

УДК 691.335: 666.952

Халиуллин Марат Ильсурович

кандидат технических наук, доцент

E-mail: khaliullin@kgasu.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Файзрахманов Ильдар Идрисович

главный инженер проекта

E-mail: faizrakhmanov92@gmail.com

ООО «Земельная агропромышленная корпорация»

Адрес организации: 119435, Россия, г. Москва, Савиновская наб., д. 23, стр. 1

Влияние пластифицирующей добавки на состав композиционного гипсового вяжущего с применением термоактивированной глины

Аннотация

Постановка задачи. Целью настоящей работы явилось исследование влияния способов предварительной подготовки термоактивированной глины, являющейся пуццолановым компонентом при получении водостойких композиционных гипсовых вяжущих, а также эффекта механохимической активации, реализуемого при совместном помоле с добавкой пластификатора, на пуццоланическую активность и изменение необходимого количества пуццоланового компонента в составе композиционных гипсовых вяжущих.

Результаты. Установлено, что необходимое количество пуццоланового компонента в составе гипсоцементнопуццолановой композиции – термоактивированной глины при её помоле до удельных поверхностей 200-500 м²/кг совместно с добавкой пластификатора Melflux 2651 F уменьшается на 20-25 % по сравнению с применением термоактивированной глины, размолотой без введения пластификатора. Определено оптимальное количество пластификатора Melflux 2651 F, вводимого при помоле с термоактивированной глиной.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли заключается в том, что применение в технологии получения композиционных гипсовых вяжущих помолы термоактивированной глины до определенной дисперсности при введении добавки пластификатора за счет эффекта механохимической активации позволяет сокращать расход пуццоланового компонента в составе вяжущих или энергозатраты на помол.

Ключевые слова: пластифицирующие добавки, композиционное гипсовое вяжущее, гипсоцементнопуццолановая композиция, термоактивированная глина, водостойкость, механохимическая активация.

Введение

Гипсовые строительные материалы и изделия отличаются малой энергоемкостью и экономичностью в производстве, высокой экологичностью, широкой сырьевой базой. Недостатком традиционных гипсовых строительных материалов является низкая водостойкость и прочность, что ограничивает номенклатуру и области их применения.

В последнее десятилетие получили развитие разработки по исследованию влияния на свойства гипсовых композиций добавок пластификаторов на основе лигносульфонатов и их модифицированных разновидностей, сульфированных нафталин- и меламиноформальдегидных соединений и комплексов на их основе, суперпластификатора С-3 на базе продуктов поликонденсации нафталиносulфо-кислоты и формальдегида, на основе поликарбоксилатов [1-4]. Введение пластифицирующих добавок позволяет повысить плотность, прочность и водостойкость затвердевших композиций на базе гипсовых вяжущих. На основе проведенных исследований в развитие, ранее предложенных А.В. Волженским, А.В. Ферронской и другими учеными, принципов получения гипсоцементнопуццолановых вяжущих (ГЦПВ) были разработаны

водостойкие композиционные гипсовые вяжущие (КГВ) высокой прочности. КГВ получают смешиванием гипсового вяжущего с комплексом модифицирующих компонентов. В состав КГВ вводят портландцемент или известь, пуццоланически активные тонкодисперсные кремнеземсодержащие материалы (например, микрокремнезем, цеолитсодержащие породы, шлаки, зола, кварцевый песок, стеклобой, кирпич или керамический порошок, керамзитовая пыль и др.), пластификаторы, а также могут вводиться минеральные наполнители и другие функциональные добавки в определенном соотношении [5-7].

Эффективными и доступными пуццолановыми добавками для получения КГВ являются молотые термоактивированные глины (ТАГ), в том числе крупнотоннажный отход стройиндустрии – керамзитовая пыль [8]. При этом организация технологического процесса получения КГВ с применением в качестве пуццоланового компонента ТАГ может предусматривать следующие способы (рис. 1):

- смешение с другими отдозированными компонентами КГВ, включая добавку пластификатора в порошкообразном агрегатном состоянии, ТАГ, предварительно размолотой до требуемой степени дисперсности;
- смешение с другими компонентами КГВ ТАГ, предварительно размолотой до требуемой степени дисперсности совместно с отдозированной, в принятом для получения вяжущего, количестве добавкой пластификатора в порошкообразном агрегатном состоянии.

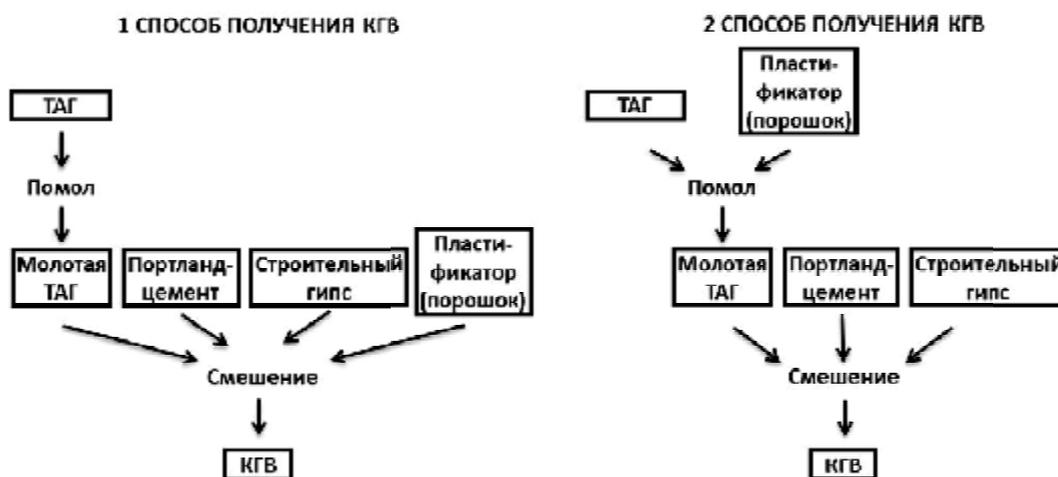


Рис. 1. Варианты способов организации технологического процесса получения КГВ (иллюстрация авторов)

Целью настоящей работы явилась оценка влияния способов предварительной подготовки ТАГ для получения КГВ с помолом до достижения определенной дисперсности без введения и при введении пластификатора в процессе помола, а также эффекта механохимической активации, реализуемого при совместном помоле с добавкой пластификатора, на пуццоланическую активность и, соответственно, изменение необходимого количества пуццоланового компонента в составе КГВ.

Материалы и методы

В качестве пуццоланового компонента в составе ГЦП композиции КГВ использовалась ТАГ Сарай-Чекурчинского месторождения, обожженная в течение 4 часов при $T=400\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Количественный химический состав исходной глины определялся с использованием ARL OPTUMX – спектрометра.

Химический состав глины включает: SiO_2 – 68,52; Al_2O_3 – 13,42; Fe_2O_3 – 6,18; TiO_2 – 0,86; MnO – 0,10; CaO – 1,33; MgO – 1,66; Na_2O – 1,20; K_2O – 1,82; P_2O_5 – 0,99; SO_3/S < 0,05; п.п.п. – 4,62; H_2O – 3,41 (все в % по массе).

Для определения минерального состава исходной глины проводился рентгенофазовый анализ с использованием дифрактометра D8 Advance (Breeker).

Минеральный состав глины включает: кварц – 28, слюда – 10, ортоклаз – 7, плагиоклаз – 8, смешанно-слоистый глинистый минерал, хлорид – 1 (все в % по массе). Смешанно-слоистый минерал содержит до 40 % неразбухающих слоев.

Гранулометрический состав включает: глинистые частицы – 49,5; пылеватые частицы – 37,1; песчаные частицы – 13,4 (содержание фракций в % по массе).

ТАГ подвергалась помолу в лабораторной планетарной мельнице до достижения удельных поверхностей 200, 350 и 500 м²/кг.

Для получения ГЦП композиции вместе с ТАГ использовались строительный гипс марки Г-5БП по ГОСТ 125 производства Волгоградского гипсового завода корпорации «Волма» и портландцемент производства АО «Мордовцемент» 500-Д0-Н по ГОСТ 10178.

Для проведения исследований использовалась добавка пластификатора Melflux 2651 F на поликарбоксилатной основе в порошкообразном состоянии (производитель BASF Constraction Polymers).

Определение необходимого количества ТАГ в составе ГЦП композиции осуществлялось по методике, разработанной в МИСИ им. В.В. Куйбышева.

Испытания КГВ выполнялись по ГОСТ 23789. После изготовления образцы искусственного камня 28 суток хранились в камере нормального твердения и, перед проведением испытаний, подвергались сушке при 55 °С до постоянной массы. Коэффициент размягчения определялся по ТУ 21-0284757.

Результаты и обсуждение результатов

На первом этапе работы было исследовано влияние количества, вводимой в состав ГЦП композиции, добавки пластификатора Melflux 2651 F на изменение показателей основных физико-механических свойств получаемого КГВ и искусственного камня на его основе (табл. 1).

Таблица 1

Влияние количества добавки пластификатора Melflux 2651 F на основные физико-механических свойств КГВ

№ составов	Количество добавки, %	Нормальная плотность, %	Средняя плотность, кг/м ³	Предел прочности при сжатии, МПа	Водопоглощение, %	Коэффициент размягчения
1	0	51	1380	19,2	24,5	0,72
2	0,25	36	1572	32,9	15,0	0,81
3	0,5	27	1858	41,0	9,9	0,86
4	0,75	26	1995	47,2	8,9	0,91
5	1	25	2016	47,5	8,4	0,92

Согласно результатам исследований, представленных в табл. 1, оптимальное количество добавки пластификатора Melflux 2651 F, вводимой в состав ГЦП композиции, составляет 0,5-0,75 % по массе. Введение оптимального количества добавки пластификатора, по сравнению с контрольным составом без введения пластификатора, позволяет снизить нормальную плотность ГЦП композиции на 24-25 %, обеспечивая в процессе твердения формирование искусственного камня с более плотной структурой, отличающегося повышением средней плотности на 35-45 % и снижением водопоглощения на 14,6-15,6 %, увеличением прочности при сжатии в 2,1-2,5 раза, коэффициента размягчения с 0,72 (гипсовые вяжущие повышенной водостойкости) до 0,86-0,91 (водостойкие гипсовые вяжущие). При увеличении содержания добавки пластификатора в составе ГЦП композиции от 0,75 до 1 % происходит дальнейшее незначительное повышение показателей основных физико-механических свойств КГВ.

На втором этапе работы исследовано влияние способов предварительной подготовки ТАГ для получения КГВ, заключающихся в помолу ТАГ, до достижения определенной дисперсности без введения и при введении добавки пластификатора Melflux 2651 F в процессе помолу на изменение необходимого количества пуццолановой добавки в составе ГЦП композиции (рис. 2-4).

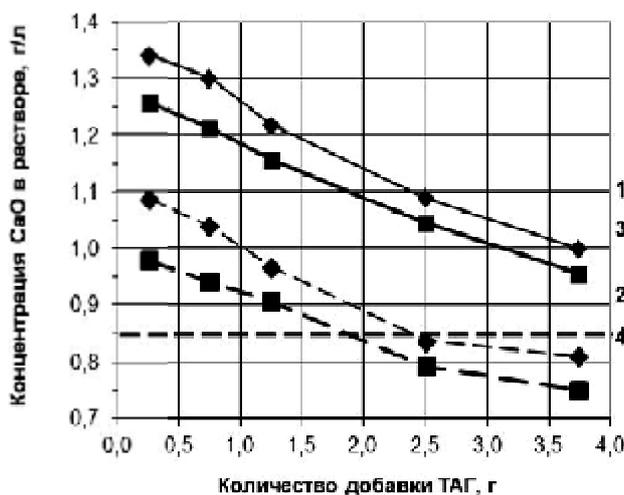


Рис. 2. Кинетика поглощения СаО добавкой ТАГ при удельной поверхности 150 м²/кг. Концентрация СаО в растворе препаратов: 1, 3 – в возрасте 5 суток; 2, 4 – в возрасте 7 суток. Способ предварительной подготовки ТАГ: 1, 2 – с помолом без введения пластификатора; 2, 3 – с помолом при введении пластификатора (иллюстрация авторов)

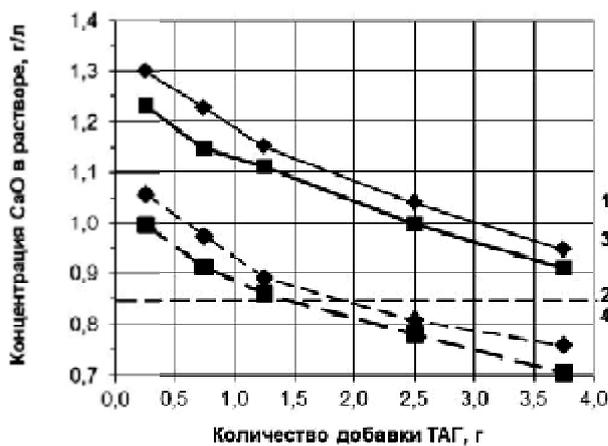


Рис. 3. Кинетика поглощения СаО добавкой ТАГ при удельной поверхности 300 м²/кг. Концентрация СаО в растворе препаратов: 1, 3 – в возрасте 5 суток; 2, 4 – в возрасте 7 суток. Способ предварительной подготовки ТАГ: 1, 2 – с помолом без введения пластификатора; 2, 3 – с помолом при введении пластификатора (иллюстрация авторов)

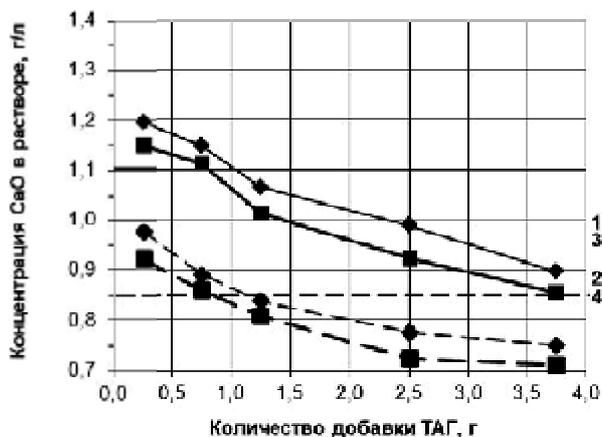


Рис. 4. Кинетика поглощения СаО добавкой ТАГ при удельной поверхности 500 м²/кг. Концентрация СаО в растворе препаратов: 1, 3 – в возрасте 5 суток; 2, 4 – в возрасте 7 суток. Способ предварительной подготовки ТАГ: 1, 2 – с помолом без введения пластификатора; 2, 3 – с помолом при введении пластификатора (иллюстрация авторов)

При индивидуальном помоле ТАГ, добавка пластификатора Melflux 2651 F вводилась в исследуемую составе ГЦП композицию при смешении компонентов. Для обоих вариантов на основании результатов вышеприведенных исследований вводилось оптимальное количество добавки пластификатора, составляющее 0,75 % от массы ГЦП композиции.

В результате проведенных исследований, результаты которых показаны на рис. 2-4, определены необходимые количества ТАГ в составе ГЦП композиции в зависимости от способа предварительной подготовки ТАГ для получения КГВ и достигнутой в процессе помола удельной поверхности пуццоланового компонента (табл. 2).

Таблица 2

**Влияние способа предварительной подготовки ТАГ для получения КГВ
на изменение необходимого количества пуццолановой добавки
в составе ГЦП композиции**

Удельная поверхность ТАГ, м ² /кг	Необходимое количество ТАГ, % от массы портландцемента в зависимости от способа предварительной подготовки ТАГ для получения КГВ	
	с помолом без введения пластификатора	с помолом при введении пластификатора
200	100	80
350	80	60
500	50	40
800	30	-

Согласно результатам исследований, представленным в табл. 2, необходимое количество ТАГ в составе ГЦП композиции при ее помоле до удельных поверхностей 200-500 м²/кг совместно с добавкой пластификатора уменьшается на 20-25 % по сравнению с применением ТАГ, размолотой без введения пластификатора. Это позволяет сокращать расход пуццоланового компонента в составе КГВ или энергозатраты на помол.

Увеличение пуццоланической активности ТАГ при помоле совместно с добавкой пластификатора, по аналогии с процессами, происходящими при получении вяжущих низкой водопотребности, вероятно, объясняется проявлением эффекта механохимической активации, способностью пластификатора, капсулированного на поверхности частиц молотого пуццоланового компонента, предотвращать их агрегирование и повышать равномерность их распределения в тесте при затворении КГВ водой [9, 10].

Заключение

При получении КГВ на основе ГЦП композиции с ТАГ в качестве пуццоланового компонента, более эффективным по сравнению со смешением предварительно подготовленных компонентов КГВ, является введение в состав КГВ ТАГ, размолотой совместно с пластифицирующей добавкой до требуемой удельной поверхности.

Необходимое количество пуццоланового компонента – ТАГ в составе ГЦП композиции, при помоле ТАГ до удельных поверхностей 200-500 м²/кг совместно с добавкой пластификатора Melflux 2651 F уменьшается на 20-25 % по сравнению с применением ТАГ, размолотой без введения пластификатора. Это позволяет сокращать расход пуццоланового компонента в составе КГВ или энергозатраты на помол.

Увеличение пуццоланической активности ТАГ при помоле совместно с добавкой пластификатора может объясняться проявлением эффекта механохимической активации, а также способностью добавки пластификатора, капсулированного на поверхности частиц молотого пуццоланового компонента, предотвращать их агрегирование и повышать равномерность их распределения в тесте вяжущего.

Оптимальное количество пластификатора Melflux 2651 F при совместном помоле с ТАГ составляет 0,5-0,75 % от массы ГЦП композиции, При этом достигается пластифицирующий эффект со снижением водопотребности КГВ на 24-25 %, повышение плотности затвердевшего искусственного камня на его основе на 35-45 %, снижение водопоглощения на 14,6-15,6 %, увеличение прочности при сжатии в 2,1-2,5 раза, коэффициент размягчения до 0,86-0,91 и соответствующего показателям водостойких гипсовых вяжущих.

Список библиографических ссылок

1. Петропавловская В. Б., Завадько М. Ю., Петропавловский К. С., Новиченкова Т. Б., Бурьянов А. Ф. Применение пластификаторов в модифицированных гипсовых композитах // *Строительные материалы*. 2019. № 1-2. С. 28–35.
2. Ибрагимов Р. А., Королев Е. В., Дебердеев Т. Р. Влияние пластификаторов на свойства гипсовых вяжущих, активированных в аппаратах вихревого слоя // *Вестник МГСУ*. 2019. Т. 14. Вып. 3. С. 293–300.
3. Морозова Н. Н., Кузнецова Г. В., Майсурадзе Н. В., Ахтариев Р. Р., Абдрашитова Л. Р., Низамутдинова Э. Р. Исследование активности пуццоланового компонента и суперпластификатора для гипсоцементно-пуццоланового вяжущего белого цвета // *Строительные материалы*. 2018. № 8. С. 26–30.
4. Mukhametrakhimov R. K., Galautdinov A. R. Set-retarding plasticizers for improving the effectiveness of gypsum-cement-pozzolan binders // *ZKG International*. 2018. № 11. P. 52–57.
5. Bazhenov Y. M., Zagorodnjuk L. N., Lesovik V. S., Yerofeyeva I. V., Chernysheva N. V., Sumskey D. A. Concerning the role of mineral additives in composite binder content // *International Journal of Pharmacy and Technology*. 2016. Т. 8. № 4. P. 22649–22661.
6. Токарев Ю. В., Гинчицкий Е. О., Гинчицкая Ю. Н., Гордина А. Ф., Яковлев Г. И. Влияние комплекса добавок на свойства и структуру гипсового вяжущего // *Строительные материалы*. 2016. № 1-2. С. 84–89.
7. Белов В. В., Бурьянов А. Ф., Яковлев Г. И., Петропавловская В. Б., Фишер Х.-Б., Маева И. С., Новиченкова Т. Б. Модификация структуры и свойств строительных композитов на основе сульфата кальция. М. : Де Нова, 2012. 196 с.
8. Khaliullin M. I., Rakhimov R. Z., Faizrakhmanov I. I. The influence of thermally activated clay additives on the properties of composite gypsum binder // *ZKG International*. 2017. № 5. P. 58–63.
9. Кузьмина В. П. Механохимия в бетоне. М. : АСВ, 2013. 414 с.
10. Калашников В. И., Мороз М. Н., Тараканов О. В., Калашников Д. В., Суздальцев О. В. Новые представления о механизме действия суперпластификаторов, совместно размолотых с цементом или минеральными породами // *Строительные материалы*. 2014. № 9. С. 70–75.

Khaliullin Marat Isurovich

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: khaliullin@kgasu.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Faizrakhmanov Ildar Idrisovich

chief project engineer

E-mail: faizrakhmanov92@gmail.com

LLC «Zemelnaya agropromyshlennaya korporaciya»

The organization address: 119435, Russia, Moscow, Savinovskaya nab., 23, b. 1

The effect of ground limestone on the properties of a composite gypsum binder using thermally activated clay as a pozzolan component**Abstract**

Problem statement. The purpose of this work was to study the influence of methods of preliminary preparation of thermally activated clay, which is a pozzolan component in the preparation of water-resistant composite gypsum binders, as well as the effect of mechanochemical activation in the joint grinding of thermally activated clay with the addition of a plasticizer on the pozzolanic activity and the change in the required number of pozzolanic component in the composition of composite gypsum binders.

Results. It is established that the required amount of thermally activated clay in the composition of gypsum-cement-pozzolan composition at its grinding to specific surfaces of 200-500 m²/kg together with the addition of the Melflux 2651 F plasticizer decreases by 20-25 % compared with the use of thermally activated clay ground without the introduction of a plasticizer. The optimal amount of Melflux 2651 F plasticizer introduced during grinding with thermally activated clay was established.

Conclusions. The significance of the results for the construction industry lies in the fact that the application of the technology of production of composite gypsum binders thermoactivating grinding clay to a dispersion with the introduction of additives of a plasticizer due to the effect of mechanical activation allows to reduce the consumption of pozzolanic component in the composition of the binder or the energy consumption for grinding.

Keywords: plasticizer, composite gypsum binder, gypsum-cement-pozzolan composition, thermally activated clay, water resistance, mechanochemical activation.

References

1. Petropavlovskaya V. B., Zavadko M. Yu., Petropavlovskii K. S., Novichenkova T. B., Buryanov A. F. The Use of Plasticizers in Modified Gypsum Composites // *Stroitelnye materialy*. 2019. № 1-2. P. 28–35.
2. Ibragimov R. A., Korolev E. V., Deberdeev T. R. The influence of plasticizers on the properties of gypsum binders activated in vortex layer apparatus // *Vestnik MGSU*. 2019. T. 14. Issue 3. P. 293–300.
3. Morozova N. N., Kuznetsova G. V., Maysuradze N. V., Akhtariev R. R., Abdrashitova L. R., Nizamutdinova E. R. Research in the activity of a pozzolanic component and superplasticizer for gypsum cement pozzolanic binder of white colour (GCPB) // *Stroitelnye materialy*. 2018. № 8. P. 26–30.
4. Mukhametrakhimov R. K., Galautdinov A. R. Set-retarding plasticizers for improving the effectiveness of gypsum-cement-pozzolan binders // *ZKG International*. 2018. № 11. P. 52–57.
5. Bazhenov Yu. M., Zagorodnjuk L. H., Lesovik V. S., Yerofeyeva I. V., Chernysheva N. V., Sumskey D. A. Concerning the role of mineral additives in composite binder content // *International Journal of Pharmacy and Technology*. 2016. V. 8. № 4. P. 22649–22661.
6. Tokarev Yu. V., Ginchitsky E. O., Ginchitskaya Yu. N., Gordina A. F., Yakovlev G. I. Influence of additive complex onto the properties and structure of gypsum binder // *Stroitelnye materialy*. 2016. № 1-2. P. 84–87.
7. Belov V. V., Buryanov A. F., Yakovlev G. I., Petropavlovskaya V. B., Fisher H.-B., Maeva I. S., Novichenkova T. B. Modification of the structure and properties of building composites based on calcium sulfate. M. : De Nova, 2012. 196 p.
8. Khaliullin M. I., Rakhimov R. Z., Faizrakhmanov I. I. The influence of thermally activated clay additives on the properties of composite gypsum binder // *ZKG International*. 2017. № 5. P. 58–63.
9. Kuzmina V. P. Mechanical chemistry in concrete. M. : ASV, 2013. 414 p.
10. Kalashnikov V. I., Moroz M. N., Tarakanov O. V., Kalashnikov D. V., Suzdaltsev O. V. New ideas about action mechanism of superplasticizers grinded jointly with cement or mineral rocks // *Stroitelnye materialy*. 2014. № 9. P. 70–75.