктік шегінің ең жақсы көрсеткіштерін шихтасы полидисперсті болатын нұсқалар көрсетеді, Барнауыл қожы тек қана ірілендіру қоспасы ретінде аспайтын қолданылады, шихта массасынан 30 % құрайды. Шихтаға 10 % құмды қосу кремнеземнің ірі бөлшектерінің көбеюіне әкеледі, олар тұтқырлағыш заттардың құрылуына қиындық туғызарды және автоклавты қайта өңдеуге басқа шарттарды талап етеді.

Түйінді сөздер: силикатты кірпіш, күл-шлакты кірпіш, күл-шлакты қалдықтар, әктас, құм, пайдалану, беріктігін сынау, су сіңіргіштік.

SUMMARY

The results of a work on scientific and technical cooperation for the production of silicate products from ash of Ekibastuz coal combustion are presented. The joint work was carried out within the framework of cooperation between Center of Earth Sciences, Metallurgy and Benefication (Almaty) and Research and Design Institute “Technopolis” (Kazan, Tatarstan, Russia). The possibility of recycling ash and slag mixture of Almaty heat station-2 and Barnaul heat station-2 slag by use in the construction industry as a raw material for the production of silicate brick. Compounding was selected and brick production technology features were studied, especially based on heat station waste only and waste mixed with sand. It was determined that the use of pure Barnaul slag for the production of silicate bricks is not possible, because samples from slag has extremely low strength due to its high content of amorphous and glass-like SiO_2 , which negative effects on the strength characteristics of the products and large-scale fraction of grains. The best compressive strength after hydrothermal treatment of the samples, which consist of ash and slag mixture and slag, are achieved by adding 70 % and above ash and slag mixture. The strength of these samples was 17,7-17,8 MPa and reaches brick mark M175. Addition of 10 % sand to the ash and slag allowed raising mark of products from M175 up to M200. Further increasing proportion of sand to 20 % does not lead to a further increase of the compressive strength, and even decreases it slightly. Increase of the sand proportion to 30 % is fallen the calculated brand of products to M150. It has been established that a major impact on the basic characteristics of both raw material and products has not only the chemical composition of the charge, but also the grain-size distribution. The best results of the compressive strength show those samples, which batch is polydisperse and Barnaul slag serves only as a enlarge addition and is contained in an amount not more than 30 % by weight of the charge. The addition to the charge of sand in an amount more than 10 % results in increase of the proportion of large silica particles which are more difficult to react with binder formation and require different processing conditions in the autoclave.

Keywords: silicate brick, ash and slag brick, ash and slag wastes, lime, sand, recycling, strengthtest, water absorption.

Поступила 30.08.2016.