

УДК 666.913.2: 691.54

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

E-mail: khaliullin@kgasu.ru

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

**Гайфуллин А.Р.** – ассистент

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

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

### **Композиционные гипсовые вяжущие с добавками извести, керамзитовой пыли и суперпластификаторов**

#### **Аннотация**

Исследовано влияние на физико-технические свойства строительного гипса совместного введения добавок извести, молотой керамзитовой пыли, некоторых отечественных и зарубежных суперпластификаторов различной химической природы. Установлены зависимости, характеризующие влияние количества и вида суперпластификаторов на основные физико-технические свойства вяжущего. Разработаны составы экономичных композиционных гипсовых вяжущих с повышенными показателями физико-технических свойств, в том числе водостойкостью, для получения штукатурных, монтажных и напольных растворов и низкомарочных бетонов.

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

#### **Введение**

Одним из направлений решения проблемы обеспечения «устойчивого развития» строительной индустрии в части ресурсо-, энергосбережения и экологии является расширение разработок и производства строительных материалов на основе и с использованием отходов различных отраслей промышленности [1, 2]. Одной из разновидностей отходов промышленности строительных материалов является керамзитовая пыль, которая ежесуточно образуется на каждом предприятии по производству керамзитового гравия в объеме 7-8 т [3]. Рациональное ее использование как активной минеральной добавки к вяжущим, растворам и бетонам является актуальным. Материалы на основе строительного гипса, по сравнению с цементными, отличаются низкими показателями прочности и водостойкости. Известно [4, 5], что эти показатели существенно повышаются при введении в состав строительного гипса добавок извести и активных минеральных добавок. В ряде работ [6, 7] показана эффективность использования при этом в качестве активной минеральной добавки керамзитовой пыли. Однако в большинстве этих работ не указывается состав и дисперсность принятых при исследованиях разновидностей керамзитовой пыли.

В настоящей работе представлены результаты исследований влияния различных суперпластификаторов на свойства теста и камня композиционного гипсового вяжущего с добавками извести и керамзитовой пыли.

#### **Методы и материалы**

При выполнении исследований были использованы следующие материалы:

- строительный гипс Г-БП производства ООО «Аракчинский гипс» по ГОСТ 125;
- керамзитовая пыль с циклонов пылеочистки цеха керамзитового гравия ООО «Камэнергостройпром» (г. Нижнекамск);
- строительная известь второго сорта производства ООО «Казанский завод силикатных стеновых материалов» по ГОСТ 9179;
- суперпластификаторы: С-3, Полипласт СП-1ВП, Полипласт СП-3, MELMENT® F15G.

Исследования состава и гидравлической активности керамзитовой пыли позволили установить следующее.

Химический состав керамзитовой пыли (% по массе):  $\text{SiO}_2$  – 59,12;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 17,85;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 9,7;  $\text{CaO}$  – 1,74;  $\text{MgO}$  – 3,01;  $\text{K}_2\text{O}$  – 2,26;  $\text{TiO}_2$  – 0,92;  $\text{SO}_3$  – 0,93;  $\text{Na}_2\text{O}$  – 0,81;  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 0,22;  $\text{MnO}$  – 0,2; потери при прокаливании – 3,05.

Минеральный и фазовый состав керамзитовой пыли (% по массе): дегидратированные глинистые минералы (гидрослюдя, монтмориллонит) – 58; рентгеноаморфная фаза – 27; кварц – 15; полевые шпаты – 5; ангидрит – 3.

Установлено, что керамзитовая пыль представляет собой активированную глину, в состав которой входит определенное количество недегидратированной глины и дегидратированных глинистых минералов с кристаллическими решетками различного уровня дефектности.

Анализом методом набухания установлено, что керамзитовая пыль содержит 9,5 % недегидратированной глины.

Гранулометрический состав исходной пробы керамзитовой пыли характеризуется остатками на ситах с размерами отверстий в мм (% по массе): 1 – 26,71; 0,63 – 26,66; 0,5 – 8,21; 0,315 – 11,58; 0,2 – 11,41; 0,1 – 11,65; 0,05 – 3,48; менее 0,05 – 0,3.

Гидравлическая активность исходной пробы керамзитовой пыли по поглощению CaO составила 130 мг/г.

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.

### Результаты и обсуждение результатов

Предварительно были проведены исследования влияния на свойства строительного гипса содержания добавок извести и керамзитовой пыли, молотой до удельной поверхности 250 м<sup>2</sup>/кг, 500 м<sup>2</sup>/кг и 800 м<sup>2</sup>/кг, которая имела гидравлическую активность по поглощению CaO, соответственно: 336, 462 и 477 мг/г.

В результате проведенных исследований было установлено, что композиционное вяжущее состава (% по массе): строительный гипс – 75; керамзитовая пыль с удельной поверхностью 500 м<sup>2</sup>/кг – 20; известь – 5 – обладает наиболее высокими показателями предела прочности при сжатии – 17,3 МПа и коэффициента размягчения – 0,68.

В табл. 1 и на рис. 1-3 приведены результаты исследований влияния суперпластификаторов С-3, Полипласт СП-1ВП, Полипласт СП-3, MELMENT® F15G на сроки схватывания, нормальную густоту теста, а также среднюю плотность, предел прочности при сжатии и коэффициент размягчения камня вяжущего вышеуказанного оптимального состава.

Таблица 1

#### Влияние содержания суперпластификатора на свойства композиционного гипсового вяжущего с добавками 5 % извести и 20 % керамзитовой пыли

Добавка	Количество добавки, %	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Сроки схватывания, мин. – с.	
			начало	конец
C-3	1	2	3	4 5
	-	0	1355	8-00 12-00
		0,25	1470	8-30 12-20
		0,5	1530	9-00 12-45
		0,75	1580	9-25 13-05
		1	1650	10-00 13-40
		1,5	1570	10-50 15-00
СП-1ВП		0,25	1490	8-40 12-15
		0,5	1550	9-00 12-30
		0,75	1600	9-30 12-50
		1	1670	9-50 13-25
		1,5	1580	10-20 15-00
СП-3	1	2	3	4 5
		0,25	1460	8-35 12-40
		0,5	1500	8-30 13-00
		0,75	1560	8-50 13-30
		1	1630	9-15 13-50
Mlement F15G		1,5	1560	10-20 14-40
		0,25	1500	8-15 12-20
		0,5	1570	8-40 12-50
		0,75	1610	9-00 13-15
		1	1670	9-30 14-00
		1,5	1600	9-50 16-00

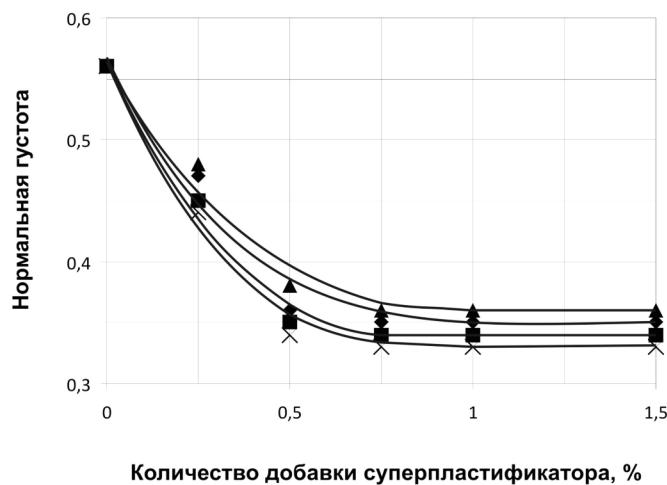


Рис. 1. Влияние количества добавок суперпластификаторов на нормальную густоту композиционного гипсового вяжущего с добавками 5 % извести и 20 % керамзитовой пыли:  
 ◆ – C-3; ■ – Полипласт СП-1ВП; ▲ – Полипласт СП-3; x – Melment F15G

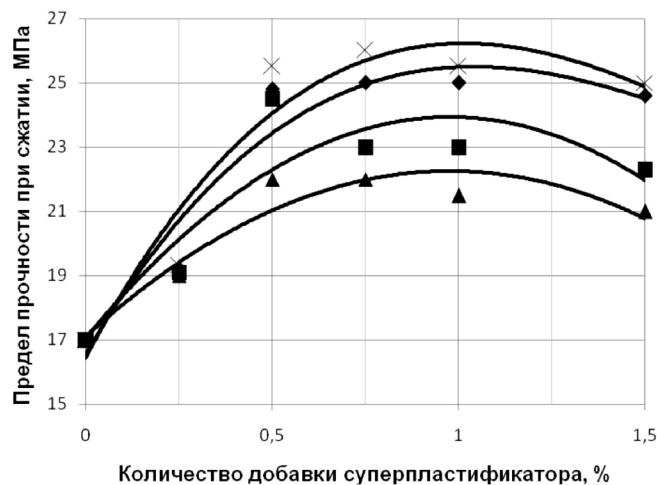


Рис. 2. Влияние количества добавок суперпластификаторов на прочность камня композиционного гипсового вяжущего с добавками 5 % извести и 20 % керамзитовой пыли:  
 ◆ – C-3; ■ – Полипласт СП-1ВП; ▲ – Полипласт СП-3; x – Melment F15G

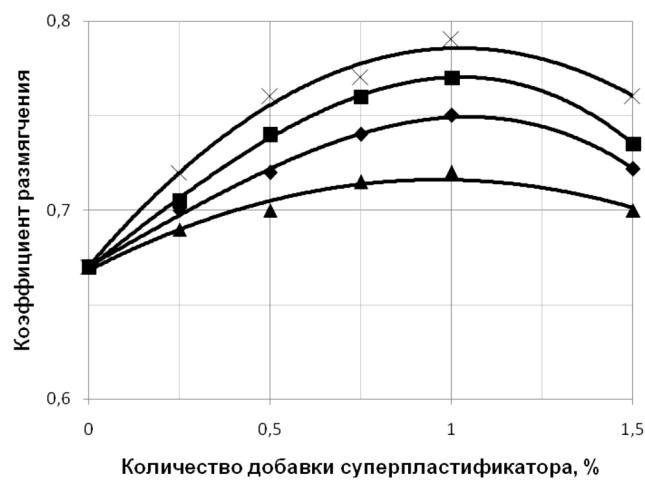


Рис. 3. Влияние количества добавок суперпластификаторов на коэффициент размягчения камня композиционного гипсового вяжущего с добавками 5 % извести и 20 % керамзитовой пыли:  
 ◆ – C-3; ■ – Полипласт СП-1ВП; ▲ – Полипласт СП-3; x – Melment F15G

В табл. 2 приведены результаты математической обработки зависимостей изменения свойств композиционного гипсового вяжущего с добавками извести и керамзитовой пыли от вида и содержания суперпластификаторов.

Таблица 2

**Уравнения регрессии, характеризующие зависимости основных свойств композиционного гипсового вяжущего с добавками извести и керамзитовой пыли от вида и содержания добавок суперпластификаторов**

Вид добавки	Свойство	Уравнение регрессии
C-3	водовяжущее отношение	$y = 0,101x^2 - 0,2446x + 0,557$
	прочность при сжатии	$y = -4,5905x^2 + 8,7943x + 19,51$
	коэффициент размягчения	$y = -0,0781x^2 + 0,1549x + 0,6675$
СП-1	водовяжущее отношение	$y = 0,1238x^2 - 0,2937x + 0,5607$
	прочность при сжатии	$y = -7,5429x^2 + 16,314x + 16,993$
	коэффициент размягчения	$y = -0,1038x^2 + 0,2029x + 0,6661$
СП-3	водовяжущее отношение	$y = 0,1219x^2 - 0,2937x + 0,5587$
	прочность при сжатии	$y = -4,6286x^2 + 9,9829x + 17,244$
	коэффициент размягчения	$y = -0,0514x^2 + 0,0991x + 0,6684$
Mlement F15G	водовяжущее отношение	$y = 0,1562x^2 - 0,3497x + 0,5541$
	прочность при сжатии	$y = -8,1143x^2 + 17,44x + 17,119$
	коэффициент размягчения	$y = -0,1105x^2 + 0,2257x + 0,6705$

### Заключение

Приведенные выше результаты исследований позволяют сделать следующий вывод. Введение 20 % керамзитовой пыли дисперсностью 500 м<sup>2</sup>/кг, 5 % извести и 0,5-1 % суперпластификаторов С-3, Полипласт СП-1ВП, MELMENT® F15G в строительный гипс обеспечивает получение вяжущих с прочностью при сжатии 23-25 МПа и коэффициентом размягчения 0,74-0,78, которые относятся к группе композиционных гипсовых вяжущих повышенной водостойкости и могут применяться для получения штукатурных, монтажных и напольных растворов и низкомарочных бетонов.

### Список литературы

- Баринова Л.С., Волков Ю.С. Строительство – определяющий фактор устойчивого развития // Строительный эксперт, 2002, № 4. – С. 2-5.
- Рахимов Р.З., Магдеев У.Х., Ярмаковский В.Н. Экология, научные достижения и инновации в производстве строительных материалов на основе и с применением техногенного сырья // Строительные материалы, 2009, № 12. – С. 8-12.
- Сборник удельных показателей образования отходов производства и потребления. – М.: Государственный комитет РФ по охране окружающей среды, 1999. – 52 с.
- Будников П.П. Гипс, его исследование и применение. – М.: Госстройиздат, 1943. – 373 с.
- Ферронская А.В. Гипсовые материалы и изделия (производство и применение). Справочник. – М.: Изд-во АСВ, 2004. – 488 с.
- Баженов Ю.М., Коровяков В.Д., Денисов Г.А. Технология сухих строительных смесей. – М.: Изд-во АСВ, 2003. – 96 с.
- Лесовик В.С., Погорелов С.А., Строкова В.В. Гипсовые вяжущие материалы и изделия. Учебное пособие. – Белгород: Изд-во БелгТАСМ, 2000. – 224 с.

**Khaliullin M.I.** – candidate of technical sciences, associate professor  
E-mail: khaliullin@kgasu.ru

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

**Gaifullin A.R.** – assistant

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

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

## Composite gypsum binder with additives of a lime, a haydite dust and supersofteners

### Resume

The results of studies of the effect of different supersoftener on the properties of the composite gypsum binder with lime and expanded haydite dust. The chemical, mineral and particle size distribution and hydraulic activity expanded haydite dust. Found that the haydite dust is activated clay, which includes a number of not dehydrated clay and dehydrated clay minerals with different crystal lattices of the defect level. Established mathematical relations that characterize the effect of the content of additives supersoftener different chemical nature when administered in conjunction with lime and ground expanded haydite dust on basic physical and technical properties of the composite gypsum binder. Developed low-cost composite gypsum binders with the introduction of additives considered supersoftener in an amount of 0,5 to 1 % with 20 % of the expanded haydite dust dispersion of 500 sq. m/kg and 5 % lime plaster provides reception binders with compressive strength of 23 to 25 MPa and softening coefficient from 0,74 to 0,78, which belong to the composite gypsum binders increased water resistance. The resulting composite gypsum binder can be used for plastering, installation and flooring solutions and low marked concrete.

**Keywords:** supersoftener, composite gypsum binder, lime, haydite dust, artificial stone.

### References

1. Barinova L.S., Volkov Y.S. Construction – a defining factor of a sustainable development // Building expert, 2002, № 4. – P. 2-5.
2. Rakhimov R.Z., Magdeev U.Kh., Yarmakovsky V.N. Ekologiya, scientific achievements and innovations in production of construction materials on a basis and with use of technogenic raw materials // Building materials, 2009, № 12. – P. 8-12.
3. Collection of specific indicators of formation of production wastes and consumption. – M: State committee Russian Federation on environmental protection, 1999. – 52 p.
4. Budnikov P.P. Gypsum, its research and application. – M.: Stroyizdat, 1943. – 373 p.
5. Ferronskaja A.V. Gypsum materials and products (production and application). Reference book. – M.: Publishers ASV, 2004. – 488 p.
6. Bazhenov Yu.M., Korovjakov V.F., Denisov G.A. Technology of dry construction mixes. – M.: Publishers ASV, 2003. – 96 p.
7. Lesovik V.S., Pogorelov S.A., Strokova V.V. Gypsum binder materials and products. Tutorial. – Belgorod: BelGTASM, 2000. – 224 p.