



УДК 691.33

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

**А.Р. Гайфуллин** – студент

**Ю.В. Сабанина\*** – главный технолог

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет (КазГАСУ)**

**\*ООО «Казанский завод сухих строительных смесей»**

## **СОВРЕМЕННЫЕ КЛЕЕВЫЕ СУХИЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ СМЕСИ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЛЕКСА МЕСТНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ И ХИМИЧЕСКИХ ДОБАВОК ДЛЯ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОЙ ОТДЕЛКИ**

### **АННОТАЦИЯ**

Установлены математические зависимости, характеризующие влияние совместно вводимых модифицирующих добавок: минерального наполнителя – керамзитовой пыли и химической водоудерживающей добавки – высокомолекулярного полиэтиленоксида РЕО-S на основные физико-технические свойства растворов на основе клеевых сухих строительных смесей. Разработаны составы клеевых сухих строительных смесей с применением комплекса местных минеральных и химических добавок Республики Татарстан, отвечающие современным нормативным требованиям.

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

**A.R. Gaifullin** – student

**J.V. Sabanina\*** – chief-technologist

**Kazan State University of Architecture and Engineering (KSUAE)**

**\*Kazan Factory of Dry Mixes Mortars**

## **MODERN ADHESIVE DRY-MORTAR MIXES WITH APPLICATION OF A COMPLEX OF LOCAL MINERAL AND CHEMICAL ADDITIVES FOR HIGH QUALITY TRIMMING**

### **ABSTRACT**

The mathematical dependences describing influence of the jointly entered modifying additives are established: i) mineral filler – expanded clay dust – and ii) chemical water – retaining agent-soluble in a water of polymer РЕО-S – on the main physical-technical properties of solutions on a basis of adhesives dry-mortar mixes. The structures of adhesives dry-mortar mixes with application of a complex of the local mineral and chemical additives are developed. The additives are local, i.e. located at Republic of Tatarstan that correspond to the modern normative requirements.

В связи с ростом темпов жилищного строительства остро встает проблема его обеспечения современными строительными материалами. Для успешного решения этой проблемы, например, при производстве сухих строительных смесей (ССС), необходимо расширение использования местного минерального сырья и модифицирующих химических добавок, позволяющих направленно регулировать свойства материалов.

Целью настоящей работы явилась разработка составов экономичных клеевых цементных СССР с применением комплекса многофункциональных местных минеральных компонентов и химических добавок Республики Татарстан, отвечающих современным требованиям для высококачественной отделки.

В настоящее время на территории России отсутствует единый стандарт, регламентирующий требования к показателям физико-технических свойств СССР. Требования, предъявляемые к растворным смесям и растворам в ГОСТ 28013-98\*, СП 82-101-98, СНиП 3.04.01-87, не охватывают всех особенностей свойств СССР различного назначения, появившихся в нашей стране за последнее десятилетие. Контроль качества на передовых отечественных предприятиях по производству СССР ведется на основании ТУ, разрабатываемых с учетом существующих европейских норм, например, EN 12004 для клеевых СССР и растворов, а также показателей физико-технических свойств современных отечественных и зарубежных аналогов.

В настоящей работе в качестве нормативных



**Требования к показателям физико-технических свойств клеевых ССС по ТУ 5745-001-57228332-2006**

Наименование показателей	Показатели свойств
Марка по прочности при сжатии в возрасте 28 сут., не менее	M100
Подвижность, см	
Водоудерживающая способность, не менее, %	97
Предельное открытое время, не менее, мин.	15
Допустимое время корректировки, не менее, мин.	10
Контактная площадь, не менее, %	65
Адгезия к основанию, не менее, МПа	0,7
Влажность сухой строительной смеси, не более, %	0,5
Марка по морозостойкости, не менее	F50

требований к показателям физико-технических свойств разрабатываемых клеевых ССС приняты основные показатели ТУ 5745-001-57228332-2006 ООО «Казанский завод сухих строительных смесей», отвечающие вышеперечисленным положениям (таблица 1).

В качестве вяжущего для проведения работы использовался портландцемент М500Д0 производства ОАО «Новороссийского цементного завода» по ГОСТ 10178-85.

В качестве исходных в работе использовались кварцевые пески Аракчинского карьера (г. Казань) и песок карьера ОАО «Комбинат нерудных материалов» (г. Казань). Заданный зерновой состав песка получали на базе предварительно рассеянных стандартных фракций исходного песка. Содержание пылевидных и глинистых примесей обоих песков находится в пределах допустимых значений по ГОСТ 8736-93.

При производстве керамзитового гравия серьезную проблему представляет утилизация керамзитовой пыли, которая собирается в системах пылеочистки – пылесадительных камерах, циклонах, фильтрах. На крупных керамзитовых заводах ежедневно может образовываться до 7-8 т керамзитовой пыли. В дальнейшем этот отход возвращают в производство, добавляя к сырой глине, но чаще вывозят в отвалы.

Исследованиями, проведенными ЗАО «НИИКерамзит» и Самарским государственным архитектурно-строительным университетом [3], установлено, что введение в состав пенобетонной смеси керамзитовой пыли, которая выполняет роль микронаполнителя и заполнителя, позволяет

значительно снизить усадку пенобетонных изделий, их плотность и теплопроводность.

Благодаря высокой активности связывания извести, тонкодисперсную или домолотую керамзитовую пыль можно использовать в качестве активной минеральной добавки к извести и цементу.

В качестве минерального наполнителя в работе использовалась молотая керамзитовая пыль – отход производства керамзита ООО «Камэнергостройпром» (г. Нижнекамск). Активность связывания извести керамзитовой пылью составляет 115 мг/г, что указывает на высокое содержание аморфного, химически активного кремнезема. Насыпная плотность керамзитовой пыли 850 кг/м<sup>3</sup>. Зерновой состав исходной керамзитовой пыли представлен в таблице 2.

В работах [1, 2] показана эффективность применения некоторых водорастворимых полимеров отечественного производства, например, высокомолекулярного полиэтиленоксида (ПОЭ) с молекулярной массой 1,52x10<sup>6</sup> в качестве водоудерживающих добавок, при замене дорогостоящих импортных водоудерживающих добавок на основе метилцеллюлозы.

В нашей работе исследовано влияние на свойства клеевых ССС добавки полиэтиленоксида РЕО-S с молекулярной массой 4x10<sup>6</sup> производства ОАО «Казаньоргсинтез» по ТУ 6-05-231-341-88 в качестве водоудерживающей добавки.

На первом этапе работы исследовано влияние добавки молотой до различной удельной поверхности керамзитовой пыли на физико-механические свойства

Таблица 2

**Зерновой состав исходной керамзитовой пыли**

Содержание частиц (%) по фракциям		
5-1,25 мм	1,25-0,14 мм	< 0,14 мм
5-10	55-60	30-35



растворных смесей и растворов для получения клеевых ССС.

Испытания ССС, растворных смесей и растворов на их основе осуществлялось по ГОСТ 5802-86, ТУ 5745-001-57228332-2006. Подвижность клеевых растворных смесей составляла 8-9 см по глубине погружения конуса СтройЦНИИЛа.

Определение времени корректировки, адгезии растворов проводилось на измерителе адгезии ПСО-5-МГ4 производства ПО «Стройприбор» (г. Челябинск).

Основные показатели физико-технических свойств клеевых растворных смесей и растворов на основе рассмотренных ССС при различной удельной поверхности и количестве добавки керамзитовой пыли приведены в таблицах 3-5.

Анализ представленных результатов исследований показывает, что при введении в состав клеевых ССС керамзитовой пыли с удельной поверхностью 150 м<sup>2</sup>/кг в количестве до 5%, с соответствующей заменой портландцемента без снижения показателей основных физико-технических свойств ССС относительно контрольного состава. При удельной поверхности керамзитовой пыли 300 и 500 м<sup>2</sup>/кг введение ее в количествах, соответственно, 5 и 3%, позволяет повысить прочность при сжатии растворов на 15 и 8%, а при введении в количествах, соответственно, 10 и 5% с соответствующей заменой портландцемента не снижает показатели основных физико-технических свойств ССС относительно контрольного состава. При дальнейшем увеличении количества вводимой добавки керамзитовой пыли свыше 5-10% происходит повышение водопотребности ССС и падение показателей основных физико-технических свойств ниже нормативных. Наилучшими показателями свойств отличаются составы с добавкой керамзитовой пыли при удельной поверхности 300 м<sup>2</sup>/кг в количестве 5-10%.

На следующем этапе работы с применением методов математического планирования эксперимента исследовано совместное влияние модифицирующих добавок: минерального наполнителя - керамзитовой пыли при удельной поверхности 300 м<sup>2</sup>/кг и химической водоудерживающей добавки – полиэтиленоксида РЕО-S производства ОАО «Казаньоргсинтез» на основные физико-механические свойства растворных смесей и растворов для получения оптимальных составов клеевых ССС.

Оптимизация многокомпонентного состава клеевых ССС осуществлялась с применением метода ротатабельного композиционного центрального планирования эксперимента (РКЦП) с обработкой полученных результатов на ЭВМ.

В качестве переменных факторов приняты процентные содержания по массе модифицирующих добавок:

$x_1$  – минерального наполнителя керамзитовой пыли при удельной поверхности 300 м<sup>2</sup>/кг;

$x_2$  – химической водоудерживающей добавки полиэтиленоксида РЕО-S.

В качестве параметров оптимизации приняты:

$y_1$  – адгезия к основанию растворов на основе клеевых ССС, МПа;

$y_2$  – предел прочности при сжатии растворов на основе клеевых ССС, МПа.

По результатам реализации плана эксперимента получены математические модели функций  $y_1$  и  $y_2$ , устанавливающие зависимость состава с основными свойствами (адгезией к основанию и прочностью).

$$y_1 = -0,27511 + 0,951066x_1 + 0,07632x_2 - 0,00841x_1x_2 - 0,20127x_1^2 - 0,00753x_2^2 \quad (1)$$

$$y_2 = 9,553308 + 3,328868x_1 + 0,253804x_2 + 0,0841x_1x_2 - 1,21745x_1^2 - 0,0541x_2^2 \quad (2)$$

Полученные модели, по критерию Фишера, соответствуют табличным значениям, т.е. адекватно описывают результаты эксперимента.

Анализ уравнений регрессии и построенных с их использованием зависимостей, представленных на рисунках 1 и 2, показывают следующее.

Существует область оптимальных значений количеств добавок минерального наполнителя – керамзитовой пыли и водоудерживающей добавки полиэтиленоксида РЕО-S при их совместном введении, при которых достигаются максимальные значения показателей адгезии к основанию и прочности при сжатии растворов на основе клеевых ССС.

Основное влияние на изменение показателей адгезии растворов к основанию оказывает водоудерживающая добавка полиэтиленоксида РЕО-S. Увеличение ее количества до 1,8-2,1% по массе в составе клеевой ССС вызывает увеличение адгезии вследствие увеличения водоудерживающей способности. Повышение содержания добавки полиэтиленоксида РЕО-S сверх оптимальных значений вызывает постепенное увеличение водопотребности растворных смесей, снижение прочностных показателей (когезии) растворов и снижение показателей адгезии.

Увеличение количества добавки до оптимальных значений 1,5-6% по массе повышает показатели прочности при сжатии растворов и несколько повышает показатели адгезии к основанию, что может объясняться структурообразующей функцией наполнителя в сочетании с высокой гидравлической активностью молотой керамзитовой пыли [4, 5].

Повышение содержания добавки молотой керамзитовой пыли свыше оптимальных значений при увеличении водопотребности растворных смесей вызывает некоторое снижение показателей прочности и адгезии.

Максимальные показатели адгезии растворов на основе клеевых ССС к основанию в пределах 0,9-1 МПа достигаются при содержании минерального наполнителя керамзитовой пыли – 1,5-6% по массе;



Таблица 3

**Влияние количества добавки молотой керамзитовой пыли при удельной поверхности 150 м<sup>2</sup>/кг на основные физико-технические свойства клеевых ССС**

Наименование показателей	Показатели свойств			
	0	5	10	15
Количество добавки, % по массе	0	5	10	15
Водопотребность, %	20	19	19	20
Контактная площадь, %	96	98	98	96
Водоудерживающая способность, %	99,89	99,83	99,85	99,88
Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	1562	1511	1465	1450
Плотность растворной смеси, кг/м <sup>3</sup>	15	1660	1615	1590
Предельное открытое время, мин.	0,91	20	15	15
Время корректировки, МПа, мин.	11,1	10	<10	<10
Адгезия к основанию, МПа	20	0,8	0,66	0,52
Предел прочности при сжатии в возрасте 28 сут., МПа	96	11,4	9,5	8

Таблица 4

**Влияние количества добавки молотой керамзитовой пыли при удельной поверхности 300 м<sup>2</sup>/кг на основные физико-технические свойства клеевых ССС**

Наименование показателей	Показатели свойств			
	0	5	10	15
Количество добавки, % по массе	0	5	10	15
Водопотребность, %	20	20	21	21
Контактная площадь, %	96	97	95	95
Водоудерживающая способность, %	99,89	99,92	99,86	99,9
Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	1562	1540	1500	1480
Плотность растворной смеси, кг/м <sup>3</sup>	1562	1685	1660	1630
Предельное открытое время, мин.	1666	20	20	15
Время корректировки, МПа, мин.	20	15	10	<10
Адгезия к основанию, МПа	0,91	0,88	0,7	0,56
Предел прочности при сжатии в возрасте 28 сут., МПа	11,1	12,8	11	9

Таблица 5

**Влияние количества добавки молотой керамзитовой пыли при удельной поверхности 500 м<sup>2</sup>/кг на основные физико-технические свойства клеевых ССС**

Наименование показателей	Показатели свойств			
	0	5	10	15
Количество добавки, % по массе	0	5	10	15
Водопотребность, %	20	21	22	23
Контактная площадь, %	96	96	95	95
Водоудерживающая способность, %	99,89	99,86	99,89	99,85
Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	1562	1478	1455	1443
Плотность растворной смеси, кг/м <sup>3</sup>	15	1622	1588	1570
Предельное открытое время, мин.	0,91	20	20	15
Время корректировки, МПа, мин.	11,1	10	<10	<10
Адгезия к основанию, МПа	20	0,7	0,6	0,43
Предел прочности при сжатии в возрасте 28 сут., МПа	96	11,4	9,5	7,5

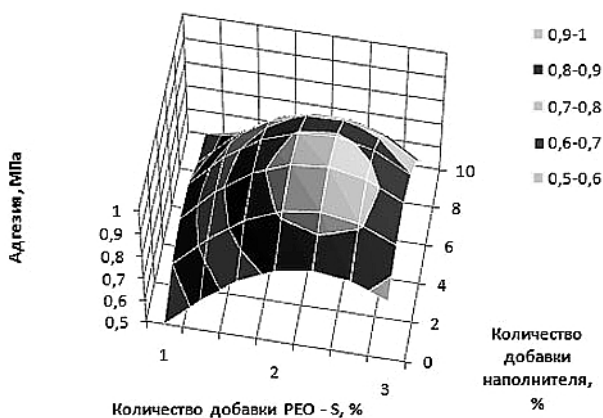


Рис. 1. Влияние комплекса модифицирующих добавок на адгезию к основанию растворов на основе клеевых ССС

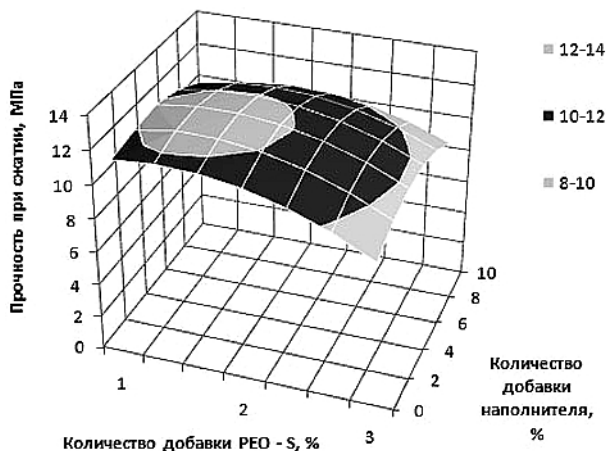


Рис. 2. Влияние комплекса модифицирующих добавок на прочность при сжатии растворов на основе клеевых ССС

Таблица 6

**Рекомендуемые составы разработанных клеевых ССС**

Компоненты	Расход компонентов в масс. частях
Портландцемент М500Д0	30 - 26
Керамзитовая пыль (уд. пов 300 м <sup>2</sup> /кг)	5 – 9
Полиэтиленоксид РЕО-S	2
Кварцевый песок	65

Таблица 7

**Показатели основных физико-технических свойств разработанных клеевых ССС**

Наименование свойств	Показатели свойств
Марка по прочности при сжатии в возрасте 28 сут.	М100
Водопотребность, %	20 - 21
Подвижность, см	8 - 9
Водоудерживающая способность, %	99,8 - 99,9
Предельное открытое время, мин	20
Допустимое время корректировки, мин	20 - 10
Контактная площадь, %	97 - 95
Адгезия к основанию, МПа	0,7 - 1
Марка по морозостойкости, не менее	F50

водоудерживающей добавки полиэтиленоксида РЕО-S – 1,8-2,8% по массе.

Показатели адгезии в пределах нормативного показателя (не менее 0,7 МПа) достигаются при содержании керамзитовой пыли – 0-9% по массе; полиэтиленоксида РЕО-S более 1,3% по массе.

Максимальные показатели прочности при сжатии растворов на основе клеевых ССС в пределах 12-14 МПа достигаются при содержании керамзитовой пыли – 1-6 % по массе; полиэтиленоксида РЕО-S – 0-2,1% по

массе.

Показатели прочности при сжатии растворов на основе клеевых ССС в пределах нормативного показателя (не менее 10 МПа) достигаются при содержании керамзитовой пыли – 0-10% по массе; полиэтиленоксида РЕО-S – 1,8-2,8% по массе.

Достижение максимальных показателей основных свойств растворяемых смесей и растворов на основе клеевых ССС осуществляется при введении оптимальных количеств добавок: минерального наполнителя





керамзитовой пыли – 1,5-6% по массе; водоудерживающей добавки полиэтиленоксида РЕО-S – 1,8-2,1% по массе.

Таким образом, установлены математические зависимости, характеризующие влияние совместно вводимых в состав клеевых ССС модифицирующих добавок: минерального наполнителя – керамзитовой пыли и химической водоудерживающей добавки – полиэтиленоксида РЕО-S на адгезию к основанию и прочность при сжатии растворов на основе ССС.

На базе полученных зависимостей разработаны составы клеевых ССС с применением комплекса местных минеральных и химических добавок Республики Татарстан, отвечающие современным нормативным требованиям.

Рекомендуемые составы и физико-технические характеристики разработанных клеевых ССС представлены в таблицах 6 и 7.

По показателям основных физико-технических свойств разработанные составы отвечают нормативным требованиям ГОСТ 28013-98\*, СП 82-101-98, СНиП 3.04.01-87 и отражающих современные требования к клеевым ССС ТУ 5745-001-57228332-2006 (таблица 1).

Разработанные составы клеевых ССС являются конкурентоспособными в ценовом отношении, благодаря применению в их составе водоудерживающей добавки – высокомолекулярного полиэтиленоксида местного производства взамен более дорогостоящих

импортных водоудерживающих добавок, а также добавки минерального наполнителя – отхода промышленности строительных материалов керамзитовой пыли при снижении расхода дорогостоящего портландцемента по сравнению со стандартными рецептурами ССС.

### Литература

1. Демьянова В.С., Калашников В.И., Дубошина Н.М. К вопросу оценки прочности сцепления строительных растворов, модифицированных водорастворимыми добавками полимеров. // Известия вузов. Строительство, 2001, № 1. – С. 33-35.
2. Афанасьев Н.М., Целуйко М.К. Добавки в бетоны и растворы. – К.: Будивэльник, 1989. – 128 с.
3. Горин В.М., Токарева С.А., Сухов В.Ю., Нехаев П.Ф., Авакова В.Д., Романов Н.И. Расширение области применения керамзитового гравия. // Строительные материалы, 2003, № 11. – С. 19-21.
4. Усов Б.А., Попов Н.Л. Сухие строительные смеси на основе молотого портландцемента с кварцсодержащими микронаполнителями. // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века, 2003, № 7. – С. 14-15.
5. Способ изготовления цемента низкой водопотребности. Патент РФ на изобретение № 2207995, 07.04.2003 / Патентообладатели: Юдович Б.Э., Зубехин С.А. // Изобретения: Бюллетень, 2003, № 13.