

УДК 691.55 : 666.914.5

**В.П. СЕЛЯЕВ, Р.Е. НУРЛЫБАЕВ, Л.И. КУПРИЯШКИНА,
Е.С. ОРЫНБЕКОВ, Е.И. КУЛЬДЕЕВ, О.В. ЛИЯСКИН**

МНОГОКОМПОНЕНТНЫЕ СИСТЕМЫ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ*

Предложены составы сухих строительных смесей. Изучено влияние наполнителей, пластификаторов, редиispersгаторов, армирующих волокон на физико-механические свойства сухих строительных смесей. Определена рецептура состава сухих строительных смесей, соответствующая лучшим аналогам в области исследования. Установлены особенности изменения реологических и технологических свойств растворов на основе сухих смесей в зависимости от состава, насыпной плотности и различных дозировок добавок.

К л ю ч е в ы е с л о в а: сухие смеси, диатомит, белая сажа, микрокремнезем, цементные штукатурные смеси, физико-механические свойства, плотность, прочность, трещиностойкость.

DOI 10.32683/0536-1052-2019-724-4-20-27

В России более 90 компаний являются производителями сухих строительных смесей. Торговые марки самых крупных производителей на российском рынке – это «Кнауф», «Фаворит», «ВОЛМА», «Полимерстрой», «Гутмикс» и т.д. Ассортимент сухих строительных смесей этих предприятий разнообразен: клей, цемент, штукатурка, шпаклевка, грунтовка, наливной пол, кладочная смесь, гипсовые и цементные растворы, пескобетон, бетон, шпатлевки и пр. Аналитический обзор научных публикаций по вопросам производства и технологическим свойствам сухих строительных смесей (ССС) показал, что основными компонентами являются вяжущие, наполнители, заполнители, химические добавки и пигменты (при необходимости) [1–10].

В качестве наполнителя для СССР применяют природные минеральные или искусственно полученные зернистые материалы ультрадисперсного гранулометрического состава. Они служат обязательными компонентами практически всех СССР и составляют до 70–80 % всего объема строительных растворных смесей, что позволяет сократить расход вяжущих без заметного падения прочности растворов, а также уменьшить усадочные деформации цементного камня.

Добавка для СССР должна быть сухой и негигроскопичной, хорошо распределяться в смеси при сухом смешивании компонентов и быть к ним химически устойчивой, быть быстрорастворимой или быстродиспергируемой (при затворении сухой смеси водой время растворения (диспергирования) добавки при 20 °С не должно превышать 2–10 мин), отвечать требованиям

* Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-48-130001.

© Селяев В.П., Нурлыбаев Р.Е., Куприяшкина Л.И., Орынбеков Е.С.,
Кульдеев Е.И., Лияскин О.В., 2019

нетоксичности, пожаро-, взрыво- и химической опасности [7, 8]. В этой связи использование кремнеземсодержащих порошков диатомита, белой сажи, аэросил, являющихся одновременно наполнителями сухой смеси и активными минеральными добавками, при создании новых рецептур ССС, вполне оправдано и актуально [4–7]. Применение микрокремнезема в производстве ССС позволяет снизить проницаемость затвердевших растворов и водоотделение, повысить водоудерживающие свойства растворов, когезионную прочность, морозостойкость затвердевших смесей.

В настоящей статье поставлена цель разработать составы штукатурных ССС на основе цементных вяжущих и установить закономерности изменения реологических и технологических свойств ССС в зависимости от вида, свойств и генетического типа кремнесодержащей добавки. Объектом исследования являются составы ССС с наполнителем в виде порошков природных диатомитов Утесайского месторождения или белой сажи (аморфный микрокремнезем) – отход производства высококачественного кремния предприятия ТОО «Стекло К» г. Шымкент.

При проведении испытаний выдерживались нормативные требования, регламентированные межгосударственными стандартами (ГОСТ 8736–93. Песок для строительных работ. Технические условия (с изменениями № 1, 2, 3); ГОСТ 23732–2011. Вода для бетонов и строительных растворов. Технические условия; ГОСТ 30744–2001. Цементы. Методы испытаний с использованием полифракционного песка; ГОСТ 31108–2003. Цементы общестроительные. Технические условия; ГОСТ 31189–2015. Смеси сухие строительные. Классификация (с поправкой); ГОСТ 31357–2007. Смеси сухие строительные на цементном вяжущем. Общие технические условия; ГОСТ 31356–2013. Смеси сухие строительные на цементном вяжущем; ГОСТ 33083–2014. Смеси сухие строительные на цементном вяжущем для штукатурных работ. Технические условия).

Сырьевые материалы: песок в соответствии с требованиями стандарта по технологической документации, с размерами частиц от 0,1 до 2 мм; цемент – ПЦ 400-Д20; BERMOCOLL – добавка редиспергатор связующего на основе сополимеров винилацетата и этилена; ELOTEX – добавка редиспергатор связующего на основе сополимеров винилацетата и винилверсатата; С-3 – сухой пластификатор, который представляет собой полидисперсный коричневый порошок; Technocel 500-1 – армирующие волокна, целлюлозные; эфир-крахмал (используются в составе штукатурок, шпатлевок, клеев, в качестве технологической добавки, снижая липкость растворных смесей к инструменту, улучшая консистенцию и устойчивость к сползанию, что позволяет наносить более толстые слои раствора); М70 – немодифицированный высоковязкий простой эфир целлюлозы, предназначенный для улучшения водоудержания, консистенции, обрабатываемости и прочности плиточного клея на основе цемента.

Для проведения испытаний были разработаны составы ССС, в которых варьировались вид и содержание наполнителей порошков диатомита и белой сажи (аморфного микрокремнезема); модифицирующих добавок. Рецептура и составы ССС представлены в табл. 1.

Одним из отрицательных свойств строительных растворов является усадка их во времени, которая при твердении вызывает уменьшение объема

Таблица 1. Составы сухих строительных смесей

Рецептура	Состав, %									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Цемент	26,14	26,14	26,14	26,14	26,14	26,14	26,14	26,14	26,14	26,14
Песок	71,36	69,36	67,36	65,36	63,36	71,36	69,36	67,36	65,36	63,36
Белая сажа	1	3	5	7	9					
С-3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Technocel 500-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Диатомит	–	–	–	–	–	1	3	5	7	9
Гранулометрический состав, мм	1,25	1,25	0,63	0,63	0,63	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25

Рецептура	Состав, %									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Цемент	26,14	26,14	26,14	26,14	26,14	26,14	26,14	26,14	26,14	26,14
Песок	71,76	69,76	67,76	65,76	63,76	71,76	69,76	67,76	65,76	63,76
Белая сажа	1	3	5	7	9					
VERMOCOLL	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
ELOTEX	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Диатомит	–	–	–	–	–	1	3	5	7	9
Гранулометрический состав, мм	1,25	1,25	1,25	0,63	0,63	1,25	0,63	1,25	1,25	1,25

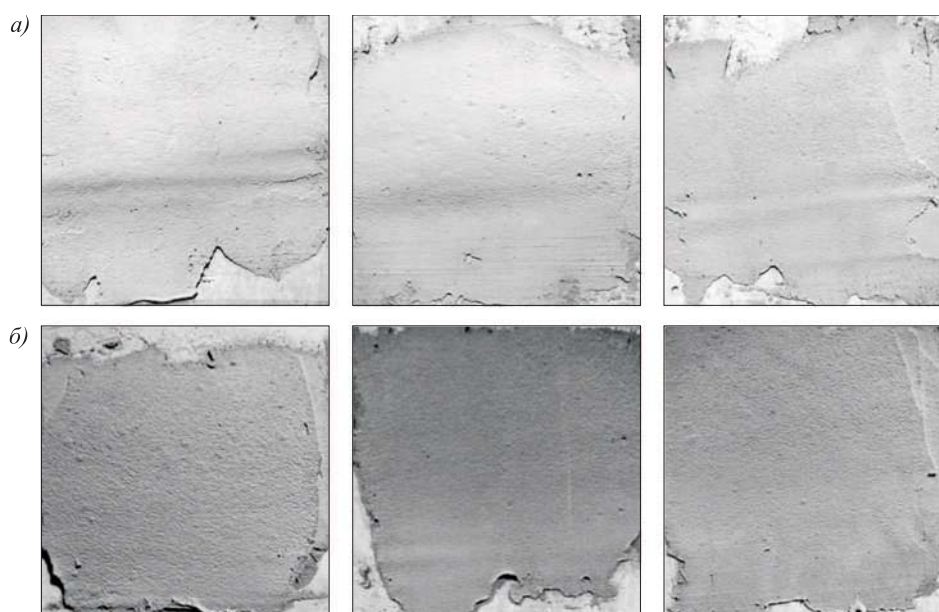


Рис. 1. Образцы покрытия, нанесенные на бетонную поверхность с применением белой сажи (а) и диатомита (б)

цементного камня. Испарение воды из микрокапилляров с последующим обжатием приводит к образованию усадочных трещин, что в свою очередь ухудшает эксплуатационные и адгезионные свойства и долговечность композиционного материала. Поэтому необходимо уточнить влияние наполнителей на трещиностойкость строительных растворов. Для этого на бетонную подложку были нанесены исследуемые растворы толщиной 1,5 см (рис. 1). Составы № 1–20, нанесенные на бетонную поверхность, показали хорошую трещиностойкость.

Для исследуемых составов ССС были определены насыпная плотность сухой смеси, ее подвижность, вододерживающая способность, водопоглощение при капиллярном подсосе.

Анализ экспериментальных данных (табл. 2, 3 и рис. 2) позволил выявить влияние диатомита и белой сажи на физико-механические свойства изучаемых составов.

Таблица 2. Физико-механические свойства сухих строительных смесей с применением белой сажи и диатомита

Состав	Плотность, кг/м ³	Предел прочности при изгибе, МПа	Предел прочности при сжатии, МПа	Водопоглощение при капиллярном подсосе, %	Водопоглощение по объему, %	Вододерживающая способность, %
<i>Белая сажа</i>						
1	1926	6,0	54	6	8,9	9–093
2	1859	8,2	89,2	4,8	7,8	
3	1892	10,1	100,8	5,2	7,9	
4	1846	12,1	84,9	5,4	8,5	
5	2060	12,1	110,3	5	7,9	
11	1755	89	34,3	6,2	10,9	97–97,5
12	1780	5,3	38,8	8,4	10,3	
13	1753	4,1	36,8	10,3	12,2	
14	1745	4,9	43,5	8,3	10,1	
15	1645	4,0	35,2	10	13,4	
<i>Диатомит</i>						
6	1895	6,5	45,9	6,5	8,0	92,5–96
7	1909	8,4	60,0	5,8	10,0	
8	1978	7,8	71,3	6,6	10,3	
9	1830	5,2	52,0	10,0	11,8	
10	1905	6,4	65,5	8,0	11,6	
16	1614	4,6	21,4	10,4	13,1	96–97,5
17	1618	5,6	34,4	7,7	10,4	
18	1691	5,8	33,1	9,2	11,6	
19	1662	4,5	23,4	19,2	17,3	
20	1765	5,6	30,0	11,3	14,8	

Таблица 3. Подвижность смеси

Состав	Подвижность, см	Марка по подвижности
11–5	4–7,5	П _к 2
6–10	6–7	П _к 2
11–15	11–11,5	П _к 3
16–20	10–11	П _к 3

Анализируя результаты экспериментальных исследований, представленные на рис. 1–2, можно утверждать, что в состав многокомпонентной системы ССС должны входить: наполнитель – белая сажа, дисперсные волокна – Technocel 500-1, пластификатор – С-3 (составы 4, 5). При наполнении ССС диатомитом лучшие составы 7–10. Можно предположить, что высокая прочность растворов составов 4–10 обеспечивается введением армирующих волокон Technocel 500-1.

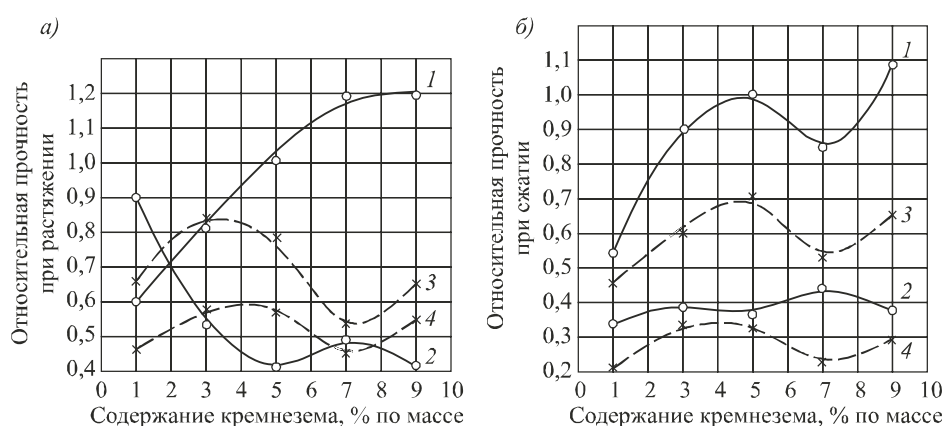


Рис. 2. Зависимость прочности при растяжении (а) и сжатии (б) ССС от содержания белой сажи (1, 2) и диатомита (3, 4) при модификации С-3 + Technocel 500-1 (1, 3) и BERMOCOLL (2, 4)

Выводы. 1. Установлены закономерности изменения реологических и технологических свойств сухих строительных смесей на основе цемента и минеральных наполнителей (белой сажи и диатомита) в зависимости от соотношения и физико-механических свойств компонентов сухой смеси, типа подложки, особенностей формирования состава.

2. По результатам технического анализа подобраны предварительные аналоги цементно-песчано-диатомитовых сухих строительных смесей. Установлено, что введение минеральной активной добавки приводит к стабилизации цементного теста – заполнению пространства между зернами цемента, увеличению числа контактов между ними, при этом возрастают силы сцепления между частицами, что значительно уменьшает возможность расслоения растворной смеси. Увеличение интенсивности сил взаимодействия между частицами, повышение плотности упаковки приводит к увеличению способности удерживать воду в цементном тесте.

3. Выявлена зависимость реотехнологических характеристик в системе «кварц – цемент – диатомит – добавка – вода» и «кварц – цемент – белая сажа – добавка – вода» от генетического типа кремнезема, содержащегося в сухой строительной смеси.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пустовгар А.П. Эффективность применения активированных диатомитов в сухих строительных смесях // Строит. материалы. 2006. № 10. С. 3–6.
2. Smirnova I., Mamic J., Arlt W. Adsorption of drugs on silica aerogels // Langmuir. 2003, Vol. 19, No. 20. P. 8521–8525.
3. Неймарк И.Е., Шейфан Р.Ю. Силикагель, его получение, свойства и применение. Киев: Наук. думка, 1973. 202 с.
4. Пат. 2544854. Российская Федерация, МПК C09D 133/00, C09D 135/06. Теплоизоляционная краска-покрытие / В.П. Селяев, Т.А. Низина, В.А. Неверов, А.Е. Инин; заявитель и патентообладатель ООО «Центр нанотехнологий и наноматериалов Республики Мордовия» (RU); № 2014101402/04; заявл. 20.01.2014; опубл. 20.03.2015; Бюл. № 8.
5. Пат. 2297991. Российская Федерация, МПК C04B 28/02. Сухая строительная смесь / В.П. Селяев, Л.И. Куприяшкина, А.А. Болдырев; заявитель и патентообладатель МордГУ им. Н.П. Огарева; № 2005133842/03; заявл. 01.11.2005; опубл. 27.04.2007; Бюл. № 12.
6. Пат. 2348665. Российская Федерация, МПК C09B 5/02. Водно-дисперсная краска / Т.А. Низина, В.П. Селяев, Н.О. Зубанкова; заявитель и патентообладатель МордГУ им. Н.П. Огарева; № 2007141826/04; заявл. 12.11.2007; опубл. 10.03.2009; Бюл. № 7.
7. Соломатов В.И. Развитие полиструктурной теории композиционных строительных материалов // Изв. вузов. Строительство и архитектура. 1985. № 8. С. 58–64.
8. Каприелов С.С. Общие закономерности формирования структуры цементного камня и бетона с добавкой ультрадисперсных материалов // Бетон и железобетон. 1995. № 6. С. 16–20.
9. Логанина В.И., Давыдова О.А., Симонов Е.Е. Исследования закономерностей влияния золя кремниевой кислоты на структуру и свойства диатомита // Строит. материалы. 2011. № 12. С. 62–65.
10. Логанина В.И., Великанова И.С. Влияние поверхностной активности наполнителя на структурообразование отделочных покрытий на основе сухих смесей // Изв. вузов. Строительство. 2005. № 5. С. 58–60.

Селяев Владимир Павлович, акад. РААСН, д-р техн. наук, проф.;

E-mail: ntorm80@mail.ru

Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева, г. Саранск

Нурлыбаев Руслан Ергалиевич, д-р техн. наук; E-mail: russy_nre@mail.ru

ТОО «SAVENERGY», г. Алматы, Республика Казахстан

Куприяшкина Людмила Ивановна, канд. техн. наук, проф.;

E-mail: kupriashkina.liudmila@yandex.ru

Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева, г. Саранск

Орынбеков Елжан Серикович, канд. техн. наук, мл. науч. сотрудник;

E-mail: eljan_79@mail.ru

ТОО «SAVENERGY», г. Алматы, Республика Казахстан

Кульдеев Ержан Итеменович, канд. техн. наук; E-mail: kuldeev_erzhan@mail.ru
АО «Институт металлургии и обогащения», г. Алматы, Республика Казахстан
Лияскин Олег Владимирович, асп.; E-mail: oliyaskin@mail.ru
Национальный исследовательский Мордовский государственный университет
им. Н.П. Огарева, г. Саранск

Получено 04.03.19

Selyaev Vladimir Pavlovich, Academician of RAACS, DSc, Professor;
E-mail: ntorm80@mail.ru
Ogarev Mordovian State University, Saransk, Russia
Nurlybaev Ruslan Ergalievich, PhD; E-mail: rusya_nre@mail.ru
LLP “SAVENERGY”, Almaty, Republic of Kazakhstan
Kupriyashkina Lyudmila Ivanovna, PhD, Professor;
E-mail: kupriashkina.liudmila@yandex.ru
Ogarev Mordovian State University, Saransk, Russia
Orynbekov Yelzhan Serikovich, PhD, Junior researcher; E-mail: eljan_79@mail.ru
LLP “SAVENERGY”, Almaty, Republic of Kazakhstan
Kuldeyev Yerzhan Itemenovich, PhD; E-mail: kuldeev_erzhan@mail.ru
JSC “Institute of metallurgy and enrichment”, Almaty, Republic of Kazakhstan
Liyaskin Oleg Vladimirovich, Post-graduate Student; E-mail: oliyaskin@mail.ru
Ogarev Mordovian State University, Saransk, Russia

MULTI-COMPONENT SYSTEM OF DRY CONSTRUCTION MIXTURES

The compositions of dry building mixtures are proposed. The influence of fillers, plasticizers, dispersants, reinforcing fibers on the physical and mechanical properties of dry mixes is studied. Installed the formulation of the composition of dry mixes corresponding to the best analogues in the field of research is determined. Discovered the features of changes in rheological and technological properties of solutions based on dry mixtures, depending on the composition, bulk density and different dosages of additives.

Key words: dry mixtures, diatomite, white soot, microsilica, cement plaster mixtures, physical and mechanical properties, density, strength, crack resistance.

REFERENCES

1. Pustovgar A.P. Effektivnost' primeneniya aktivirovannykh diatomitov v sukhikh stroitel'nykh smesyakh [Efficiency of application of activated diatomites in dry building mixtures]. Stroitel'nye materialy [Building material]. 2006. No. 10. Pp. 3–6. (in Russian)
2. Smirnova I., Mamic J., Arlt W. Adsorption of drugs on silica aerogels. Langmuir. 2003. Vol. 19, No. 20. Pp. 8521–8525.
3. Neymark I.E., Sheyfan R.Yu. Silikagel', ego poluchenie, svoystva i primeneniye [Silica gel, its preparation, properties and application]. Kiev, 1973. 202 p. (in Russian)
4. Pat. 2544854. RU, MPK S09D 133/00, S09D 135/06. Teploizolyatsionnaya kraskapokrytie [Heat-insulating paint-coating]. V.P. Selyaev, T.A. Nizina, V.A. Neverov, A.E. Inin; zayavitel' i patentoobladatel' OOO «Tsentr nanotekhnologiy i nanomaterialov Respubliki Mordoviya» (RU) [applicant and patentee of the Center for nanotechnology and nanomaterials of the Republic of Mordovia (RU)]; No. 2014101402/04; appl. 20.01.2014; publ. 20.03.2015; Bull. No. 8. (in Russian)
5. Pat. 2297991. RU, MPK S04V 28/02. Sukhaya stroitel'naya smes' [Dry building mix]. V.P. Selyaev, L.I. Kupriyashkina, A.A. Boldyrev; zayavitel' i patentoobladatel' MordGU im. N.P. Ogareva [applicant and patentee of the Mordovian State University]; No. 2005133842/03; appl. 01.11.2005; publ. 27.04.2007; Bull. No. 12. (in Russian)

6. Pat. 2348665. RU, MPK S09V 5/02. Vodno-dispersnaya kraska [Water-dispersion paint]. T.A. Nizina, V.P. Selyaev, N.O. Zubankova; zayavitel' i patentoobladatel' MordGU im. N.P. Ogareva [applicant and patentee of the Mordovian State University]; No. 2007141826/04; appl. 12.11.2007; publ. 10.03.2009; Bull. No. 7. (in Russian)
 7. Solomatov V.I. Razvitie polistrukturnoy teorii kompozitsionnykh stroitel'nykh materialov [Development of the polystructural theory of composite building materials]. Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo i arkhitektura [News of Higher Educational Institutions. Construction and Architecture]. 1985. No. 8. Pp. 58–64. (in Russian)
 8. Kaprielov S.S. Obshchie zakonomernosti formirovaniya struktury tsementnogo kamnya i betona s dobavkoy ul'tradispersnykh materialov [General regularities of cement stone and concrete structure formation with the addition of ultrafine materials]. Beton i zhelezobeton [Concrete and reinforced concrete]. 1995. No. 6. Pp. 16–20. (in Russian)
 9. Loganina V.I., Davydova O.A., Simonov E.E. Issledovaniya zakonomernostey vliyaniya zolya kremnievoy kisloty na strukturu i svoystva diatomita [Studies of the influence of silicic acid Sol on the structure and properties of diatomite]. Stroitel'nye materialy [Building material]. 2011. No. 12. Pp. 62–65. (in Russian)
 10. Loganina V.I., Velikanova I.S. Vliyanie poverkhnostnoy aktivnosti napolnitelya na strukturoobrazovanie otdelochnykh pokrytiy na osnove sukhikh smesey [The influence of surface activity of a filler on structurization of finishing coats based on dry mixes]. Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo [News of Higher Educational Institutions. Construction]. 2005. No. 5. Pp. 58–60. (in Russian)
-