

УДК 666.952: 691.54

**Гайфуллин А.Р.** – ассистент

E-mail: [gaifi@list.ru](mailto:gaifi@list.ru)

**Халиуллин М.И.** – кандидат технических наук, доцент

**Рахимов Р.З.** – доктор технических наук, профессор

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

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

### **Строительный гипс с добавками керамзитовой пыли**

#### **Аннотация**

Установлены зависимости, характеризующие влияние добавок молотой керамзитовой пыли различного состава и удельной поверхности на основные физико-технические свойства строительного гипса. Установлено, что эффективность добавки молотой керамзитовой пыли при ее введении в строительный гипс возрастает при снижении содержания в ее составе недегидратированной глины от 14,1 до 9,5 %. Разработаны составы экономичных гипсокерамзитовых вяжущих, в которых от 20 до 30 % строительного гипса заменено на отход производства стройиндустрии – молотую керамзитовую пыль без существенного снижения физико-технических показателей.

**Ключевые слова:** керамзитовая пыль, строительный гипс, искусственный камень, эффект стерического стеснения, недегидратированная глина.

#### **Введение**

Решение проблемы обеспечения «устойчивого развития» с точки зрения ресурсо-, энергосбережения и экологии связано с расширением производства строительных материалов на основе и с применением техногенных отходов, а также побочных продуктов различных отраслей промышленности [1]. В частности, одним из развиваемых направлений является снижение потребления природного сырья для производства вяжущих веществ при введении в их состав наполнителей техногенного происхождения [2]. К многотоннажным отходам промышленности строительных материалов относится керамзитовая пыль, ежедневные объемы образования которой на каждом керамзитовом заводе составляют 7-8 т.

Целью настоящей работы являлись исследования влияния керамзитовой пыли различного минерального состава и тонкости помола на свойства строительного гипса.

#### **Методы и материалы**

При проведении работы применялся строительный гипс Г5АII производства ООО «Аракчинский гипс» по ГОСТ 125-79.

В состав исходного строительного гипса вводились добавки предварительно размолотой до удельных поверхностей 250, 500 и 800 м<sup>2</sup>/кг керамзитовой пыли, отобранной в системах пылеочистки цехов по производству керамзитового гравия: с циклонов пылеочистки Нижнекамского ООО «Камэнергостройпром» (проба КП-1) и с фильтров пылеочистки того же предприятия (проба КП-2); с циклонов пылеочистки Казанского завода керамзитового гравия ОАО «Татстрой» (проба КП-3); с циклонов пылеочистки ООО «Уфимская гипсовая компания» (проба КП-4).

Испытания гипсовых вяжущих осуществлялись по ГОСТ 125-79, образцы гипсового камня испытывались на прочность в возрасте 28 сут. с последующим высушиванием до постоянной массы. Определение коэффициента размягчения осуществлялось по ТУ 21-0284757-90.

#### **Результаты и обсуждение результатов**

Проведенными исследованиями установлено, что отобранные пробы керамзитовой пыли различаются по химическому, минеральному, фазовому и гранулометрическому составам. Результаты исследований показывают, что керамзитовая пыль представляет

собой термоактивированную глину, в состав которой входит определенное количество негидратированной глины и дегидратированных глинистых минералов с кристаллическими решетками различного уровня дефектности.

Анализ содержания в пробах керамзитовой пыли глинистых частиц, выполненный методом набухания по ГОСТ 8735-88, выявил, что содержание негидратированной глины в пробах КП-1, КП-2, КП-3 и КП-4 составляет, соответственно, 9,5; 11,3; 12,5 и 14,1 %.

Глинистые примеси по отношению к продуктам низкотемпературного обжига гипсовых пород являются химически инертными [3-5]. Вместе с тем, известно, что любые минеральные добавки влияют на структурообразование камня твердеющего вяжущего [2, 6-9]. В соответствии с этими представлениями минеральные добавки целесообразно подразделять на физически активные и физико-химические активные. Первые участвуют в формировании структуры и свойств камня вяжущего без химического взаимодействия с ним и образования дополнительных продуктов с вяжущими свойствами; вторые вступают в химическое взаимодействие с продуктами гидратации вяжущего с образованием продуктов, проявляющих вяжущие свойства.

На рисунках 1 и 2 приведены результаты исследований влияния количества вводимых в состав строительного гипса добавок керамзитовой пыли различного минерального состава при удельной поверхности 250 м<sup>2</sup>/кг и 800 м<sup>2</sup>/кг на прочность при сжатии искусственного камня.

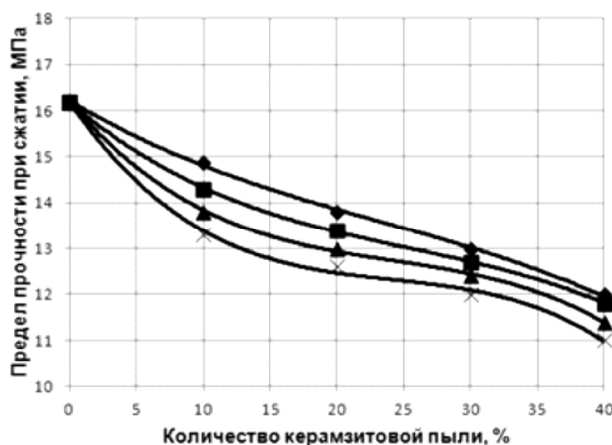


Рис. 1. Зависимость прочности камня строительного гипса от количества добавок молотой керамзитовой пыли различного минерального состава при удельной поверхности 250 м<sup>2</sup>/кг: ◆ – КП-1; ■ – КП-2; ▲ – КП-3; х – КП-4

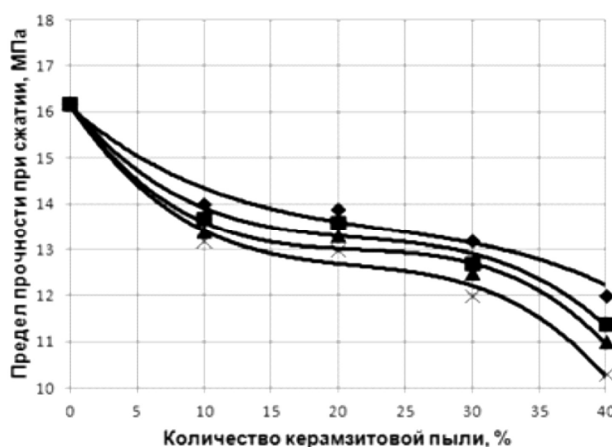


Рис. 2. Зависимость прочности камня строительного гипса от количества добавок молотой керамзитовой пыли различного минерального состава при удельной поверхности 800 м<sup>2</sup>/кг: ◆ – КП-1; ■ – КП-2; ▲ – КП-3; х – КП-4

Подобными приведенными на рисунках 1 и 2 закономерностями описываются и изменения прочности искусственного камня на основе строительного гипса при введении в его состав различного количества керамзитовой пыли с удельной поверхностью 500 м<sup>2</sup>/кг.

Таким образом, анализ приведенных данных исследований показывает, что характер изменения прочности искусственного камня на основе строительного гипса от количества вводимых добавок керамзитовой пыли различного минерального состава и дисперсности описывается подобными закономерностями. При введении до 10 % добавок прочность строительного камня снижается на 9,4-15,8 %. Дальнейшее увеличение количества вводимых добавок до 20-30 % приводит к снижению динамики уменьшения прочности. Дальнейшее увеличение количества вводимых добавок до 40-50 % приводит к значительному снижению прочности искусственного камня на 35 % и более.

Динамика изменения прочности образцов в зависимости от количества вводимых добавок молотой керамзитовой пыли в пределах от 10 % до 20-30 % объясняется эффектом стерического стеснения, когда определенный объем наполнителя участвует в образовании каркаса в сочетании с частицами вяжущего. Подобный механизм влияния инертных наполнителей на свойства камня на основе различных вяжущих описан в работах В.И. Соломатова и Л.И. Дворкина [8].

Стерический эффект влияния добавок молотой керамзитовой пыли, отражающийся на динамике изменении прочности, проявляется при снижении ее содержания в составе вяжущего от 30 до 20 % с увеличением степени помола до удельной поверхности от 250 до 800 м<sup>2</sup>/кг.

Сравнение зависимостей влияния добавок керамзитовой пыли различного состава показывает, что увеличение в составе добавок содержания недегидратированной глины приводит к большему снижению прочности искусственного камня.

Анализ полученных закономерностей влияния добавок молотой керамзитовой пыли с различной удельной поверхностью на прочность искусственного камня на основе строительного гипса позволил установить, что в наименьшей степени снижение его прочности наблюдается при удельной поверхности молотой керамзитовой пыли 500 м<sup>2</sup>/кг.

В таблице 1 приведены результаты исследований влияния количества и удельной поверхности добавок молотой керамзитовой пыли на нормальную плотность и сроки схватывания строительного гипса.

Таблица 1

**Влияние количества и удельной поверхности добавок молотой керамзитовой пыли на нормальную плотность и сроки схватывания строительного гипса**

Вид добавки	Содержание добавки	Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /кг								
		250			500			800		
		Нормальная плотность	Сроки схватывания мин.-с.		Нормальная плотность	Сроки схватывания мин.-с.		Нормальная плотность	Сроки схватывания мин.-с.	
			начало	конец		начало	конец		начало	конец
-	0	53	5-00	8-00	53	5-00	8-00	53	5-00	8-00
КП-1	10	53	5-15	8-20	54	5-30	8-40	55	5-40	8-55
	20	54	5-30	8-50	55	5-50	9-20	56	6-05	9-40
	30	55	6-00	9-50	56	6-20	10-10	57	6-40	10-30
КП-2	10	54	6-20	8-45	55	6-40	8-15	56	7-00	9-10
	20	55	6-35	9-20	57	6-50	9-00	58	7-10	9-30
	30	57	6-50	10-10	58	7-10	10-30	60	7-40	10-00
КП-3	10	55	6-35	9-00	56	7-50	9-20	58	8-10	9-40
	20	56	6-50	9-35	57	8-10	9-50	59	8-35	10-25
	30	58	7-10	10-25	59	8-25	10-40	61	8-50	11-05
КП-4	10	55	6-50	9-15	57	8-10	10-20	59	8-30	10-35
	20	57	7-10	9-50	58	8-40	10-40	60	8-45	11-00
	30	59	7-30	10-40	60	9-00	11-00	62	9-20	11-30

Анализ приведенных в таблице 1 данных исследований показывает, что нормальная густота и сроки схватывания теста строительного гипса возрастают пропорционально увеличению количества вводимых в его состав добавок молотой керамзитовой пыли и содержанию в составе керамзитовой пыли недегидратированной глины. При введении до 30 % добавок молотой керамзитовой пыли и изменении содержания в ее составе недегидратированной глины от 9,5 до 14,1 % нормальная густота строительного гипса возрастает с 53 до 62 %, начало схватывания увеличивается с 5 минут до 9 минут 20 секунд, а конец схватывания – с 8 минут до 11 минут 30 секунд.

Возрастание нормальной густоты теста строительного гипса при введении добавок молотой керамзитовой пыли объясняется тем, что имеющая пористую структуру керамзитовая пыль увеличивает водопотребность вяжущего.

В таблице 2 приведены результаты исследований влияния количества и удельной поверхности добавок молотой керамзитовой пыли на коэффициент размягчения искусственного камня на основе строительного гипса.

Таблица 2

**Влияние количества и удельной поверхности добавок молотой керамзитовой пыли на коэффициент размягчения искусственного камня на основе строительного гипса**

Вид добавки	Количество добавки, %	Коэффициент размягчения при удельной поверхности добавки, м <sup>2</sup> /кг		
		250	500	800
-	0	0,33	0,33	0,33
КП-1	10	0,34	0,33	0,32
	20	0,33	0,31	0,30
	30	0,31	0,29	0,28
КП-2	10	0,32	0,31	0,29
	20	0,30	0,29	0,27
	30	0,28	0,27	0,26
КП-3	10	0,30	0,29	0,28
	20	0,29	0,28	0,26
	30	0,27	0,26	0,25
КП-4	10	0,29	0,27	0,26
	20	0,27	0,26	0,24
	30	0,25	0,24	0,23

Анализ приведенных в таблице 2 результатов исследований показал, что коэффициент размягчения искусственного камня на основе строительного гипса при введении в его состав до 30 % добавок молотой керамзитовой пыли с удельной поверхностью от 250 до 800 м<sup>2</sup>/кг и содержанием в ней недегидратированной глины от 9,5 до 14,1 % снижается с 0,33 до 0,23.

Разновидности бездобавочного строительного гипса характеризуются прочностью при сжатии камня в 28-суточном возрасте в сухом состоянии от 10 до 18 МПа [10].

Приведенные выше результаты исследований показывают, что, несмотря на некоторое снижение прочности камня строительного гипса, при добавках до 20-30 % молотой керамзитовой пыли, полученное гипсокерамзитовое вяжущее может применяться для производства на его основе различных строительных материалов для эксплуатации в помещениях с влажностью до 60 %, наряду с бездобавочным строительным гипсом.

### Заключение

Таким образом, в результате проведенных исследований получены зависимости, характеризующие влияние добавок молотой керамзитовой пыли различного состава и удельной поверхности на основные физико-технические свойства строительного гипса. Установлено, что введение в состав строительного гипса добавок молотой керамзитовой пыли различного состава при удельной поверхности в пределах 250-800 м<sup>2</sup>/кг в количестве 20-30 % по массе, вследствие проявления эффекта стерического стеснения,

приводит к некоторому снижению прочности при сжатии искусственного камня на основе гипсового вяжущего с 16,2 МПа до 14,3-11,8 МПа и коэффициента размягчения с 0,35 до 0,31-0,23, что позволяет использовать полученное гипсокерамзитовое вяжущее наравне с бездобавочным строительным гипсом. На основе разработанного гипсокерамзитового вяжущего могут изготавливаться сухие строительные смеси, стеновые камни, другие материалы и изделия, которые наравне с аналогами на основе более дорогостоящего в производстве бездобавочного строительного гипса могут применяться для эксплуатации в помещениях с влажностью до 60 %.

### Список литературы

1. Будущее мировой экономики. Доклад группы экспертов ООН во главе с В. Леонтьевым: Сб. докладов / Под ред. В. Леонтьева. – М.: Международные отношения, 1979. – 212 с.
2. Рахимов Р.З., Рахимова Н.Р. Научные, экспериментальные, технико-экономические и технологические предпосылки управления структурой и свойствами наполненных искусственных строительных композиционных материалов // Градостроительство, 2011, № 3 (13). – С. 73-79.
3. Будников П.П. Гипс, его исследование и применение. – М.: Госстройиздат, 1943. – 373 с.
4. Баженов Ю.М., Коровяков В.Д., Денисов Г.А. Технология сухих строительных смесей. – М.: Изд-во АСВ, 2003. – 96 с.
5. Лесовик В.С., Погорелов С.А., Строкова В.В. Гипсовые вяжущие материалы и изделия. Учебное пособие. – Белгород: Изд-во БелГТАСМ, 2000. – 224 с.
6. Мчедлов-Петросян О.П. Химия неорганических строительных материалов. – М.: Стройиздат, 1988. – 304 с.
7. Ребиндер П.А. Физико-химическая механика дисперсных структур. – М.: Наука, 1968. – 384 с.
8. Дворкин Л.И., Соломатов В.И., Выровой В.Н., Чудновский С.М. Цементные бетоны с минеральными наполнителями. – К.: Будивельник, 1996. – 136 с.
9. Гаркави М.С., Фетисова Л.А., Шумова Л.В. и др. Активация структурообразования при твердении вяжущих веществ // Десятые академические чтения РААСН «Достижения, проблемы и направления развития теории и практики строительного материаловедения». – Пенза-Казань: КГАСУ, 2006. – С. 144-145.
10. Ферронская А.В. Гипсовые материалы и изделия (производство и применение). Справочник. – М.: Изд-во АСВ, 2004. – 488 с.

**Gaifullin A.R.** – assistant

E-mail: [gaifi@list.ru](mailto:gaifi@list.ru)

**Khaliullin M.I.** – candidate of technical sciences, associate professor

**Rachimov R.Z.** – doctor of technical science, professor

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

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

### Gypsum binder with additives of a haydite dust

#### Resume

In this work dependences of the main properties of gypsum binder on the contents, mineral structure and a subtlety of a grinding of additives of a haydite dust are received. It is established that introduction of additives of a haydite dust of various mineral structure and dispersion in quantity to 20-30 % doesn't cause essential decrease in the physical – technical indicators of gypsum binder. This phenomenon is explained by the effect of the steric constraint. It is established that decrease in the contents of a haydite dust the undehydrate clay with 14,1 to 9,5 % leads to increase of efficiency of a haydite dust as an additive in gypsum

binder. The carried-out researches allowed to develop structures economic gypsum binder with the contents to 30 % of a ground haydite dust at its optimum specific surface of 500 m<sup>2</sup>/kg. Thus essential decrease in physical-technical indicators of the gypsum binder doesn't occur.

**Keywords:** haydite dust, gypsum binder, artificial stone, undehydrate clay, effect of the steric constraint.

### References

1. Future of world economy. The report of a group of experts of the United Nations led by V. Leontyev: The collection of reports / Under V. Leontyev's edition. – M.: International relations, 1979. – 212 p.
2. Rakhimov R.Z., Rakhimova N.R. Scientific, experimental, technical economic and technological preconditions of management of structure and properties of the filled artificial construction composite materials // Town building, 2011, № 3 (13). – P. 73-79.
3. Budnikov P.P. Gypsum, its research and application. – M.: Stroyizdat, 1943. – 373 p.
4. Bazhenov Yu.M., Korovjakov V.F., Denisov G.A. Technology of dry construction mixes. – M.: Publishers ASV, 2003. – 96 p.
5. Lesovik V.S., Pogorelov S.A., Strokovaya V.V. Gypsum binder materials and products. Tutorial. – Belgorod: BelGTASM, 2000. – 224 p.
6. Mchedlov-Petrosyan O.P. Chemistry of inorganic construction materials. – M.: Stroyizdat, 1988. – 304 p.
7. Rebinder P. A. Physical and chemical mechanics of disperse structures. – M.: Science, 1968. – 384 p.
8. Dvorkin L.I., Solomatov V.I., Vyrovoy V.N., Chudnovsky S.M. Cement concrete with mineral fillers. – K.: Budivel'nik, 1996. – 136 p.
9. Garkavi M.S., Fetisov L.A., Shumova L.V. Structurization activation at a tverdeniye of binders substances // Tenth academic readings RAASN «Achievements, problems and the directions of development of the theory and practice of construction materials science». Penza-Kazan: KSUAE, 2006. – P.144-145.
10. Ferronskaja A.V. Gypsum materials and products (production and application). Reference book. – M.: Publishers ASV, 2004. – 488 p.