

DOI: 10.34031/2618-7183-2018-1-1-40-50

*Загороднюк Л.Х. *, доктор технических наук, профессор,
Лесовик В.С., доктор технических наук, профессор,
Сумской Д.А., аспирант,*

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Россия

**Ответственный автор E-mail: lh47@mail.ru*

ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ РАСТВОРЫ ПОНИЖЕННОЙ ПЛОТНОСТИ

Аннотация: на сегодняшний день энергосбережение и повышение энергоэффективности в России являются приоритетными направлениями энергетической политики страны. В первую очередь, при создании энергоэффективного дома, необходимо задуматься о предотвращении потерь тепла через ограждающие конструкции, а уже потом о снижении расходов на освещение, об оптимизации работ инженерных систем здания, и внедрении альтернативных источников энергообеспечения. Материалы для теплоизоляции, важнейшей характеристикой которых выступает теплопроводность, выполняют основную роль при обеспечении оптимальных условий микроклимата помещений. Создание теплоизоляционных растворов с усовершенствованными теплозащитными свойствами является на данный момент весьма острой задачей. В связи с чем целью данной работы явилось создание эффективных композиционных вяжущих, способствующих снижению плотности теплоизоляционных растворов.

В рамках энергосберегающей программы и развития жилищного строительства Российской Федерации и реализации Федерального закона №185-ФЗ «О содействии реформированию жилищно-коммунального хозяйства», большое значение приобретает создание новых эффективных строительных материалов с высокими эксплуатационными и теплозащитными характеристиками, которые будут способны конкурировать с иностранными аналогами.

В данной статье приведены новые подходы для повышения эффективности сухих теплоизоляционных смесей с учетом закона сродства структур, который предусматривает проектирование композитов с использованием наполнителей и композиционных вяжущих пониженной плотности. Теплоизоляционные растворы на основе сухих строительных смесей имеют улучшенные технологические, физико-механические и эксплуатационные показатели.

Ключевые слова: производственные отходы перлитового песка, струйная вихревая мельница, гранулометрический состав, физико-механические показатели

Введение

Высокие цены энергоносителей и низкие зимние температуры содействуют формированию рынка теплоизоляционных материалов. Согласно закона об энергоэффективности, Россия должна выйти на высокий уровень энергосбережения к 2020 году. Введение более жестких требований привело к пересмотру принципов проектирования и строительства. В 2008 году Указом Президента Российской Федерации от 4 июня 2008 г. №889 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики» была определена цель – снизить к 2020 году энергоёмкость валового внутреннего продукта на 40% от уровня 2007 года.

Большинство строительных норм и правил по энергосбережению ориентированы на усиление изоляции и герметичности ограждения здания. Изоляция и герметичность ограждения здания снижает теплопотери в отопительный сезон, но может привести к перегреву в сезон охлаждения в зависимости от типа здания за счет внутреннего коэффициента усиления тепла.

По словам экспертов, в сфере строительства и источников средств массовой коммуникации на сегодняшний день широко применяются современные технологии строительства как в больших, так и в малых городах [1-5].

Материалы и методы

В рамках исследований применялся ПЦ ЗАО «Белгородский цемент» ЦЕМ I 42,5Н, вспученный перлитовый песок М75 производства ОАО «Осколснаб» (г. Старый Оскол), и отходы его производства; пенополистирольные микросферы производства ООО Завод «Теплоизосервис» марки М25. Функциональные добавки: ASCO 93, MELMENTF 10, VINNAPAS LL 4042H. В работе использовались методы стандартных испытаний по ГОСТ 10180-2012, ГОСТ 310.4-81, ГОСТ 7076-99.

Рентгенофазовый анализ проводился на рентгеновском стационарном аппарате ДРОН-3, исследование микроструктуры проводилось с помощью сканирующего электронного микроскопа высокого разрешения

TESCAN MIRA 3 LMU, для анализа распределения частиц материалов по размерам применялся лазерный анализатор Analysette 22 NanoТес plus, сроки схватывания и нормальную плотность цементного теста определяли при помощи прибора Вика, теплопроводность определяли на электронном измерителе теплопроводности типа ИТС-1. Достоверность полученных результатов обеспечивается применением современного сертифицированного научно-исследовательского оборудования; сопоставимостью экспериментальных результатов и теоретических положений; достаточной воспроизводимостью результатов проведенных экспериментов.

Результаты и обсуждение

С целью установления рационального состава сухой строительной смеси пониженной плотности были исследованы составы вяжущих композиций (табл. 1). Вяжущие композиции получали в вихревой струйной мельнице путем пропуска от одного до трех раз с различным содержанием отходов производства перлитового песка 5; 7,5 и 10%. Для сравнения проводили исследование товарного ПЦ при соответствующем пропуске через струйную вихревую мельницу.

Составы, нормальная плотность, сроки схватывания и физико-механические характеристики вяжущих композиций представлены на рис. 1-3 и в табл. 1.

Установлено, что нормальная плотность и сроки схватывания вяжущих композиций в зависимости от составов и способов приготовления изменяются в широком диапазоне, что, безусловно, повлияет на процессы формирования микроструктуры и физико-механические свойства композита.

Таблица 1

Составы вяжущих композиций

Table 1

Astringent compositions consist

№ составов	НГ, %	Сроки схватывания, мин		Плотность, г/см ³	Прочность на сжатие R _{сж} , МПа	
		начало	начало		через 3 сут	через 28 сут
1	29	169	271	2,3	40,1	43,1
2	32	124	199	2,1	46,3	47,2
3	34	101	185	2,1	45,5	49,0
4	42	78	169	2,1	48,4	50,1
5	51	252	378	1,8	13,6	25,8
6	41	172	267	2,0	41,9	55,6
7	44	157	260	2,0	34,8	38,1
8	45	146	244	2,0	42,2	52,0
9	63	177	434	1,7	6,9	13,2
10	44	169	278	1,9	31,9	38,0
11	45	153	251	2,0	20,0	41,8
12	46	137	243	2,0	23,4	31,6
13	65	150	406	1,6	5,8	13,2
14	45	120	275	1,8	23,8	45,5
15	46	113	168	2,0	15,3	53,3
16	47	101	140	2,0	21,8	47,8

Физико-механические показатели образцов, которые были заформованы на основе ПЦ и вяжущих композиций свидетельствуют об устойчивом нарастании прочности после хранения в нормальных условиях через 3 и 28 суток. Тем не менее, если в не активированном ПЦ прирост прочности образцов с трехсуточного твердения к 28 суточному возрасту не более 8%, то прирост прочности в гидратированных вяжущих композициях имеет свои особенности. Составы вяжущих композиций №5, 9-16 имеют в возрасте 3-х суток низкие показатели прочности при сжатии, но к 28 суточному возрасту прочность составов №6, 8, 11, 14, 15, 16 достигает показателей, близких, а в некоторых случаях и превосходящих прочность не активированного ПЦ. В ходе опытов было установлено, что наиболее эффективными являются составы № 6, 8 и 15 из всех полученных составов вяжущих композиций, прочность которых соответственно равна 55,6 МПа, 52,0 МПа, 53,3 МПа, что превосходит показатели прочности исходных товарных ПЦ на 20-23% (рис. 1).

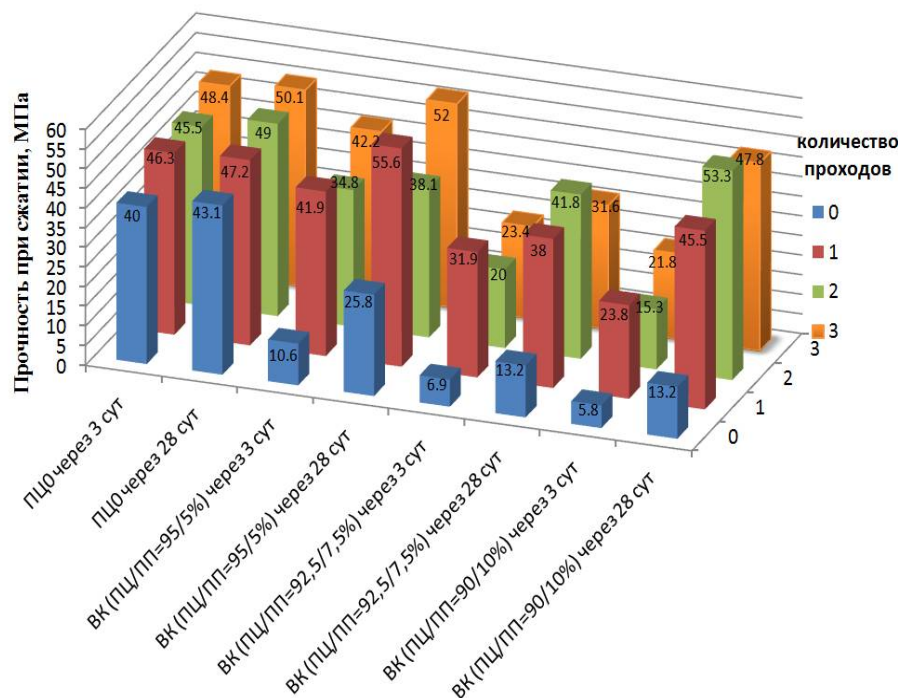


Рис. 1. Сравнительные физико-механические показатели ПЦ и вяжущих композиций, активизированных в струйной вихревой мельнице через 3 и 28 суток
Fig. 1. Comparative physical and mechanical indicators of the PC and astringent compositions activated in a jet vortex mill after 3 and 28 days

Итак, особенности вещественного состава вяжущих композиций, а также их активирование в струйной вихревой мельнице, благоприятным образом сказывается на повышении предела прочности на сжатие, увеличивая этот показатель до 23%.

В соответствии требованиям ГОСТ 310.3-76 «Методы определения нормальной плотности, сроков схватывания и равномерности изменения объема» определяли у вяжущих композиций нормальную плотность (табл. 1, рис. 2) и сроки схватывания (табл. 1, рис. 3).

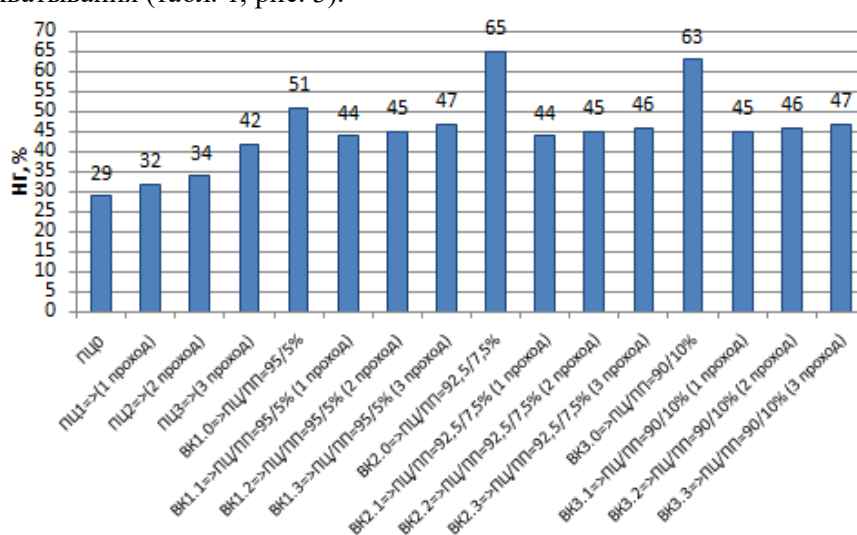


Рис. 2. Нормальная плотность вяжущих композиций
Fig. 2. Normal density of astringent compositions

Анализ полученных результатов влияния различного содержания перлитовых отходов, условий их приготовления в струйной вихревой мельнице на нормальную плотность вяжущих композиций показал, что нормальная плотность увеличивается при повышенном содержании перлитовых отходов. Сравнивая нормальную плотность исходного ПЦ и цементов, активированных в мельнице от 1-го до 3-х раз, установлено, что ее ве-

личина возрастает от 10 до 44% т.к. увеличивается удельная поверхность и в связи с этим повышается водопотребность ПЦ.

Отмечено, что нормальная густота рядового ПЦ в сравнении с вяжущими композициями с различным содержанием отходов перлитового производства: 5; 7,5 и 10% увеличивается с 29 до 65%, что превосходит нормальную густоту ПЦ в 2,2 раза, что свидетельствует о высокой водопотребности композиций.

Нормальная густота вяжущей композиции с соотношением ПЦ 95% – перлит 5% и вяжущих композиций при аналогичном отношении, активированных в мельнице от 1-го до 3-х раз, снижается от 11 до 19% с уменьшением числа проходов от 3-х до 1-го (табл. 1).

Анализ нормальной густоты вяжущей композиции с соотношением ПЦ 92,5% – перлит 7,5% и аналогичных композиций, пропущенных через мельницу от 3-х до 1-го раз дают снижение нормальной густоты от 21 до 27%.

Нормальная густота вяжущей композиции с содержанием ПЦ 90% – перлит 10% и вяжущих композиций при таком же соотношении, активированных в мельнице от 1-го до 3-х раз, понижается от 21 до 28% с уменьшением числа проходов от 3-х до 1-го (табл. 1).

Таким образом, при приготовлении вяжущих композиций с различным содержанием отходов перлитового производства отмечается, что с увеличением количества проходов через мельницу увеличивается нормальная густота, что обусловлено увеличением удельной поверхности композиции и ее повышенной реакционной активностью.

Сроки схватывания (рис. 3) разработанных составов вяжущих композиций приведены в табл. 1, (составы 1-16). Было установлено, что сроки схватывания образцов на основе ПЦ, активизированных в струйной вихревой мельнице от 1-го до 3-х проходов, уменьшаются: начало схватывания снижается от 27 до 54%, а конец схватывания от 27 до 38%. Полученные результаты соответствуют существующим теоретическим положениям. В вяжущих композициях, не активизированных в вихревой струйной мельнице, с концентрацией перлита 5%, начало сроков схватывания, в сравнении с бездобавочным ПЦ, увеличивается на 49%, а при увеличении концентрации перлита в до 7,5% и 10% – сокращается от 4% до 12%, при этом конец схватывания этих композиций увеличивается от 50% до 60%. При повышении количества проходов через вихревую струйную мельницу начало схватывания вяжущих композиций с разной концентрацией перлита ускоряется, что свидетельствует об активизации процессов гидратации в системах. Для составов с содержанием перлитовой составляющей 12% характерны ранние сроки начала схватывания, что свидетельствует о повышенной гидравлической активности синтезированных композиций. Анализ полученных результатов по определению сроков схватывания вяжущих композиций, дает основание сделать предположение об исключительно сложных взаимодействиях, протекающих в рассматриваемых системах, которые, безусловно, будут определять конечные физико-механических свойства композита и процессы формирования микроструктуры.

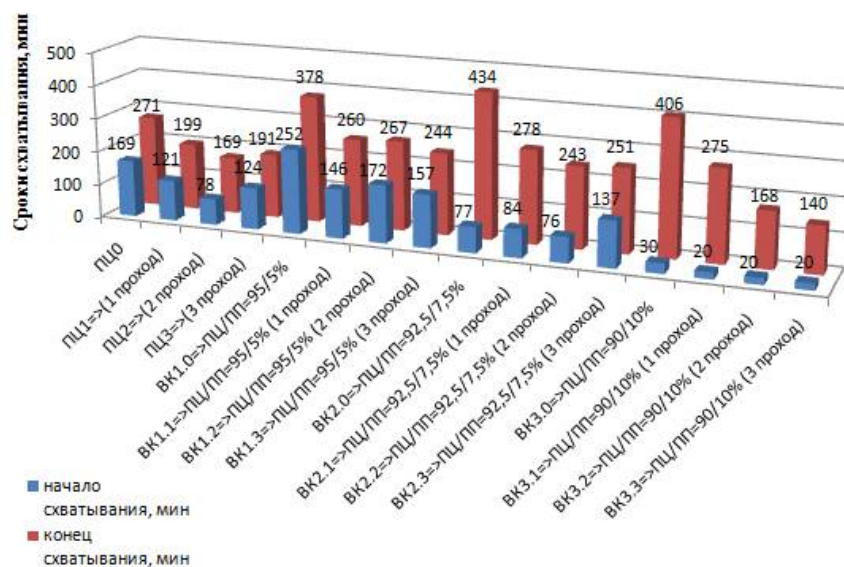


Рис. 3. Сроки схватывания вяжущих композиций и ПЦ, активизированных в струйной вихревой мельнице
Fig. 3. The setting time of astringent compositions and PCs, activated in a jet vortex mill

Ранее с помощью электронной микроскопии было установлено, что при измельчении в шаровой мельнице вспученные перлитовые зерна, приобретают оскольчато-пластинчатую форму, благодаря чему создается высокодисперсная пространственная объемная структура вяжущих композиций в создаваемой на ее основе сухой теплоизоляционной смеси и растворе. Для зерен перлита, измельченные в вибрационной мельнице характерна шаровидно-эллипсоидная форма (рис. 4), что отрицательно сказывается на нормальной густоте вяжущих композиций – она увеличивается вследствие удержания и защемления воды шаровидными зернами перлита. Зерна перлита, измельчения которых осуществлялось в струйной вихревой мельнице, имеют пластинчато-призматическую форму, это должно положительно отразиться на снижении водопотребности растворной смеси, и обеспечить большую поверхность подложек для формирования кристаллогидратов кальция.

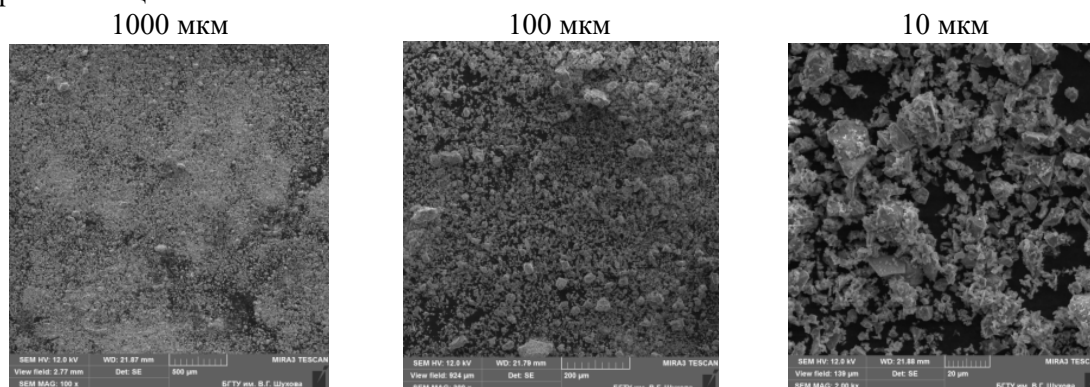


Рис. 4. Микроструктура цементного камня из вяжущей композиции приготовленной в вибрационной мельнице
Fig. 4. Cement stone microstructure from astringent composition prepared in a vibratory mill

Можно сделать вывод о том, что любая помольная установка формирует структуру измельчаемого материала и его определенную форму, характер которых отразится в композиционном вяжущем и в полученном композите.

Кристаллическая фаза цементного камня, полученного на основе активизированного композиционного вяжущего (1 проход через мельницу) представлена (рис. 5) блоками кристаллов в виде пластин, гексагональных призм, сросшихся в двойниковом положении в результате геометрического отбора растущих кристаллов. Помимо этого, в цементном камне наблюдаются новообразования, представляющие собой кристаллы и кристаллоагрегаты – друзы, которые находятся на тех или иных стадиях геометрического отбора растущих кристаллов в стесненных условиях. Из рисунка видно зарастание пор цементного камня гидратными соединениями и их уменьшение, что имеет важное значение для омоноличивания камня и синтеза его прочности. Эти же микрофотографии хорошо иллюстрируют рост отдельных призматических кристаллов вторичного портландита в направлении, перпендикулярном к исходной поверхности стенок поры, прослеживается срастание призматических кристаллов в результате геометрического отбора растущих кристаллов.

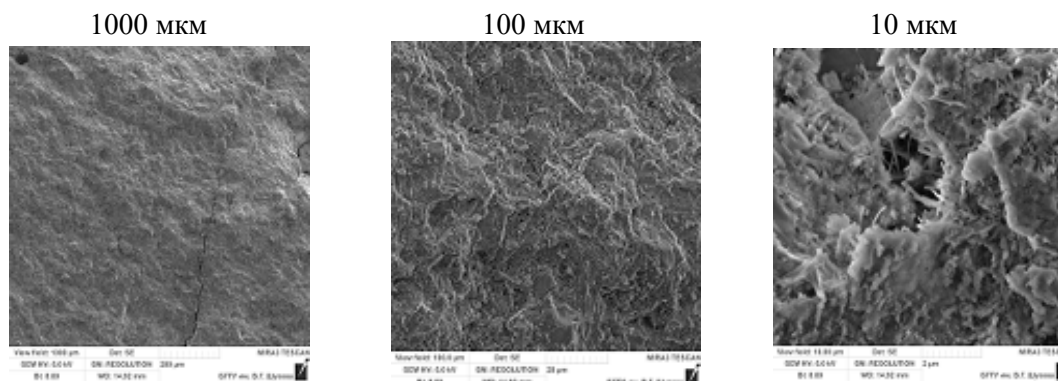


Рис. 5. Микроструктура цементного камня из ПЦ, активизированного в вихревой струйной мельнице (1 проход), через 28 суток
Fig. 5. The microstructure of cemented stone from PC, activated in a vortex jet mill (1 pass), after 28 days

Исследована микроструктура цементных камней, которые получены из синтезированных вяжущих композиций составов 5-16 методом электронной микроскопии (табл. 1, на рис. 6 приведена микроструктура состава 6). При этом выявлена микроструктура отдельных блоков, а также блочно-ритмическая структура цементного камня. Установлено, что срослись друг с другом во многих местах чешуйки гидросиликатов кальция, по всему объему, т.е. зафиксирован процесс собирательной рекристаллизации, обусловленный присутствием силикатного компонента - отходов производства перлитового песка. Наблюдается присутствие перлитовых зерен-пластин, просматривающихся по всему объему. Отмечается активное зарастание пор в виде сетчатых структур по всей площади скола, этот процесс имеет неодинаковые стадии, что вызвано различным минеральным составом исходных клинкерных зерен ПЦ и внесенных в вяжущие композиции отходов перлитового производства.

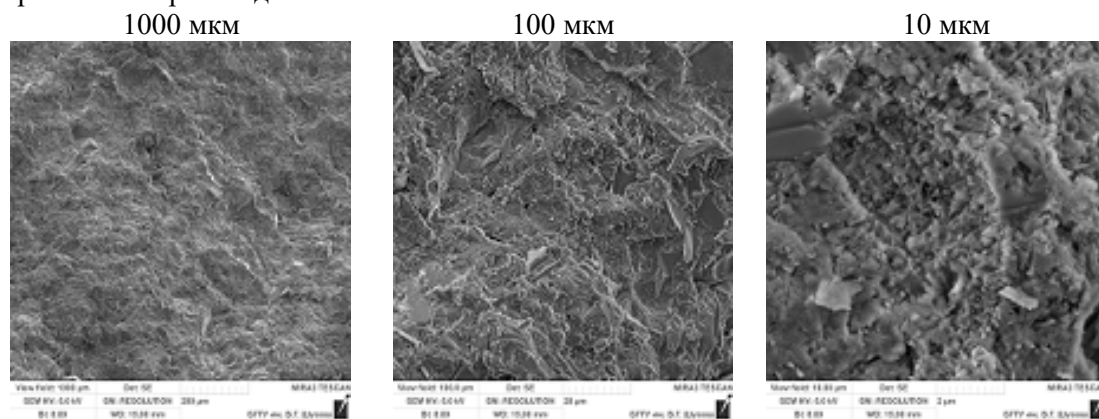


Рис. 6. Микроструктура цементного камня из вяжущей композиции состава 6 через 28 суток
Fig. 6. Microstructure of a cement stone from astringent composition 6 after 28 days

Электронные микроскопические исследования вяжущих композиций, приготовленных с применением перлитовых наполнителей, показали, что открытое первое пространство заполнено новообразованиями, которые находятся на различной стадии коллективного роста, и представлены одиночными кристаллами или их друзами, параллельно было выявленное наличие отдельного роста кристаллов в полностью заросших порах. Минеральные наполнители – отходы перлитового производства играют особую роль в формировании этих новообразований.

Анализ микроструктуры вяжущих композиций свидетельствует о создании плотной сросшейся структуры за счет рационально подобранного состава, использования эффективного минерального наполнителя – перлитовых отходов, создающих дополнительные подложки для формирования внутренней микроструктуры композита, дополнительной активизации сырьевой смеси, позволяющей получать композиты с заданными свойствами.

В итоге, изучение микроструктуры вяжущих композиций и ПЦ, активизированных в струйной вихревой мельнице, убедительно подтвердило полученные ранее физико-механические характеристики этих вяжущих.

Дальнейшая оптимизация проводилась с применением модифицирующих добавок (табл. 2).

С целью установления оптимальной дозировки функциональных добавок подбирали их количество в рекомендуемом диапазоне с определенным интервалом.

Наилучшие показатели композиционных вяжущих были получены при следующих дозировках добавок: Melment F10 0,53 % – 68,9 МПа; при дозировке добавки ASCO 93 0,04 % – 58,0 МПа и при дозировке Vinnapas 4042H 1,30 % – 49,0 МПа, что и определило их применение в теплоизоляционных растворах.

Таблица 2

Характеристики образцов с применением добавок

Table 2

Characteristics of samples using additives

№ п/п	Наименование добавки	Дозировка	Интервал варьирования	Определяемые параметры		
				ρ , г/см ³	НГ, %	R _{сж} ср при 28 сут, МПа
1	Суперпластификатор Melment F10	0,2% от массы ПЦ	0,33	2,2	39	52,1
2		0,53% от массы ПЦ		2,3	37	68,9
3		0,85% от массы ПЦ		2,3	36	40,7
4		1,18% от массы ПЦ		2,2	35	51,3
5		1,5% от массы ПЦ		2,3	34	59,2
6	Порообразователь ASCO 93	0,01% от массы КВ	0,01	2,2	44	55,7
7		0,02% от массы КВ		2,1	44	45,8
8		0,03% от массы КВ		2,1	44	38,1
9		0,04% от массы КВ		2,1	44	58,0
10		0,05% от массы КВ		2,1	44	34,5
11	Редиспергируемый порошок Vinnapas 4042 Н	0,7% от массы КВ	0,2	2,0	43	46,2
12		0,9% от массы КВ		2,1	44	45,2
13		1,1% от массы КВ		2,1	44	42,4
14		1,3% от массы КВ		2,1	45	49,0
15		1,5% от массы КВ		2,0	46	35,7
16	Редиспергируемый порошок Vinnapas 5043 Н	0,7% от массы КВ	0,2	2,0	46	38,6
17		0,9% от массы КВ		2,0	47	35,6
18		1,1% от массы КВ		2,0	47	35,1
19		1,3% от массы КВ		2,0	48	41,2
20		1,5% от массы КВ		2,0	48	37,2

Разработка состава теплоизоляционного раствора пониженной плотности проводилась путем использования полученного композиционного вяжущего и вспученного перлитового песка. В результате опытов было доказано, что рационально использовать соотношение КВ:ПП=1:11 (табл. 3).

Таблица 3

Разработка состава теплоизоляционного раствора пониженной плотности

Table 3

Development of low density heat insulation solution composition

№ п/п	Соотношение КВ:ПП (по объему)	ASCO, %	Melment F10, %	Vinnapas 4042 Н, %	Определяемые параметры	
					ρ , г/см ³	R _{сж} при 28 сут, МПа
1	1:9	0,04	0,53	1,30	1,40	4,4
2	1:11				1,20	2,5
3	1:13				1,30	2,0

Разработка рациональных составов сухих смесей и изучение влияния отдельных компонентов на технологические и физико-механические свойства, получаемых на их основе строительных растворов производились методом математического планирования эксперимента. Наилучшие значения минимальной плотности – 0,9 г/см³ при максимальной прочности – 2,3 МПа получили при следующих дозировках функциональных добавок: Melment F10 – 0,85 %; ASCO 93 – 0,05 %; Vinnapas 4042 Н – 1,1%.

Для оптимизации сухих теплоизоляционных смесей использовали различные микросферы. Установлено, что введение пенополистирольных микросфер позволяет снизить плотность раствора на 82% табл. 4, рис. 7) [6-14].

Таблица 4

Сравнительные физико-механические показатели композиционных вяжущих с техногенными, стеклянными и пенополистирольными микросферами, испытанные в возрасте 28 суток

Table 4

Comparative physical and mechanical indices of composite binders with technogenic, glass and foamed polystyrene microspheres tested at the age of 28 days

№ п/п	Наименование микросфер	Объем сфер (исходя из объема затворенного раствора), %	Определяемые параметры	
			ρ , кг/м ³	R _{сж} при 28 сут, МПа
1	Техногенные микросферы	50	570	0,72
2		30	650	1,03
3		10	790	1,30
3	Стеклянные микросферы гр. А1	50	590	1,05
4		30	640	1,39
5		10	660	1,52
6	Стеклянные микросферы гр. Б1	50	640	1,36
7		30	720	1,75
8		10	630	1,40
9	Пенополистирольные микросферы Ø3 мм	50	330	1,6
10		30	260	1,43
11		10	120	0,95
12	Пенополистирольные микросферы Ø3 мм+Ø5 мм (50:50%)	50	350	1,5
13		30	230	1,32
14		10	150	0,88
15	Пенополистирольные микросферы Ø5 мм	50	370	1,2
16		30	280	1,1
17		10	180	0,77
18	Состав без микросфер		1300	2,5

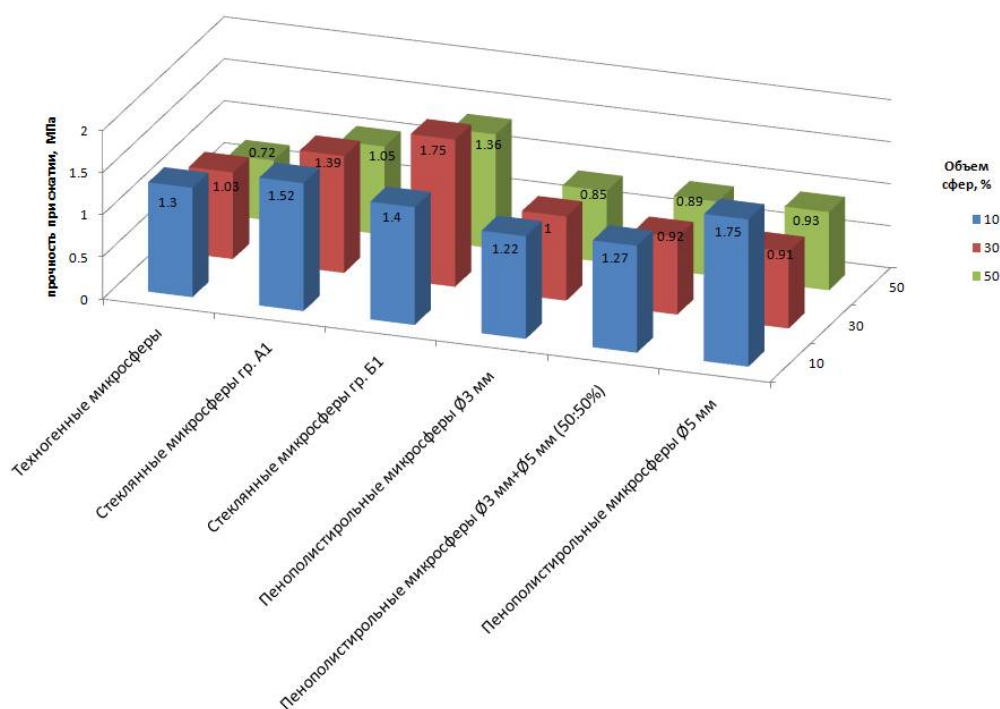


Рис. 7. Сравнительные физико-механические показатели композиционных вяжущих с техногенными, стеклянными и пенополистирольными микросферами, испытанные в возрасте 28 суток

Fig. 7. Comparative physical and mechanical indices of composite binders with technogenic, glass and foamed polystyrene microspheres tested at the age of 28 days

В ряду современных сухих строительных смесей для теплоизоляционных растворов разработанные составы (табл. 5) характеризуются улучшенными теплотехническими свойствами при оптимальных технико-экономических показателях [15].

Таблица 5

Основные эксплуатационные характеристики

Table 5

Main operational characteristics

Название показателя	Нормативные значения	Результаты испытаний	
		Предлагаемый состав	Сухая теплоизоляционная смесь на композиционном вяжущем
Средняя плотность, кг/м ³ , не более	500	240-260	285
Водоудерживающая способность, %, не менее	90	92,8	93,9
Прочность сцепления с основанием, МПа, не менее	0,2	0,33	0,26
Водопоглощение при капиллярном подсосе, кг/м ²	-	4,7	4,82
Коэффициент паропроницаемости, мг/м·ч·Па, не менее	0,02	0,07	0,08
Усадка покрытия	Отсутствие трещин в слое проектной толщины	Трещины отсутствуют	
Прочность на сжатие, МПа, не менее	1,05	1,3-1,43	1,05
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С), не более	0,2	0,051-0,059	0,06
Морозостойкость, циклов, не менее	50	80	73

Выводы

В результате исследований получен теплоизоляционный раствор пониженной плотности с высокими теплотехническими и эксплуатационными характеристиками. Установлено, что предлагаемый теплоизоляционный раствор пониженной плотности не уступает, а по некоторым характеристикам превосходит отечественные и зарубежные аналоги. Применение предлагаемого теплоизоляционного раствора пониженной плотности позволит уменьшить толщину наружной теплоизоляции стен зданий и сооружений, следовательно, повысит энергоэффективность строительных конструкций, а также обеспечить повышение трещиностойкости и долговечности, существенно снизить материальные затраты при строительстве и эксплуатации зданий.

Литература

1. Матросов Ю.А. Энергосбережение в зданиях: Проблема и пути ее решения. М.: НИИСФ, 2008. 496 с.
2. Трофимов Б.Я., Ахтямов Р.Я., Ахмедьянов Р.М. Теплоизоляционные штукатурные растворы с вермикулитовым наполнителем // Цемент и его применение. 2002. №3. С. 38 – 39.
3. Материалы и изделия на основе вспученного перлита / А.В.Жуков и др. М.: Стройиздат, 1972. 59 с.
4. Строкова В.В., Гринев А.П., Алфимова Н.И., Огурцова Ю.Н.. Мелкозернистые бетоны для монолитного строительства на основе сырья Ханты-Мансийского автономного округа. Белгород: Изд-воБГТУим. В.Г. Шухова, 2011. 107 с.
5. Алфимова Н.И., Вишневская Я.Ю., Трунов П.В. Композиционные вяжущие и изделия с использованием техногенного сырья. Saarbrucken. LAP LAMBERT, 2013. 127 с.
6. Белов Н.В. Химия и кристаллохимия силикатов кальция // V Всесоюз. совещ. по химии цемента: Тез докл. М., 1978. С. 23 – 29.
7. Volodchenko A.A., Lesovik V.S., Zagorodnjuk L.H., Volodchenko A.N., Kuprina A.A. The control of

building composite structure formation through the use of multifunctional modifiers // Research Journal of Applied Sciences. 2015. №10 (12). P. 931 – 936.

8. <http://dv.sartpp.ru/news.php?ID=206>

9. Kuprina A.A., Lesovik V. S., Zagorodnyk L. H., Elistratkin M. Y. Anisotropy of Materials Properties of Natural and Man-Triggered Origin // Research Journal of Applied Sciences. 2014. №9. P. 816 – 819.

10. Lesovik V.S., Zagorodnyk L.H., Mestnikov A.E., Kudinova A.I., Sumskoi D.A. Designing Of Mortar Compositions On The Basis Of Dry Mixes // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. T.10. №5. P. 12383 – 12390.

11. Набиевский С.Ю. Перлит в современных бетонах, сухих строительных смесях и негорючих теплоизоляционных изделиях. М.: Строительные материалы, 2006. 496 с.

12. К вопросу об использовании стеклянных полых микросфер для теплоизоляционно-конструкционных кладочных растворов / А.В. Ключков, Н.В. Павленко, В.В. Строкова, Ю.А. Беленцов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2012. №3. С. 64 – 66.

13. Рецептурный справочник по сухим строительным смесям / В.И. Корнеев, П.В. Зозуля, И.Н. Медведева, Г.А. Богоявленская, Н.И. Нухдина. СПб.: РИА «Квинтет», 2010. 318 с.

14. Высокоэффективные теплоизоляционные материалы на основе техногенного сырья / О.В. Пучка, С.В. Сергеев, С.С. Вайсера, Н.В. Калашников // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. №2. С. 51 – 55.

15. Оценка качества и стоимости теплоизоляционных материалов для ограждающих конструкций / О.В. Пучка, М.Н. Степанова, Я.Г. Наумова, Н.В. Калашников // Строительные материалы. 2008. №12. С. 22 – 24.

References

1. Matrosov Ju.A. Jenergoberezhenie v zdaniyah: Problema i puti ee reshenija. M.: NIISF, 2008. 496 p. (rus)
2. Trofimov B.Ja., Ahtjamov R.Ja., Ahmed'janov R.M. Teploizoljacionnye shtukатурные растворы s vermikulirovym zapolnitelem. Cement i ego primenenie. 2002. 3. P. 38 – 39. (rus)
3. Zhukov A.V. Materialy i izdelija na osnove vspuchennogo perlita. M.: Strojizdat, 1972. 59 p. (rus)
4. Strokov V.V., Grinev A.P., Alfimova N.I., Ogurcova Ju.N.. Melkozernistye betony dlja monolitnogo stroitel'stva na osnove syr'ja Hanty-Mansijskogo avtonomnogo okruga. Belgorod: Izd-vo BGTU im. V.G. Shuhova, 2011. 107 p. (rus)
5. Alfimova N.I., Vishnevskaja Ja.Ju., Trunov P.V. Kompozicionnye vjazhushhie i izdelija s ispol'zovaniem tehnogennoogo syr'ja. Saarbrucken. LAP LAMBERT, 2013. 127 p. (rus)
6. Belov N.V. Himija i kristallohimija silikatov kal'cija. V Vsesojuz. soveshh. po himii cementa: Tez dokl. M., 1978. P. 23 – 29. (rus)
7. Volodchenko A.A., Lesovik V.S., Zagorodnyk L.H., Volodchenko A.N., Kuprina A.A. The control of building composite structure formation through the use of multifunctional modifiers. Research Journal of Applied Sciences. 2015. 10 (12). P. 931 – 936.
8. <http://dv.sartpp.ru/news.php?ID=206>
9. Kuprina A.A., Lesovik V. S., Zagorodnyk L. H., Elistratkin M. Y. Anisotropy of Materials Properties of Natural and Man-Triggered Origin. Research Journal of Applied Sciences. 2014. 9. P. 816 – 819.
10. Lesovik V.S., Zagorodnyk L.H., Mestnikov A.E., Kudinova A.I., Sumskoi D.A. Designing Of Mortar Compositions On The Basis Of Dry Mixes. International Journal of Applied Engineering Research. 2015. 10 (5). P. 12383 – 12390.
11. Nacievskij S.Ju. Perlit v sovremennyh betonah, suhих stroitel'nyh smesjah i negorjuchih teploizoljacionnyh izdelijah. M.: Stroitel'nye materialy, 2006. 496 p. (rus)
12. Klochkov A.V., Pavlenko N.V., Strokov V.V., Belencov Ju.A. K voprosu ob ispol'zovanii stekljannyh polnyh mikrosfer dlja teploizoljacionno-konstrukcionnyh kladochnykh rasvoroov. Vestnik BGTU im. V.G. Shuhova. 2012. 3. P. 64 – 66. (rus)
13. Korneev V.I., Zozulja P.V., Medvedeva I.N., Bogojavlenskaja G.A., Nuzhdina N.I. Recepturnyj spravochnik po suhim stroitel'nyh smesjam. SPb.: RIA «Kvintet», 2010. 318 p. (rus)
14. Puchka O.V., Sergeev S.V., Vajsera S.S., Kalashnikov N.V. Vysokoeffektivnye teploizoljacionnye materialy na osnove tehnogennoogo syr'ja. Vestnik BGTU im. V.G. Shuhova. 2013. 2. P. 51 – 55. (rus)
15. Puchka O.V., Stepanova M.N., Naumova Ja.G., Kalashnikov N.V. Ocenka kachestva i stoimosti teploizoljacionnyh materialov dlja ograzhdajushhhikh konstrukcij. Stroitel'nye materialy. 2008. 12. P. 22 – 24. (rus)

**Zagorodnyuk L.Kh. *, Doctor of Engineering Sciences (Advanced Doctor), Professor,
Lesovik V.S., Doctor of Engineering Sciences (Advanced Doctor), Professor,
Sumskoy D.A., Postgraduate,
Belgorod State Rechnological University named after V.G. Shukhov, Russia**
*Corresponding author E-mail: lhz47@mail.ru

THERMAL INSULATION SOLUTIONS OF THE REDUCED DENSITY

Abstract: today energy saving and energy efficiency improvement in Russia are priority directions of the country's energy policy. First of all, when creating an energy-efficient house, it is necessary to think about preventing heat losses through enclosing structures, and only then about reducing lighting costs, optimizing the work of building engineering systems, and the introduction of alternative energy sources. Materials for thermal insulation, the most important characteristic of which is the thermal conductivity, do the main role in the provision of optimal conditions of indoor air. The creation of thermal insulation solutions with improved thermal protection properties is a very acute problem at the moment. In this connection, the purpose of this work was to create effective compositional binders that contribute to the reduction of the density of thermal insulation materials.

Within the framework of the energy-saving program and the development of housing construction of the Russian Federation and the implementation of the Federal Law №185-FZ "On assistance to the reform of housing and communal services", the creation of new effective building materials with high performance and thermal protection characteristics that can compete with foreign analogues is of great importance.

This article presents new approaches to improve the efficiency of dry heat-insulating mixtures, taking into account the law of affinity structures, which provides for the design of composites using fillers and composite binders of reduced density. Thermal insulation solutions on the basis of dry construction mixtures have superior technology, physical and mechanical and operational performance.

Keywords: perlite sand production waste, jet vortex mill, grain size, physical and mechanical properties

Для цитирования: Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Сумской Д.А. Теплоизоляционные растворы пониженной плотности // Строительные материалы и изделия. 2018. Том 1. №1. С. 40 – 50. DOI: 10.34031/2618-7183-2018-1-1-40-50

For citation: Zagorodnyuk L.Kh., Lesovik V.S., Sumskoy D.A. Thermal insulation solutions of the reduced density. Construction Materials and Products. 2018. 1 (1). P. 40 – 50. DOI: 10.34031/2618-7183-2018-1-1-40-50

Поступила в редакцию 5 января 2018 г.

Принята в доработанном виде 1 февраля 2018 г.

Одобрена для публикации 10 марта 2018 г.

Received: January 5, 2018.

Revised: February 1, 2018.

Accepted: March 10, 2018.