

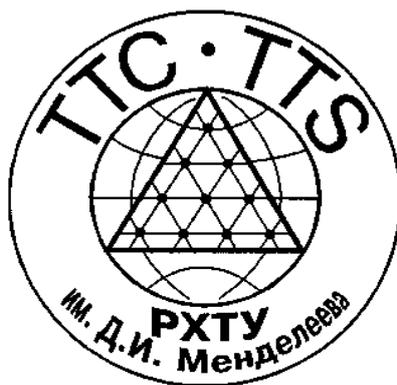
ISSN 2076-0655

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ СИЛИКАТОВ

*МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ
ПО ВЯЖУЩИМ, КЕРАМИКЕ, СТЕКЛУ И ЭМАЛЯМ*

1

2021



МОСКВА

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ СИЛИКАТОВ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ПО ВЯЖУЩИМ, КЕРАМИКЕ, СТЕКЛУ И ЭМАЛЯМ

Том 28, № 1

Январь - Март, 2021

Журнал издается с 1994 г. В нем публикуются актуальные материалы по проблемам современного производства, информация по экономическим и финансовым вопросам, новости науки и техники, сообщения о новых сырьевых материалах и изделиях. Журнал оказывает поддержку аспирантам, докторантам, молодым ученым и специалистам промышленности и публикует их работы по широкому кругу вопросов техники и технологии силикатов в первую очередь.

Главный редактор КРИВОБОРОДОВ Ю. Р., д-р техн. наук, проф.,
РХТУ им. Д. И. Менделеева. E-mail: ykriv@muctr.ru

Редактор-консультант КУЗНЕЦОВА Т. В., д-р техн. наук, проф. E-mail: tkouz@mail.ru

Издательский консультационный совет

БУРЛОВ Ю.А., ОАО «Подольск-Цемент», генеральный директор, д-р экон. наук; ГУСЕВ Б.В., Международная инженерная академия, президент, чл.-корр. РАН; КРАСНЫЙ Б.Л., ЗАО НТЦ «Бакор», генеральный директор, д-р техн. наук; СИГАЕВ В.Н., д-р хим. наук, РХТУ им. Д. И. Менделеева, проф.; СОЛНЦЕВ С.С., ФГУП «ВИАМ» ГНЦ РФ, советник генерального директора, д-р техн. наук, проф.

Редакционная коллегия

БЕЛЯКОВ А.В., проф., РХТУ им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия; БОБКОВА Н.М., проф., Белорусский государственный технологический университет, Минск, Беларусь; ВЕРЕЩАГИН В.И., проф., Томский политехнический университет, Россия; КУРДОВСКИЙ В., проф., Горно-металлургическая академия, Краков, Польша; НИЯЗБЕКОВА Р.К., проф., Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, Астана, Казахстан; ПАЛЕАРИ А., проф., Университет Милано-Бикокка, Милан, Италия; САМЧЕНКО С.В., проф., Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Россия; САНИЦКИЙ М.А., проф., Национальный университет «Львовская политехника», Украина; СВИДЕРСКИЙ В.А., Национальный технический университет Украины «КПИ», проф., Киев, Украина; СИВКОВ С.П., канд. техн. наук, доцент, РХТУ им. Д. И. Менделеева, Москва, Россия

Издатель – Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева

Выходит 4 раза в год

Подписной индекс 87947
в объединенном каталоге «Пресса России»

Адрес редакции: 125480, Москва,
ул. Героев Панфиловцев, 20, корпус 3
«Силикатный факультет», комн. 209а
Тел./факс: (495) 496-60-09
E-mail: ykriv@muctr.ru, ykriv@rambler.ru,
journal_tts@mail.ru

Интернет: <http://it.muctr.ru/pubcenter/silikatv>

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Пшеничный Г.Н.</i> Этюды отвердевания строительного гипса....	2
<i>Танг Ван Лам, Нгуен Зоан Тунг Лам</i> Пуццоланическая активность тонкодисперсных минеральных компонентов различной природы Вьетнама	7
<i>Саркисов Ю.С., Горленко Н.П., Зубкова О.А., Саркисов Д.Ю.</i> Особенности структуры и свойств воды в жидком агрегатном состоянии	12
<i>Зайцева А.А., Зайцева Е.И., Самченко С.В.</i> Перспективные теплоизоляционные материалы на основе стеклобоя и жидкого стекла ...	17
<i>Соловьев В.Г., Швецова В.А.</i> Исследование бетонов модифицированных стеаратом кальция $Ca(C_{18}H_{35}O_2)_2$	20
<i>Василик П.Г., Макаров Е.М.</i> Особенности применения редиспергируемых порошков	26

По решению ВАК Министерства образования и науки РФ журнал включен в «Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук»

ПУЦЦОЛАНИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ТОНКОДИСПЕРСНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ ВЬЕТНАМА

Танг Ван Лам, Нгуен Зоан Тунг Лам

Определение активности минеральных добавок для растворов и бетонов в соответствии с национальным стандартом производится по данным физико-механических испытаний (прочность на сжатие). Однако большинство исследователей для этого используют методику по поглощению добавкой извести из известкового раствора. В других странах также используют аналогичные методики, которые отличаются как по температурным режимам, так и по кинетике протекания процесса. Поэтому результаты различных исследователей по определению активности одно и того же материала сильно различаются. Целью данной работы было установление пуццоланической активности тонкодисперсных минеральных компонентов различной природы Вьетнама по французскому стандарту и по методу поглощения добавкой извести из известкового раствора, используемого в России, а также сопоставления полученных результатов, для выбора рациональной методики определения степени активности добавок. Установлены активности минеральных компонентов, определенные методом по поглощению добавкой извести из известкового раствора за 30 сут. и по методу французского стандарта NF P18 - 513 : 2010. Показано, что минеральные добавки ПУ, ЗУ ТЭС «Вунг Анг», ЗРШ и МК-90 можно отнести к минеральным добавкам с высокой пуццоланической активностью, а ДШ – со средней пуццоланической активностью.

Ключевые слова: пуццоланическая активность, аморфный кремнезем, природный пуццолан, зола рисовой шелухи, микрокремнезём, топливный золо-шлаковый отход, минеральная добавка

Введение. В последнее время появилось много публикаций по использованию активных минеральных добавок в растворах и бетонах во многих странах [1-3]. Зола рисовой шелухи и микрокремнезём, а также метакаолин относятся к одной из самых высокоэффективных пуццолановых минеральных добавок [4-6].

Согласно исследованиям [7-9], существует три основных фактора, влияющие на вклад, который вносят активные минеральные добавки для цементов, растворов и бетонов при частичной замене портландцемента помимо повышения прочностных показателей и долговечности материалов это - ускорение реакций гидратации в смеси, протекание пуццолановых реакции с портландитом и проявление эффекта упрочняющего влияния наполнителей на их свойства.

Активные минеральные добавки позволяют уплотнять структуру бетона путём уменьшения пористости цементного камня посредством связывания свободного гидроксида кальция в менее растворимые и мелкодисперсные низкоосновные гидросиликаты кальция, а также они способны связывать щелочи в нерастворимые новообразования. Это свойство обуславливает более надёжную защиту изделий и конструкций из бетонных и железобетонных от трещинообразования и разрушения под действием растворов сульфатов, кислот и солей в агрессивных средах [10-12].

Высокий темп промышленного развития Социалистической Республики Вьетнам требует большого количества электроэнергии, основным источником которой в настоящее время являются тепловые электростанции (ТЭС), работающие на угле, что объясняется имеющимися существенными природными запасами. В результате сжигания углей ежегодно образуется значительное количество топливных золо-шлаковых отходов, ухудшающих экологическую ситуацию в стране и требующих утилизации, тем более что ограниченная площадь территории не позволяет использовать земельные ресурсы для их захоронения [13, 14].

Одним из перспективных способов утилизации топливной золы-уноса ТЭС (ЗУ) является их введение в состав минеральных вяжущих веществ, а также бетонных и растворных смесей в качестве активных минеральных добавок, обладающих пролонгированными

пуццоланическими свойствами благодаря значительному содержанию аморфного кремнезема [15, 16].

Кроме того, в странах-производителях риса, в том числе и во Вьетнаме, при процессе его переработки образуется огромное количество сельскохозяйственных отходов в виде соломы, отрубей и шелухи (более 1 т. рисовой соломы и шелухи на 1 т. зерна), которые сжигаются с образованием золы рисовой шелухи (ЗРШ) [17, 18]. Поэтому проблема рациональной утилизации ЗРШ во Вьетнаме также злободневна, как и золы-уноса, поэтому эффективным способом её решения является использование ЗРШ в качестве тонкодисперсной активной минеральной добавки в бетоны и строительные растворы, позволяющей заменить импортные и поэтому дорогие микрокремнезём и высокоактивный метакаолин [19, 20].

Определение активности минеральных добавок для растворов и бетонов в соответствии с национальным стандартом производится по данным физико-механических испытаний (прочность на сжатие ГОСТ Р 56592-2015). Однако большинство исследователей для этого используют методику по поглощению добавкой извести из известкового раствора [21, 26]. В других странах также используют аналогичные методики, которые отличаются как по температурным режимам, так и по кинетике протекания процесса. [22-25]. Во Вьетнаме активность минеральных добавок чаще указывается по Чапелю [24, 25], определяемая методом французского стандарта NF P18 – 513 : 2010. Поэтому результаты различных исследователей по определению активности одно и того же материала сильно различаются.

Целью данной работы было установление пуццоланической активности тонкодисперсных минеральных компонентов различной природы Вьетнама по французскому стандарту и по методу поглощения добавкой извести из известкового раствора, используемого в России, а также сопоставления полученных результатов, для выбора рациональной методики определения степени активности добавок.

Материалы и методы. В данной работе использованы доменный шлак (ДШ) завода «Хоа Пхат» (Вьетнам) и природный пуццолан (ПУ) Вьетнама с остатком на сите 0,09 мм 12,5%.

Использованная в данной работе зола рисовой шелухи является отходом обработки риса, выращенного на

севере Вьетнама. Рисовая шелуха сушилась и затем сжигалась в лабораторной печи при температуре 800°C [3, 9, 17] с последующим быстрым охлаждением. Для получения механоактивированной золы рисовой шелухи (ЗРШ) в виде тонкого порошка она измельчалась в вибрационной мельнице в течение 60 мин.

Кроме того, другие активные минеральные добавки представляли собой низкокальциевую золу-уноса (ЗУ) ТЭС «Вунг Анг» (Вьетнам) класса F и микрокремнезём SF-90 (МК-90) производства фирмы «Vina Pacific». Химический состав и физические характеристики использованных тонкодисперсных материалов приведены в табл. 1.

Таблица 1 Химический состав и физические характеристики тонкодисперсных материалов

Использованные минеральные добавки	ДШ	ПУ	ЗУ ТЭС «Вунг Анг»	ЗРШ	МК-90
Средний химический состав, % масс.					
SiO ₂	35,45	48,75	54,62	88,23	91,65
Al ₂ O ₃	13,52	22,13	24,17	1,25	2,25
Fe ₂ O ₃	-	12,44	6,15	1,75	2,47
SO ₃	0,14	1,25	2,81	0,61	-
K ₂ O	0,28	0,87	1,28	1,14	-
Na ₂ O	-	0,52	1,25	2,67	0,58
MgO	7,89	5,74	1,57	0,81	-
CaO	40,88	4,56	1,48	0,52	0,51
P ₂ O ₅	-	0,48	1,63	0,25	-
Потери при прокаливании	1,34	3,26	5,04	2,77	2,54
Физические характеристики					
Удельная поверхность, м ² /г	4550	4280	3980	9570	10150
Истинная плотность, г/см ³	2,29	2,81	2,23	2,32	2,15
Насыпная плотность, кг/м ³	830	980	572	650	765

С помощью метода лазерной гранулометрии в Институте строительной науки и технологии во Вьетнаме был определен гранулометрический состав ДШ, ПУ, ЗУ ТЭС

«Вунг Анг», ЗРШ и МК-90, которые представлены на рис. 1.

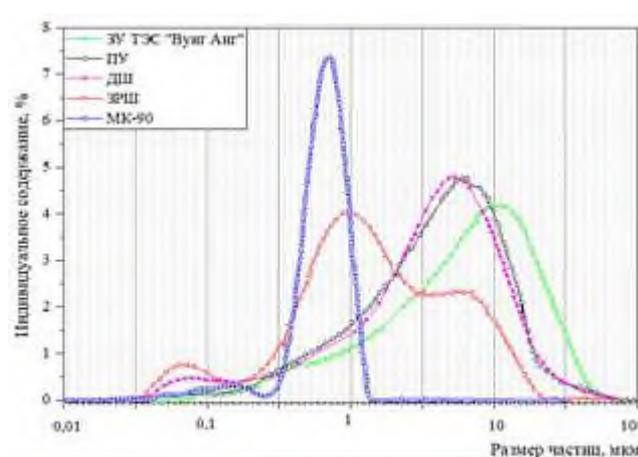
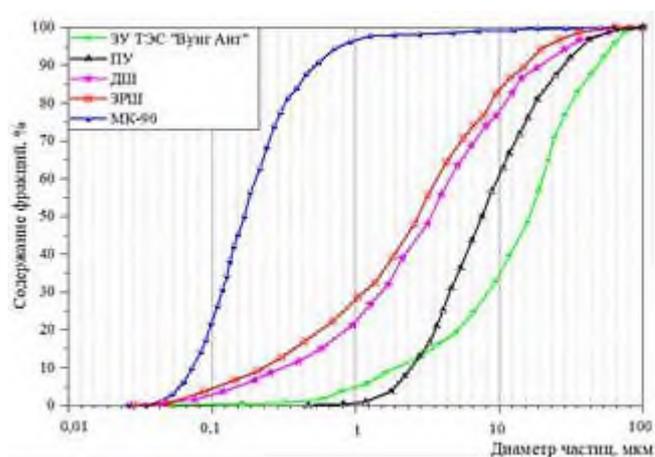


Рисунок 1 – Гранулометрический состав ДШ, ПУ, ЗУ ТЭС «Вунг Анг», ЗРШ и МК-90
а - интегральная кривая распределения, б - дифференциальная кривая распределения

Как следует из представленных данных зола-уноса (ЗУ), природная пуццолана (ПУ) и доменный шлак имеют основной размер частиц от 5 до 10 мкм. Зола рисовой шелухи (ЗРШ) имеет как тонкодисперсную фракцию частиц от 0,5 до 1 мкм, так и частицы размером от 5 до 10 мкм. Микрокремнезем представлен только тонкодисперсной фракцией с размером частиц менее 1 мкм.

Методы. Методология данной работы включала:

- определение гранулометрического состава и показателей, характеризующих дисперсность частиц ДШ, ПУ, ЗУ ТЭС «Вунг Анг», ЗРШ и МК-90, проводили с помощью метода лазерной гранулометрии;

- пуццоланическая активность минеральных добавок определялась методом поглощения извести из раствора в течение 30 суток [21, 24, 26];

- для определения содержания гидроксида кальция в образцах минеральных добавок в течение 16 часов использовали метод французского стандарта NF P18 - 513: 2010 [22, 23, 25].

Результаты и обсуждение

А - Определение пуццоланической активности минеральных добавок по методу поглощения добавкой извести из известкового раствора

В данной работе была определена пуццоланическая активность минеральных добавок по способности поглощать ими извести из известкового раствора. Тонкодисперсные минеральные добавки считаются тем активнее, чем больше они поглощают извести из его водного раствора за определенный промежуток времени. Пуццоланическая активность оценивается по интенсивности

растворения в щелочной среде аморфного кремнезёма, который является основным компонентом минеральных добавок, и определяется количеством $\text{Ca}(\text{OH})_2$, поглощённым 1 г минеральной добавки. В результате такого взаимодействия происходит образование низкоосновных гидросиликатов кальция (C-S-H), в результате чего концентрация $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в растворе снижается.

Было проведено определение пуццоланической активности минеральных добавок по методу поглощения добавкой извести из известкового раствора в течение 30 суток в соответствии с Вьетнамским стандартом TCVN 3735-1982 «Пуццолановые материалы» и методикой, описанной Ю.М. Буттом и В.В. Тимашевым в «Практикуме по химической технологии вяжущих материалов».

По данным Вьетнамского стандарта TCVN 3735-1982, количество $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (Q), поглощённое 1 г активных тонкодисперсных минеральных добавок, рассчитывается по формуле (1):

$$Q = x - y, \text{ мг } \text{Ca}(\text{OH})_2 / \text{ г активных минеральных добавок}, \quad (1)$$

где: x - количество CaO, содержащееся в 50 мл раствора после добавления известковой воды до начала испытаний, мг;

y - количество CaO, содержащееся в 50 мл раствора после 30-суточных испытаний, мг.

Эксперименты по определению пуццоланической активности ДШ, ПУ, ЗУ ТЭС «Вунг Анг», ЗРШ и МК-90, проведённого по требованию этого метода, представлены в табл. 2 и на рис. 2. В таблице 2 представлены результаты титрования известкового раствора с различными добавками, а на рис. 2 представлена кинетика поглощения $\text{Ca}(\text{OH})_2$ из известкового раствора.

Таблица 2. Результаты титрования известкового раствора с различными добавками (мг $\text{Ca}(\text{OH})_2$ / г активных минеральных добавок)

Продолжительность испытаний, сут.	ДШ	ПУ	ЗУ ТЭС «Вунг Анг»	ЗРШ	МК-90
2	14,5	20,7	21,2	42,1	62,4
4	16,9	29,2	39,4	67,5	85,7
6	21,7	35,8	48,1	88,4	100,3
8	23,6	46,5	54,2	106,3	125,1
10	24,8	58,1	60,8	117,8	151,6
12	30,6	64,1	66,8	126,6	164,7
14	36,8	67,6	77,7	136,3	186,8
16	41,9	77,5	92,0	143,2	198,5
18	56,2	86,6	102,6	151,6	224,5
20	58,8	98,5	107,3	158,5	242,6
22	59,4	99,7	115,6	167,7	271,7
24	60,2	100	122,3	175,6	292,4
26	61	101	126,6	180,6	310,3
28	61	102	131,3	191,3	319
30	61	102	134	197	326

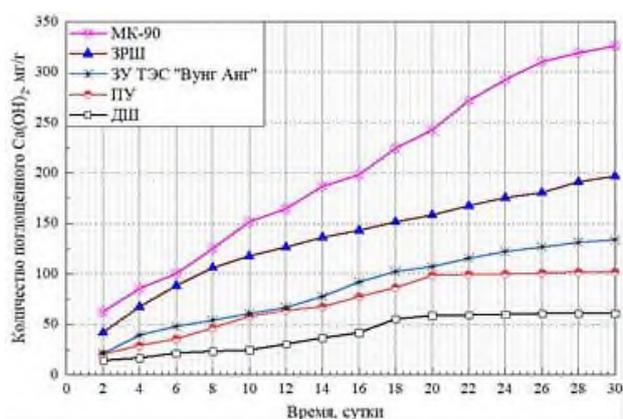


Рисунок 2 – Кинетика поглощения $\text{Ca}(\text{OH})_2$ из известкового раствора различными минеральными добавками

Из приведенных в табл. 2 экспериментальных результатов следует, что ДШ, ПУ, ЗУ ТЭС «Вунг Анг», и ЗРШ поглощают за 30 сут. соответственно, 61 мг/г, 102 мг/г, 134 мг/г и 197 мг/г, а МК-90 - 326 мг/г, и все эти добавки

могут использоваться как активные минеральные добавки. Кроме того, анализируя кинетику поглощения $\text{Ca}(\text{OH})_2$ из известкового раствора доменным шлаком (ДШ) и природным пуццоланом (ПУ) (рис. 2) видно, что после 20 сут. и они практически уже не поглощают гидроксид кальция, в то время, как для ЗУ ТЭС «Вунг Анг», ЗРШ и МК-90 поглощение $\text{Ca}(\text{OH})_2$ продолжает активно расти вплоть до 30 сут.

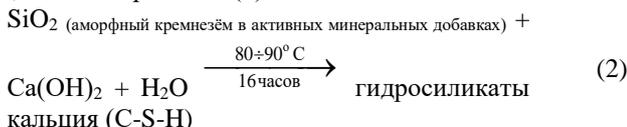
Б - Определение пуццоланической активности минеральных добавок по французскому стандарту NF P18 - 513 : 2010

Французский стандарт NF P18 - 513 : 2010 основан на измерении количества гидроксида кальция - $\text{Ca}(\text{OH})_2$, поглощенного активной минеральной добавкой при повышенной температуре, схема испытательной установки представлена на рис. 3.



Рисунок 3 – Схема испытательной установки по требованию французского стандарта NF P18 - 513: 2010

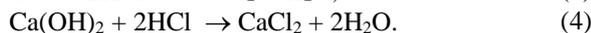
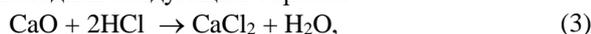
Аморфный кремнезём в составе активных минеральных добавок в насыщенном растворе взаимодействует с гидроксидом кальция - Ca(OH)₂, образуя соединения, обладающие вяжущими свойствами – низкоосновные C-S-H, по схеме реакции (2):



По истечении указанного времени колбу охлаждают до комнатной температуры. Далее в колбу добавляют 250 мл раствора свежеприготовленной сахарозы (60 г сахарозы растворяют в 250 мл воды) и перемешивают магнитной мешалкой в течение 15 минут в лаборатории. Затем содержимое колбы фильтруют через беззольный фильтр. Аналогичное (холостое) испытание проводится без минеральных добавок.

Содержание оставшегося гидроксида кальция - Ca(OH)₂ определяют экстракцией сахарозой с последующим титрованием 0,1н раствором HCl.

От основного раствора в колбе калиброванной пипеткой отбирают аликвотную часть (25 мл) и титруют с помощью бюретки 0,1н HCl, используя фенолфталеин (2÷3 капли) в качестве индикатора. Определяют объем 0,1н HCl, пошедший на титрование 25 мл раствора пустой (холостой) пробы (V₁) и объем 0,1н HCl, пошедший на титрование 25 мл раствора, полученного по пуццолановой реакции с аморфным кремнезёмом минеральных добавок в основном растворе (V₂). Реакции титрования происходили следующим образом:



Пуццоланическая активность (ПА) минеральных добавок рассчитывается по формуле (5):

$$\text{ПА} = 2 * \frac{V_1 - V_2}{V_1} * \frac{74}{56} * 1000, \quad (5)$$

где: ПА – пуццоланическая активность минеральных добавок, выраженная в мг Ca(OH)₂ / г минеральной добавки;

V₁ – объем 0,1н HCl в мл, необходимый для титрования 25 мл холостого раствора без минеральной добавки;

V₂ – объем 0,1н HCl в мл, необходимый для титрования 25 мл конечного раствора с минеральной добавкой.

Экспериментальные результаты определения пуццоланической активности ДШ, ПУ, ЗУ ТЭС «Вунг Анг», ЗРШ и МК-90 представлены в табл. 3 и на рис. 4.

Таблица 3. Пуццоланическая активность исследуемых минеральных добавок, определённая по методу французского стандарта NF P18 - 513 : 2010

Экспериментальные образцы	ДШ	ПУ	ЗУ ТЭС «Вунг Анг»	ЗРШ	МК-90
Пуццоланическая активность в течение 16 часов при температуре 85 ± 5°C, мг Ca(OH) ₂ / г добавки	62	99	123	194	320

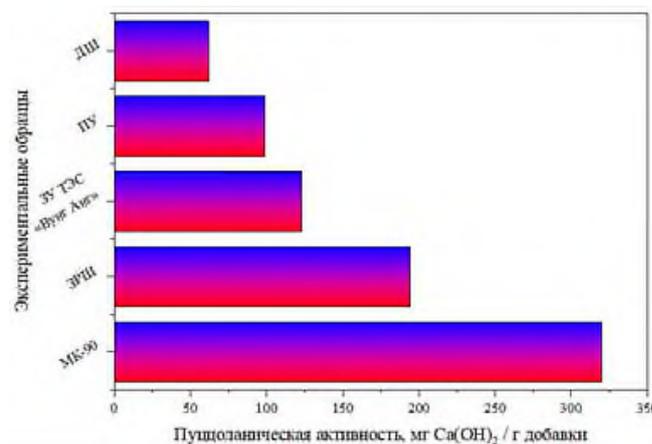


Рисунок 4 – Количество Ca(OH)₂, поглощенное активными минеральными добавками по методу французского стандарта NF P18- 513: 2010

Сопоставляя результаты определений пуццоланической активности исследуемых минеральных добавок приведенных в табл. 2, 3 и на рис. 4 следует, что количество Ca(OH)₂, поглощенное добавками ДШ, ПУ, ЗУ ТЭС «Вунг Анг», ЗРШ и МК-90, определенное по методу французского стандарта NF P18-513 : 2010, при котором активность определяется за 16 час., совпадает с количеством гидроксида кальция, определенным по методу поглощения добавкой извести из известкового раствора в течение 30-суточных испытаний.

В результате проведенных исследований было установлено, что минеральные добавки ПУ, ЗУ ТЭС «Вунг Анг», ЗРШ и МК-90 можно отнести к минеральным добавкам с высокой пуццоланической активностью, а ДШ – со средней пуццоланической активностью, согласно ГОСТ Р 56592-2015.

Выводы

1. Методом поглощения добавкой извести из известкового раствора было установлено, что исследованные минеральные добавки ДШ, ПУ, ЗУ ТЭС «Вунг Анг», и ЗРШ за 30 сут. поглощают Ca(OH)₂ из известкового раствора соответственно, 61 мг/г, 102 мг/г, 134 мг/г и 197 мг/г, а МК-90 - 326 мг/г. При этом ДШ и ПУ после 20 сут. практически уже не поглощают гидроксид кальция, в то время, как ЗУ ТЭС «Вунг Анг», ЗРШ и МК-90 продолжают активно связывать Ca(OH)₂ после 20 сут., что свидетельствует о их пролонгированном действии.

2. По результатам исследований пуццоланической активности было установлено, что минеральные добавки ПУ, ЗУ ТЭС «Вунг Анг», ЗРШ и МК-90 можно отнести к минеральным добавкам с высокой пуццоланической

активностью, а ДШ – со средней пуццоланической активностью, согласно ГОСТ Р 56592-2015.

3. В результате проведенных исследований установлено, что использование местных ПУ, ЗУ ТЭС «Вунг Анг» и ЗРШ вместо импортных тонкодисперсных минеральных добавок - микрокремнезём SF-90, применяемых в настоящее время во Вьетнаме для получения современных бетонов и строительных растворов, а также в качестве дополнительного цементирующего материала, позволит значительно снизить их стоимость, будет способствовать улучшению экологической ситуации и представляется актуальным и перспективным для Социалистической Республики Вьетнам.

Литература:

1. Збигнев Г. Зола уноса в составе цемента и бетона // V Международная конференция «Золошлаки ТЭС – удаление, транспорт, переработка, складирование». - М., 24–25.04.2014. С. 24-25.
2. Мингалеева Г.Р., Шамсутдинов Э.В., Афанасьева О.В., Федотов А.И., Ермолаев Д.В. Современные тенденции переработки и использования золошлаковых отходов ТЭС и котельных // Современные проблемы науки и образования. 2014. №6. С. 225-225.
3. Bui Danh Dai. Influence of rice husk ash on the properties of mortar and concrete. Joint International Scientific Symposium “Scientific Achievements in Research on New Modern Building Materials”. Hanoi. 2006. Pp. 32-38.
4. Tang Van Lam, Nguyen Trong Chuc, Ngo Xuan Hung, Dang Van Phi, Bulgakov B.I., Bazhenova S.I. Effect of natural pozzolan on strength and temperature distribution of heavyweight concrete at early ages. MATEC Web of Conferences 193, 03024, 2018, 8 p, <https://doi.org/10.1051/mateconf/201819303024>.
5. Tayeh B. A., Abu Bakar B. H., Johari M. A., Zeyad A. M. The role of silica fume in the adhesion of concrete restoration systems. Advanced Materials Research, 2013. Vol. 626, Pp. 265-269. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.626.265.
6. Ngo Van Toan. Research on the production of high-strength concrete using fine sand and mineral additives mixed with activated blast-furnace slag and rice husk ash. Journal of Building Materials - Environment. 2012. Vol. 4. Pp. 36-45.
7. Сивков С.П., Потапова Е.Н., Назаров Д.В., Захаров С.А. Гидратация и твердение цемента в присутствии метакеолина // Международное аналитическое обозрение «Алитинформ». Цемент. Бетон. Сухие смеси. 2015. № 1. С. 80-89.
8. Баженова С.И., Алимов Л.А. Высококачественные бетоны с использованием отходов промышленности // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2010. №1. С. 226-230.
9. Bui D.D., Hu J., Stroeven P. Particle size effect on the strength of rice husk ash blended gap-graded Portland cement concrete. Cement and Concrete Composites, 2005, Vol. 27, Issue 3, Pp. 357-366. DOI: 10.1016/j.cemconcomp.2004.05.002.
10. Le H.T., Ludwig H.M. Effect of rice husk ash and other mineral admixtures on properties of self-compacting high performance concrete. Materials & Design. 2016. Vol. 89. Pp. 156-166. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.08.021>.
11. Ивашина М.А., Кривобородов Ю.Р. Использование отходов промышленности в технологии сульфатоминерального клинкера // Успехи в химии и химической технологии. Том XXXI. 2017. №1. С. 22- 24.
12. Mohammadi M., Moghtadaei R., Samani N. Influence of silica fume and metakaolin with two different types of interfacial adhesives on the bond strength of repaired concrete. Construction and Building Materials, 2014. Vol. 51, Pp. 141-150. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2013.10.048.
13. Raut S.P., Ralegaonkar R.V., Mandavgane S.A. Development of sustainable construction material using industrial and agricultural solid waste: A review of waste-crete bricks. Construction and building materials. 2011. Vol. 25(10). Pp. 4037-4042. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.04.038>.
14. Танг Ван Лам, Нго Суан Хунг, Булгаков Б.И., Александрова О.В., Ларсен О.А., Орехова А.Ю., Тюрина А.А. Использование золошлаковых отходов в качестве дополнительного цементирующего материала. Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. № 8. С. 10 - 18, https://doi.org/10.12737/article_5b6d58455b5832.12667511.
15. Ватин Н.И., Петросов Д.В., Калачев А.И., Лахтинен П. Применение зол и золошлаковых отходов в строительстве // Инженерно-строительный журнал, №4, 2011. С. 16-21.
16. Satish H. Sathawane, Vikrant S. Vairagade, Kavita S Kene. Combine Effect of Rice Husk Ash and Fly Ash on Concrete by 30% Cement

4. Количество $\text{Ca}(\text{OH})_2$, поглощенное добавками ДШ, ПУ, ЗУ ТЭС «Вунг Анг», ЗРШ и МК-90 и определенное за 16 час. при повышенной температуре методом французского стандарта NF P18- 513: 2010, относительно совпадает с количеством $\text{Ca}(\text{OH})_2$, который определяли методом поглощения добавкой извести из известкового раствора в течение 30-суточных испытаний. Данная методика может использоваться как экспресс метод в научной практике, но для установления кинетики поглощения извести все-таки желательнее проводить длительные испытания, используя метод поглощения добавкой извести из известкового раствора за 30 сут.

References:

1. Zbigniew Gergichny. Fly ash in the composition of cement and concrete. V Mezhdunarodnaya konferentsiya «Zoloshlaki TES – udaleniye, transport, pererabotka, skladirovaniye» Moscow. 24–25.04.2014. Pp. 24-25 (In Russian)
2. Mingaleeva G.R., Shamsutdinov E.V., Afanas'yeva O.V., Fedotov A.I., Yermolayev D.V. Sovremennyye tendentsii pererabotki i ispol'zovaniya zoloshlakovykh otkhodov TES i kotel'nykh [Current trends in the processing and use of ash and slag waste from TPPs and boiler houses]. Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya 2014. No.6. Pp. 225-225 (In Russian)
3. Bui Danh Dai. Influence of rice husk ash on the properties of mortar and concrete. Joint International Scientific Symposium “Scientific Achievements in Research on New Modern Building Materials”. Hanoi. 2006. Pp. 32-38.
4. Tang Van Lam, Nguyen Trong Chuc, Ngo Xuan Hung, Dang Van Phi, Bulgakov B.I., Bazhenova S.I. Effect of natural pozzolan on strength and temperature distribution of heavyweight concrete at early ages. MATEC Web of Conferences 193, 03024, 2018, 8 p, <https://doi.org/10.1051/mateconf/201819303024>.
5. Tayeh B. A., Abu Bakar B. H., Johari M. A., Zeyad A. M. The role of silica fume in the adhesion of concrete restoration systems. Advanced Materials Research, 2013. Vol. 626, Pp. 265-269. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.626.265.
6. Ngo Van Toan. Research on the production of high-strength concrete using fine sand and mineral additives mixed with activated blast-furnace slag and rice husk ash. Journal of Building Materials - Environment. 2012. Vol. 4. Pp. 36-45.
7. Sivkov S.P., Potapova Ye.N., Nazarov D.V., Zakharov S.A. Hydration and hardening of cement in the presence of metakaolin. Mezhdunarodnoye analiticheskoye obozreniye «Alitinform»). Tsement. Beton. Sukhiye smesi 2015. No. 1. Pp. 80-89. (In Russian)
8. Bazhenova S.I., Alimov L.A. High-quality concrete using industrial waste. Vestnik BGTU im. V.G. Shukhova 2010. No. 1. Pp. 226-230. (In Russian)
9. Bui D.D., Hu J., Stroeven P. Particle size effect on the strength of rice husk ash blended gap-graded Portland cement concrete. Cement and Concrete Composites, 2005, Vol. 27, Issue 3, Pp. 357-366. DOI: 10.1016/j.cemconcomp.2004.05.002.
10. Le H.T., Ludwig H.M. Effect of rice husk ash and other mineral admixtures on properties of self-compacting high performance concrete. Materials & Design. 2016. Vol. 89. Pp. 156-166. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.08.021>.
11. Ivashina M.A., Krivoborodov Yu.R. The use of industrial waste in the technology of sulfoaluminate clinker. Uspekhi v khimii i khimicheskoy tekhnologii 2017. Vol. XXXI. No. 1. Pp. 22- 24. (In Russian)
12. Mohammadi M., Moghtadaei R., Samani N. Influence of silica fume and metakaolin with two different types of interfacial adhesives on the bond strength of repaired concrete. Construction and Building Materials, 2014. Vol. 51, Pp. 141-150. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2013.10.048.
13. Raut S.P., Ralegaonkar R.V., Mandavgane S.A. Development of sustainable construction material using industrial and agricultural solid waste: A review of waste-crete bricks. Construction and building materials. 2011. Vol. 25(10). Pp. 4037-4042. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.04.038>.
14. Tang Van Lam, Ngo Xuan Hung, Bulgakov B.I., Aleksandrova O.V., Larsen O.A., Orekhova A.YU., Tyurina A.A. The use of ash and slag waste as an additional cementing material. Vestnik BGTU im. V.G. Shukhova 2018. No. 8. Pp. 10 - 18,

- Replacement. *Procedia Engineering* 51, 2013, Pp. 35 - 44. DOI: 10.1016/j.proeng.2013.01.009.
17. Tang Van Lam, Boris Bulgakov, Olga Aleksandrova, Oksana Larsen, Pham Ngoc Anh. Effect of rice husk ash and fly ash on the compressive strength of high-performance concrete. *E3S Web of Conferences* 33, 02030, 2018, 10 p, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20183302030>.
18. Van V.T.A., Röbber C., Bui D.D., Ludwig H.M. Rice husk ash as both pozzolanic admixture and internal curing agent in ultra-high performance concrete. *Cement and Concrete Composites*, 2014, Vol. 53, Pp. 270-278. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2014.07.015>.
19. Ngo Van Toan. Research on effect of rice husk ash and superplasticizer on the properties of mortar and concrete. *Journal of Construction Science and Technology*. Hanoi, 2013, No. 3+4, Pp. 41-51.
20. Habeeb G.A., Mahmud H.B. Study on properties of rice husk ash and its use as cement replacement material. *Materials research*. 2010 Vol. 13(2). Pp. 185-190. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-14392010000200011>.
21. Зырянов М.С., Ахметжанов А.М., Манушина А.С., Потапова Е.Н. Определение пуццолановой активности метакеолина // Успехи в химии и химической технологии. Том XXX. 2016. № 7. С. 44-46.
22. Ferraz E. Pozzolanic activity of metakaolins by the French Standard of the modified Chapelle Test: A direct methodology. *Acta Geodynamica et Geomaterialia Aspects*. 2015. № 12. Pp. 289-298. DOI: 10.13168/AGG.2015.0026
23. Pontes J., Santos Silva A, Faria P. Evaluation of Pozzolanic Reactivity of Artificial Pozzolans. *Materials Science Forum*. 2013. V. 730-732. Pp. 433-438. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.730-732.433>.
24. Behnood A., Gharehveran M.M., Asl F.G., Ameri M. Effects of copper slag and recycled concrete aggregate on the properties of CIR mixes with bitumen emulsion, rice husk ash, Portland cement and fly ash. *Construction and Building Materials*. 2015. Vol. 96. Pp.172-180. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.08.021>.
25. Bahurudeen A., Wani K., Basit M.A., Santhanam M. Assesment of pozzolanic performance of sugarcane bagasse ash. *Journal of Materials in Civil Engineering*. 2015. Vol. 28(2). Pp. 81-95. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0001361](https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0001361).
26. Потапова Е.Н., Манушина А.С., Зырянов М.С., Урбанов А.В. Методы определения пуццолановой активности минеральных добавок // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2017. № (7-8). С. 29-33. https://doi.org/10.12737/article_5b6d58455b5832.12667511. (In Russian)
15. Vatin N.I., Petrosov D.V., Kalachev A.I., Lakhtinen P. The use of ashes and ash and slag waste in construction. *Inzhenerno-stroitel'nyy zhurnal* 2011. No. 4. Pp. 16-21. (In Russian)
16. Satish H. Sathawane, Vikrant S. Vairagade, Kavita S Kene. Combine Effect of Rice Husk Ash and Fly Ash on Concrete by 30% Cement Replacement. *Procedia Engineering* 51, 2013, Pp. 35 - 44. DOI: 10.1016/j.proeng.2013.01.009.
17. Tang Van Lam, Boris Bulgakov, Olga Aleksandrova, Oksana Larsen, Pham Ngoc Anh. Effect of rice husk ash and fly ash on the compressive strength of high-performance concrete. *E3S Web of Conferences* 33, 02030, 2018, 10 p, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20183302030>.
18. Van V.T.A., Röbber C., Bui D.D., Ludwig H.M. Rice husk ash as both pozzolanic admixture and internal curing agent in ultra-high performance concrete. *Cement and Concrete Composites*, 2014, Vol. 53, Pp. 270-278. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2014.07.015>.
19. Ngo Van Toan. Research on effect of rice husk ash and superplasticizer on the properties of mortar and concrete. *Journal of Construction Science and Technology*. Hanoi, 2013, No. 3+4, Pp. 41-51.
20. Habeeb G.A., Mahmud H.B. Study on properties of rice husk ash and its use as cement replacement material. *Materials research*. 2010 Vol. 13(2). Pp. 185-190. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-14392010000200011>.
21. Zyryanov M.S., Akhmetzhanov A.M., Manushina A.S., Potapova Ye.N. Determination of pozzolanic activity of metakaolin. *Uspekhi v khimii i khimicheskoy tekhnologii* Vol. XXX. 2016. No. 7. Pp. 44-46. (In Russian)
22. Ferraz E. Pozzolanic activity of metakaolins by the French Standard of the modified Chapelle Test: A direct methodology. *Acta Geodynamica et Geomaterialia Aspects*. 2015. No. 12. Pp. 289-298. DOI: 10.13168/AGG.2015.0026
23. Pontes J., Santos Silva A, Faria P. Evaluation of Pozzolanic Reactivity of Artificial Pozzolans. *Materials Science Forum*. 2013. V. 730-732. Pp. 433-438. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.730-732.433>.
24. Behnood A., Gharehveran M.M., Asl F.G., Ameri M. Effects of copper slag and recycled concrete aggregate on the properties of CIR mixes with bitumen emulsion, rice husk ash, Portland cement and fly ash. *Construction and Building Materials*. 2015. Vol. 96. Pp.172-180. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.08.021>.
25. Bahurudeen A., Wani K., Basit M.A., Santhanam M. Assesment of pozzolanic performance of sugarcane bagasse ash. *Journal of Materials in Civil Engineering*. 2015. Vol. 28(2). Pp. 81-95. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0001361](https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0001361).
26. Potapova Ye.N., Manushina A.S., Zyryanov M.S., Urbanov A.V. Methods for determining the pozzolanic activity of mineral additives. *Stroitel'nyye materialy, oborudovaniye, tekhnologii XXI veka* [2017. № (7-8). Pp. 29-33.

Танг Ван Лам – Ханойский горно-геологический университет, 18 Фо иен, Дык Тханг, Бак Ту Лиен, Ханой, Вьетнам, E-mail: lamvantang@gmail.com

Нгуен Зоан Тунг Лам – ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ»); 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

ABSTRACTS OF PAPERS PUBLISHED IN ISSUE

Pshenichny G.N. Studies of hardening of construction gypsum

Pshenichny G.N. Kuban State Technological University mitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia

The traditional scheme of building gypsum hardening, which involves the dissolution of the binder, chemical interaction of reagents, supersaturation of the pore fluid with new formations, precipitation and coalescence of crystals, does not reflect the essence of the real process. It is no secret: the hydration of gypsum is reversible, i.e. the hardened gypsum composite is technologically easy and simple to transfer to the initial binding state. As a consequence, we should not talk about the chemical, but only the physical nature of the interaction of reagents by adsorption binding of the solid phase to the associated liquid medium. The dynamics of a number of properties accompanying the hardening of the building gypsum, which logically fit into the hydration model presented in the article, is presented.

Keyword: construction gypsum, production, hydration, structure formation, hardening, volume deformations

Tang Van Lam, Nguyen Doan Tung Lam. Pozzolanic activity of fine mineral components of various nature of Vietnam

Tang Van Lam Hanoi University of Mining and Geology, 18 Pho Vien, Duc Thang, Bac Tu Liem, Ha Noi, Vietnam
Nguyen Doan Tung Lam NRU MGSU Moscow state University of civil engineering, Moscow, Russia

The article was compared the activities of blast furnace slag, natural pozzolan, low-calcium fly ash of the "Vung Ang" TPP, mechanically activated rice husk and silica fume silica SF-90 established by different methods for determining the pozzolanic activity of finely dispersed active mineral components.

Materials and Methods: blast furnace slag (BFS), natural pozzolan (PU), low-calcium fly ash (LCFA) of "Vung Ang" TPP, mechanically activated rice husk ash (RHA) and silica fume silica SF-90 (FS-90), as well as river quartz sand, were used. The following research methods were used: the shapes and sizes of particles of powdered raw materials were determined by laser granulometry, the pozzolanic activity of mineral additives was determined by absorption of a lime solution and by the French standard NF P18 - 513: 2010.

Results: determined pozzolanic activity of mineral additives by the method of absorption by the lime solution in 30 days respectively: BFS - 61 mg/g, PU - 102 mg/g, LCFA "Vung Ang" - 134 mg/g and RHA - 197 mg/g, and SF-90 - 326 mg/g. It was established that the amount of Ca (OH)₂ absorbed by the additives BFS, PU, LCFA "Vung Ang", RHA and SF-90, determined by the method of the French standard NF P18-513: 2010, in which the activity is determined for 16 hours, coincides with the amount of calcium hydroxide determined by the method of absorption by the lime solution for 30 days.

Conclusions: According to GOST R 56592-2015, mineral additives PU, LCFA "Vung Ang", RHA and SF-90 can be attributed to mineral additives with high pozzolanic activity, but BFS - with average pozzolanic activity.

Keywords: pozzolanic activity, amorphous silica oxide, natural pozzolan, rice husk ash, silica fume, ash and slag waste, mineral additive

Sarkisov Yu.S., Gorlenko N.P., Zubkova O.A., Sarkisov D.Yu. Particular qualities of the structure and properties of water in a liquid aggregate state

Sarkisov Yu.S., Gorlenko N.P., Zubkova O.A., Sarkisov D.Yu. Tomsk State University of Architecture and Building Russia

Water was and remains the most extraordinary substance on Earth. Until very recently, the structure and anomalous properties of water have caused heated discussions among both domestic and foreign scientists of different generations. This is due, first of all, to the complexity of the object of study, the ability of water, even with insignificant external influences, to easily pass from one metastable state to another. Of course, the state of water at the triple point on the phase diagram is of particular interest. In this regard, the paper considers the particular qualities in the pressure-temperature coordinates of some substances in the liquid state of aggregation. The authors hypothesized that all substances in a liquid state of aggregation should have common features, despite their original individuality. A universal feature that unites all possible aggregate states of water is the ability of the systems to smoothly transition from a homogeneous to a heterogeneous state. This transition from a single-phase to a two- or more phase system, that characterized by the appearance of a phase boundary under certain conditions, i.e., the formation of a dispersed system. It is especially noted in the work that until now, when analyzing the transitions of water from one state of aggregation to another, the time factor of the existence of a particular phase in an equilibrium or metastable state as well as the lifetime of the dispersed system were not taken into account. The explosive development of water sciences has led to the discovery of the unique properties of water in extreme conditions. For example, the ability of water not to freeze even with superdeep cooling, much lower than the freezing point of liquid nitrogen, or the experimentally proven fact that at -68 °C water acts as a mixture of two liquids of different densities, and others. Further advances in the study of the properties and conditions of water are inevitably associated with the convergence of natural sciences.

Keywords: Water, oil, liquid, state of aggregation, diagram, structure, loose, relay mechanism, rheology, viscosity, fluidity, dispersed system, phase boundary, time factor, extreme states, superdeep cooling, convergence

Zaitseva A.A., Zaitseva E.I., Samchenko S.V. Perspective heat insulation materials based on glass and liquid glass

Zaitseva A.A., Zaitseva E.I., Samchenko S.V. Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education «National Research Moscow State University of Civil Engineering». Moscow, Russia

Currently, foam glass and gas glass are widely used among inorganic heat-insulating materials. This article describes the possibility of producing aerated concrete using a low energy-intensive technology using technical glass breakage together with liquid glass. It is shown that finely ground unsorted breakage of technical glass with a specific surface area of 450, 500 and 550 m²/kg gives the necessary strength to aerated concrete. It has been established that the optimum is grinding to a specific surface area of 500-550 m²/kg, a finer grinding is irrational, because it does not lead to a significant increase in the surface of the particles. It is also shown that the use of only finely ground cullet in the composition of aerated concrete is not effective, since the density of the samples increases with a significant decrease in strength

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ СИЛИКАТОВ

Международный журнал
по вяжущим, керамике, стеклу и эмалям
Том 28, № 1

Издатель РХТУ им. Д. И. Менделеева

Редактор и корректор Т. В. Кузнецова
Верстка Н. Н. Морозова

Подп. к печ. 22.03.2021. Печ. л. 4,0. Усл. печ. л. 4,1. Формат 60x90/8
Печать офсетная. Заказ 15. Тираж 100 экз.
Отпечатано в типографии РХТУ им. Д. И. Менделеева
125047, Москва, Миусская пл., 9
