

DOI: 10.12737/24488

Загороднюк Л.Х., д-р техн. наук, проф.,
Сумской Д.А., аспирант,
Золотых С.В., аспирант,
Канева Е.В., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ПОЛУЧЕНИЕ ВЯЖУЩИХ КОМПОЗИЦИЙ ДЛЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ РАСТВОРОВ В ВИХРЕВОЙ СТРУЙНОЙ МЕЛЬНИЦЕ

LHZ47@mail.ru

Приведены результаты исследований по измельчению отходов перлитового производства в вихревой струйной мельнице, установлены особенности их измельчения. Получены вяжущие композиции при различных соотношениях цемента и отходов производства перлитового песка в вихревой струйной мельнице при разных режимах измельчения. Изучены особенности процессов измельчения и определены технологические и физико-механические свойства полученных вяжущих композиций.

Ключевые слова: вяжущие композиции, вихревая струйная мельница, отходы производства перлитового песка, гранулометрический состав, физико-механические показатели.

Введение. Повышение энергоэффективности и энергосбережение являются на сегодняшний день приоритетными направлениями энергетической политики России. При проектировании энергоэффективного дома в первую очередь стоит побеспокоиться о предотвращении потерь тепла через ограждающие конструкции, а уже потом об оптимизации работ инженерных систем здания, о снижении затрат на освещение и внедрении альтернативных источников энергообеспечения. Теплоизоляционные материалы, чьей главной характеристикой является теплопроводность, играют решающую роль в обеспечении оптимальных условий микроклимата помещений. Задача создания теплоизоляционных растворов с улучшенными теплозащитными характеристиками является на данный момент весьма актуальной. Для снижения плотности теплоизоляционных растворов необходимо создать эффективное композиционное вяжущее, что явилось целью данной работы.

Методология. В качестве сырьевых материалов использованы: цемент ЦЕМ I 42,5Н (ГОСТ 31108-2003) ЗАО «Белгородский цемент» и отходы производства перлитового песка. Композиционное вяжущее получали в помольном агрегате - вихревой струйной мельнице ВСМ-01. Гранулометрический анализ проводился на установке MicroSizer 201. Физико-механические свойства вяжущих композиций определяли в соответствии с нормативными требованиями.

Основная часть. В настоящее время широкое распространение получили композиционные вяжущие, которые широко применяют для рационального использования цемента в бетоне и для получения высококачественных строительных материалов различного назначения [1–25 и др.].

Композиционные вяжущие представляют собой продукт механохимической активации в регламентированных условиях портландцемента или другого вяжущего с химическими модификаторами, обеспечивающими водопонижающий эффект, и минеральными добавками различного генезиса.

При получении композиционных вяжущих различного назначения в качестве минеральных добавок активно используются различные природные материалы и отходы промышленного производства: золы, шлаки, шламы, хвосты мокрой магнитной сепарации железистых кварцитов, техногенные пески и т.д. Ранее проведенными исследованиями установлена высокая эффективность использования отходов перлитового производства при получении композиционных вяжущих для теплоизоляционных растворов. Так, введение в композиционные вяжущие, полученных в шаровой и вибрационной мельницах, отходов перлитового производства в пределах 5–10 % и пластификатора, обеспечило повышение прочности при сжатии почти в два раза [26]. В связи с этим нами была поставлена задача получения композиционных вяжущих в вихревой струйной мельнице и изучение особенностей процессов измельчения и исследования свойств полученных композиционных вяжущих.

Вихревая мельница представляет собой газодинамический измельчитель, в котором осуществляется каскадное ударное измельчение при низких скоростях соударений, близких к порогу разрушения материала (рис. 1). При этих скоростях затраты энергии на образование новой поверхности минимальны, но создаются условия для активации поверхностного слоя частиц.

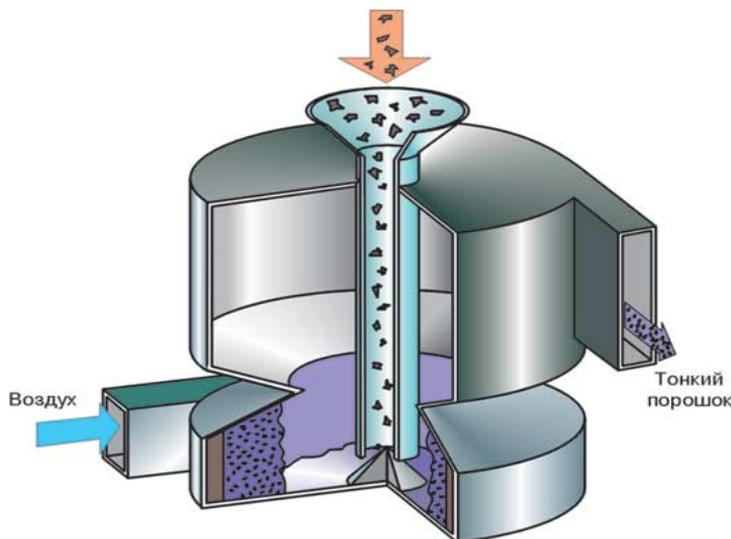


Рис. 1. Схема работы вихревой струйной мельницы

Вихревая струйная мельница (ВСМ-01) имеет следующие параметры: футеровка рабочей камеры – «лунная поверхность»; рабочее давление – 10 бар; расход воздуха – $1\text{ м}^3/\text{мин}$; производительность зависит от свойств конкретного материала. В мельнице эффективно измельчаются хрупкие и пластичные материалы, а также частицы в суспензии, текучие материалы. Технично-экономические преимущества: отсутствие локального разогрева; отсутствие движущихся элементов; малые габариты, простота обслуживания, безопасность и надежность; низкое давление воздуха на входе (если для распространенных струйных мельниц характерно использование сжатого воздуха при давлениях $0,7...1,4\text{ МПа}$, то в вихревой мельнице аналогичные результаты достигаются при $0,2...0,6\text{ МПа}$) [27].

В соответствии с поставленной целью на первом этапе исследованы особенности измельчения отходов перлитового производства в данной мельнице. Методом электронно-микроскопических исследований ранее установлены особенности измельчения вспученных перлитовых зерен в шаровой мельнице, приобретающих осколчато-пластинчатую форму при помоле, которая благоприятно влияет на создание высокодисперсной пространственной объемной структуры вяжущих композиций в создаваемой сухой теплоизоляционной смеси и растворе на ее основе [15]. Анализ измельченных перлитовых зерен в вибрационной мельнице показал, что зерна в процессе приобретают шаровидно-эллипсоидную форму, что сказывается на увеличении нормальной плотности вяжущих композиций, вследствие зацементования и удержания воды шаровидными зернами перлита. В результате проведенных нами исследований помола перлитовых зерен в вихревой струйной

мельнице установлено, что зерна перлита имеют пластинчато-призматическую форму (рис. 2 а, б, в), что отчетливо видно на микрофотографиях. Как видно, помол в вихревой струйной мельнице повлиял на формирование частиц перлитовых отходов, которые приобрели вид «шоколадной крошки».

Таким образом, каждая помольная установка формирует определенную форму и структуру измельчаемого материала, свойства которого отразятся в композиционном вяжущем и в полученном композите.

Кривая исследования товарного цемента представленная на рис.3, показывает распределение частиц по размеру, в пределах от $0,1$ до 100 мкм с удельной поверхностью $12637\text{ см}^2/\text{см}^3$. Кривая распределения перлитовых отходов (рис.4) показывает распределение частиц от 1 до 100 мкм , при этом удельная поверхность частиц составляет $3099\text{ см}^2/\text{см}^3$. При примерно одинаковом распределении частиц, удельная поверхность цемента более чем в 4 раза превосходит удельную поверхность перлитовых отходов. Это объясняется тем, что частицы цемента имеют форму зерен, а частицы перлитовых отходов имеют пластинчатую форму (при значительной тонкости частиц они имеют большой размер по длине и ширине).

С целью установления оптимального состава композиционного вяжущего были исследованы составы вяжущих композиций (табл. 1). Вяжущие композиции пропускались через вихревую струйную мельницу один, два и три раза с различным процентным содержанием отходов перлитового производства 5 ; $7,5$ и 10% . Для сравнения исследовался товарный цемент при соответствующем пропуске через вихревую струйную мельницу.

Каждый состав вяжущих композиций после помола исследовали на приборе Analysette 22

NanoTec plus для определения гранулометрического состава (рис. 5-8 а, б, в, г).

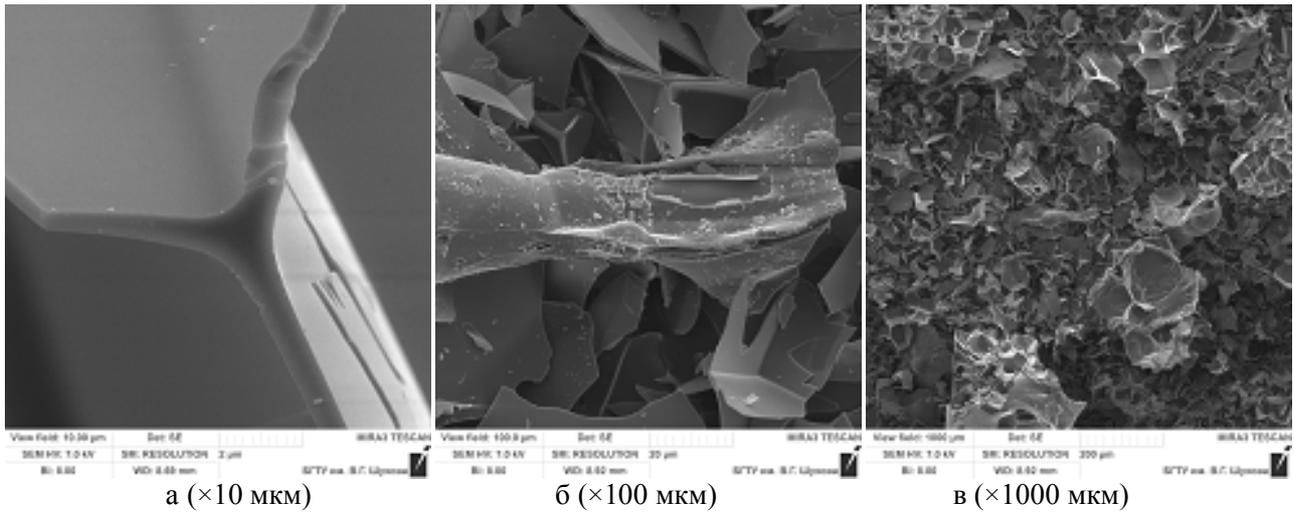


Рис.1. Исходные перлитовые отходы

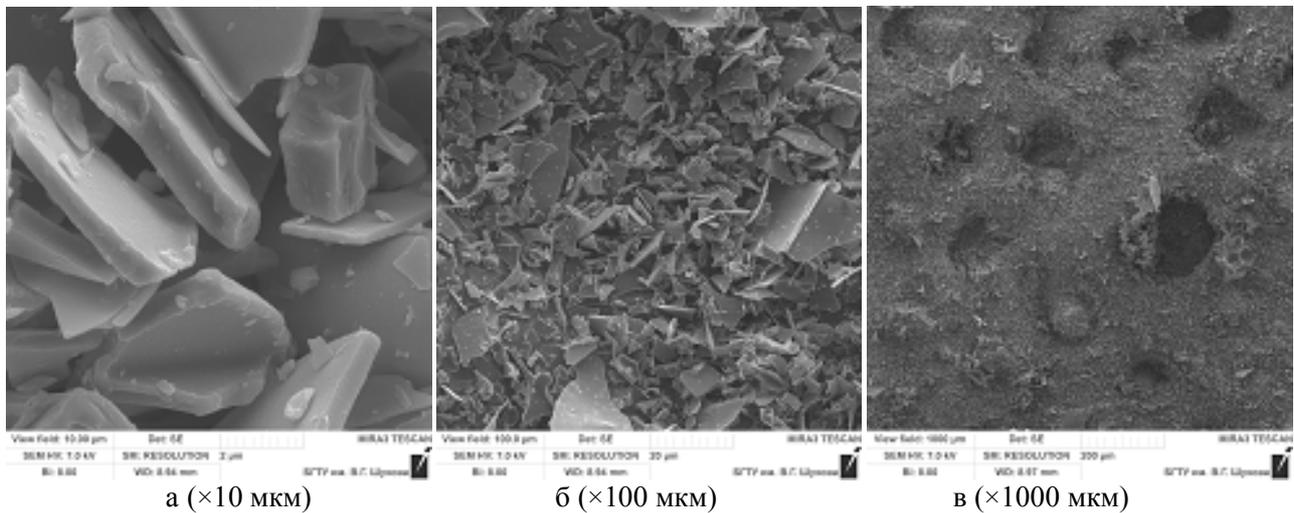


Рис. 2. Перлитовые отходы, измельчённые в вихревой струйной мельнице

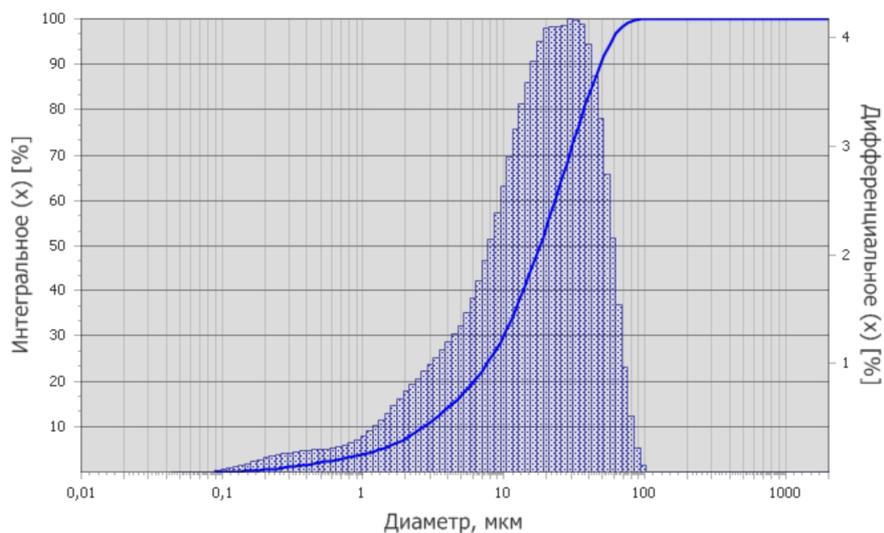


Рис. 3. Распределение частиц цемента по размерам

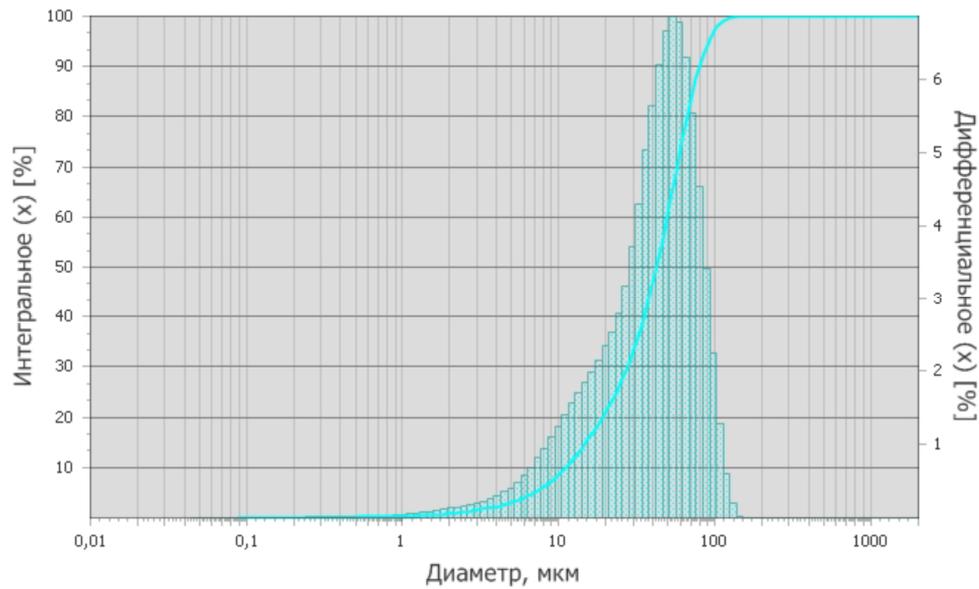


Рис. 4. Распределение частиц перлитовых отходов по размерам

Таблица 1

Составы вяжущих композиций

№ составов	Наименование	кол-во воды, мл	НГ, %	схватывание, мин		плотность, г/см ³	R _{сж} , МПа	
				начало	конец		через 3 сут	через 28 сут
1	ПЦ0	116	29	169	271	2,3	40,1	43,1
2	ПЦ1=>(1 проход)	128	32	121	199	2,1	46,3	47,2
3	ПЦ2=>(2 проход)	134	34	78	169	2,1	45,5	49,0
4	ПЦ3=>(3 проход)	168	42	124	191	2,1	48,4	50,1
5	КВ1.0=>ПЦ/ПП=95/5 %	203	41	252	378	1,8	13,6	25,8
6	КВ1.1=>ПЦ/ПП=95/5 % (1 проход)	165	44	146	260	2,0	41,9	51,6
7	КВ1.2=>ПЦ/ПП=95/5 % (2 проход)	177	45	172	267	2,0	34,8	38,1
8	КВ1.3=>ПЦ/ПП=95/5 % (3 проход)	180	51	157	244	2,0	42,2	52,0
9	КВ2.0=>ПЦ/ПП=92,5/7,5 %	260	65	77	434	1,7	6,9	13,2
10	КВ2.1=>ПЦ/ПП=92,5/7,5 % (1 проход)	175	44	84	278	1,9	31,9	38,0
11	КВ2.2=>ПЦ/ПП=92,5/7,5 % (2 проход)	180	45	76	243	2,0	20,0	41,8
12	КВ2.3=>ПЦ/ПП=92,5/7,5 % (3 проход)	185	46	137	251	2,0	23,4	31,6
13	КВ3.0=>ПЦ/ПП=90/10 %	250	63	30	406	1,6	5,8	13,2
14	КВ3.1=>ПЦ/ПП=90/10 % (1 проход)	180	45	20	275	1,8	23,8	45,5
15	КВ3.2=>ПЦ/ПП=90/10 % (2 проход)	184	46	20	168	2,0	15,3	53,3
16	КВ3.3=>ПЦ/ПП=90/10 % (3 проход)	186	47	20	140	2,0	21,8	47,8

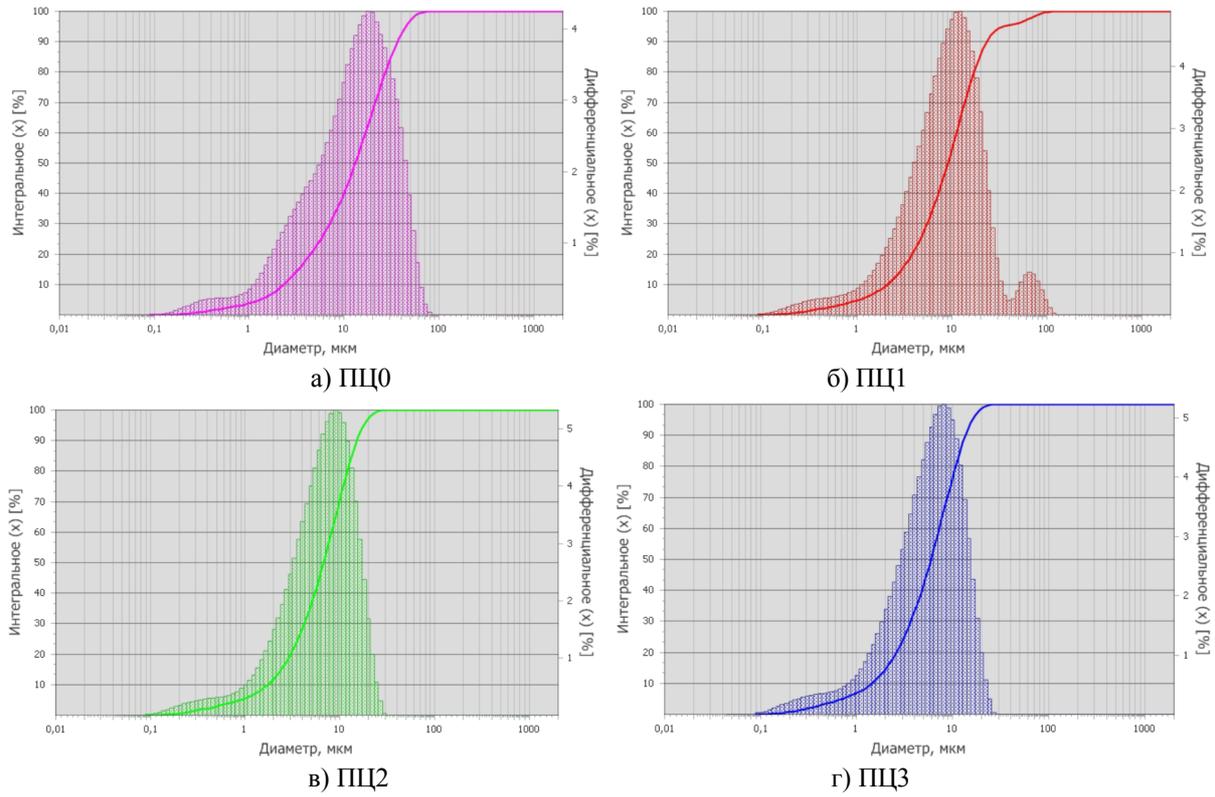


Рис. 5. Распределение частиц цемента по размерам

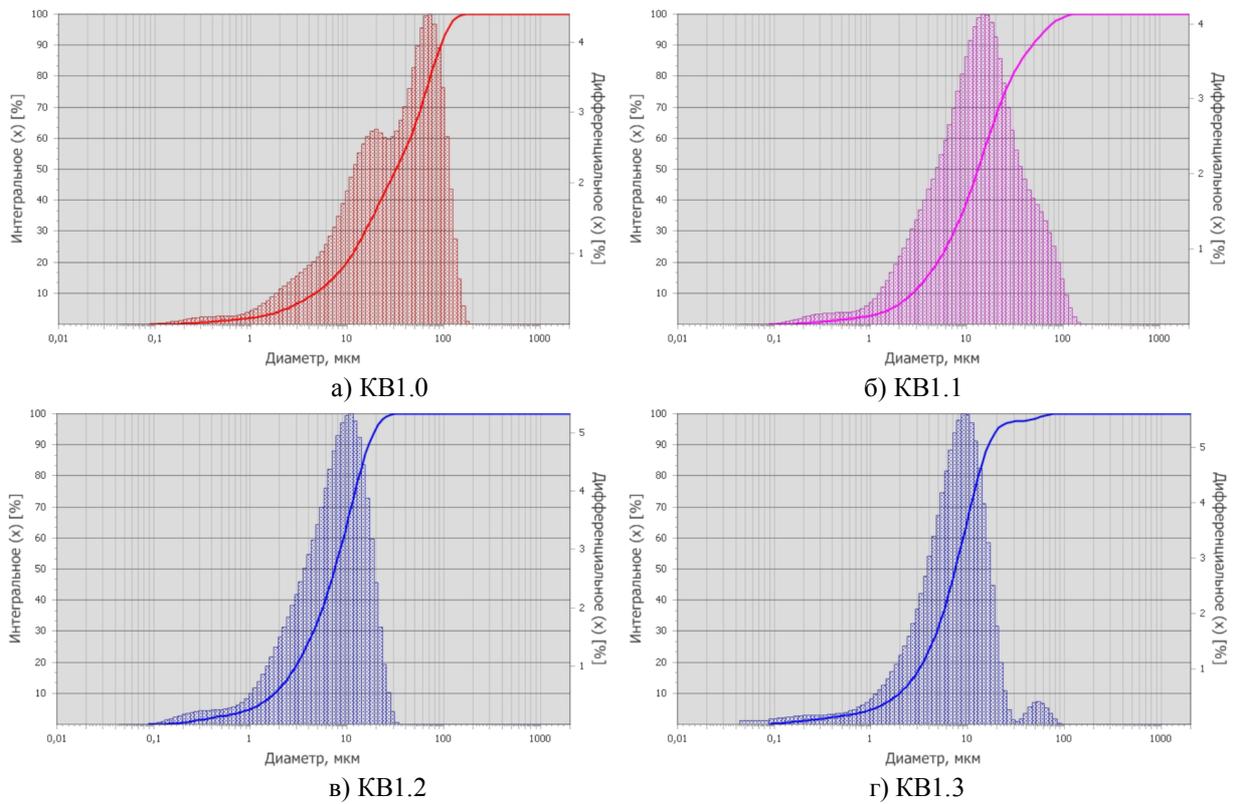


Рис. 6. Распределение частиц вяжущей композиции по размерам

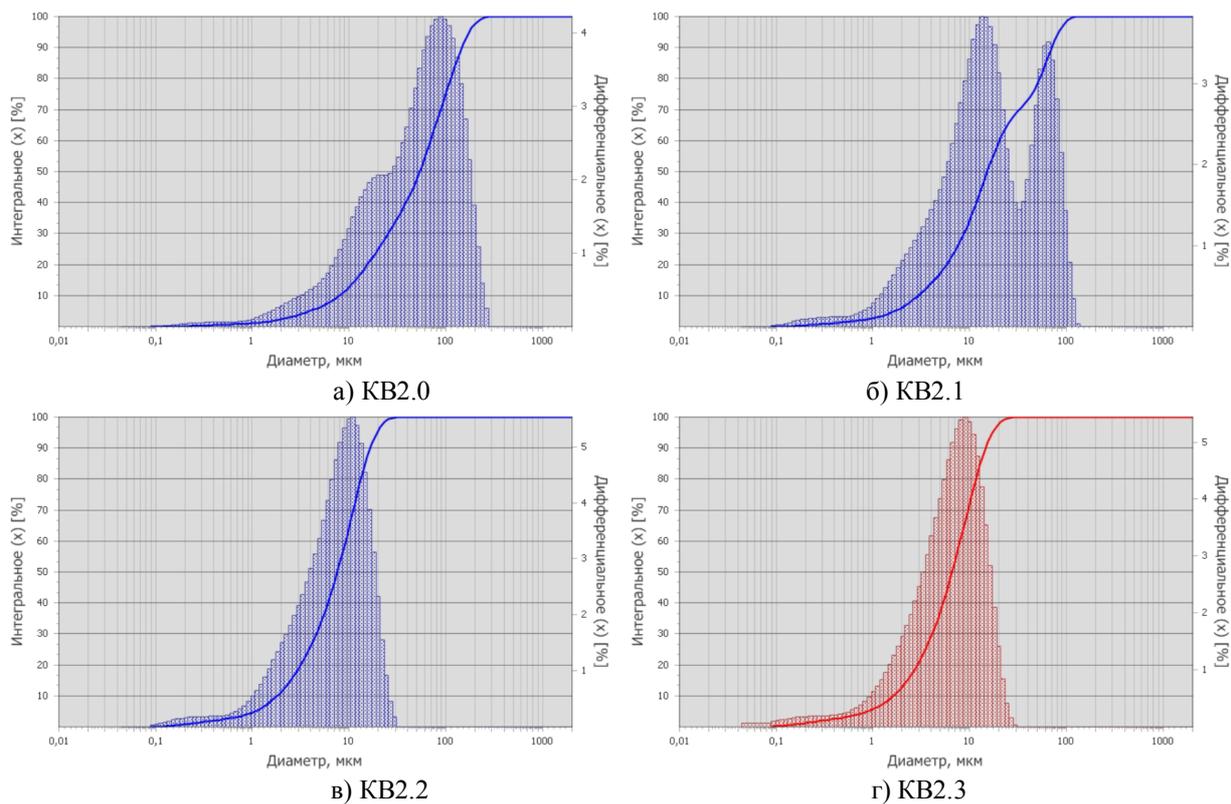


Рис. 7. Распределение частиц вяжущей композиции по размерам

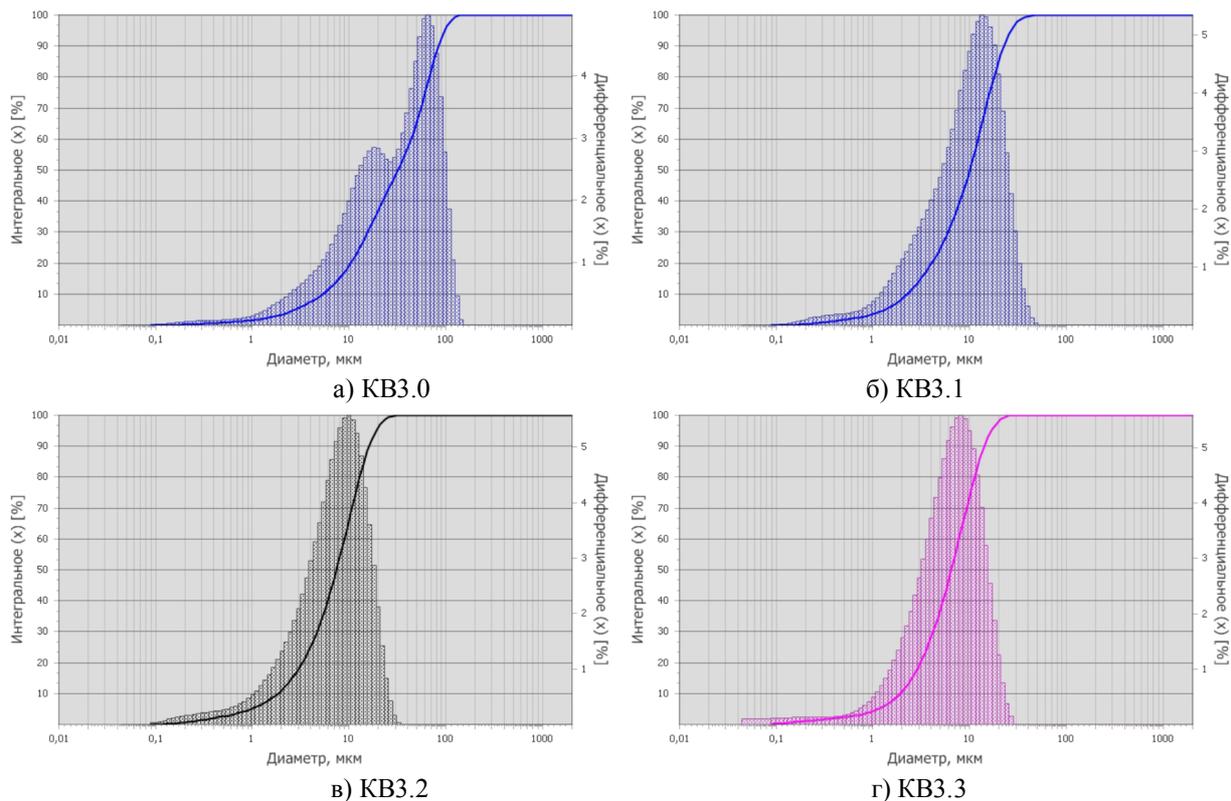


Рис. 8. Распределение частиц вяжущей композиции по размерам

Распределение частиц по размерам товарного цемента (исходного) находится в пределах от 0,1 до 100 мкм, их удельная поверхность составляет $13429 \text{ см}^2/\text{см}^3$ (рис. 5а). Товарный цемент, пропущенный через вихревую струйную мельницу один раз, имеет распределение частиц

по размерам в пределах от 0,1 до 100 мкм и приобретает удельную поверхность $16945 \text{ см}^2/\text{см}^3$, прирост удельной поверхности составляет 26 % (рис. 5 б). Товарный цемент, пропущенный через вихревую струйную мельницу два раза, имеет распределение частиц в диапазоне

от 0,1 до 20 мкм с удельной поверхностью $20156 \text{ см}^2/\text{см}^3$, что обеспечивает прирост удельной поверхности на 50 % (рис. 5в). Трехкратный пропуск товарного цемента через вихревую струйную мельницу показывает распределение частиц в пределах 0,1 до 20 мкм с удельной поверхностью $23520 \text{ см}^2/\text{см}^3$, прирост удельной поверхности составляет 75 % (рис. 5г).

Полученные результаты свидетельствуют об эффективности многократного пропуска товарного цемента через вихревую струйную установку, что указывает на предпосылки для создания высокодисперсных систем для последующей гидратации и получения высокопрочных композитов.

Рассматривая кривые распределения частиц при приготовлении вяжущих композиций при соотношении компонентов: 95 % цемента – 5 % перлитовых отходов в вихревой струйной мельнице следует отметить, что исходная смесь имеет распределение частиц по размеру от 0,1 до 200 мкм с удельной поверхностью $7636 \text{ см}^2/\text{см}^3$ (рис. 6а). При однократном проходе через мельницу смесь вызывает распределение частиц от 0,1 до 180 мкм, при этом удельная поверхность составляет $11874 \text{ см}^2/\text{см}^3$, прирост удельной поверхности – 55,5 % (рис. 6б). При двукратном проходе через мельницу смесь имеет распределение частиц от 0,1 до 25 мкм с удельной поверхностью $18998 \text{ см}^2/\text{см}^3$, дает прирост удельной поверхности 148,8 % (рис. 6в). При трехкратном проходе смеси распределение частиц от 0,04 до 100 мкм с удельной поверхностью $20206 \text{ см}^2/\text{см}^3$, что обеспечивает прирост удельной поверхности 164,6 % (рис. 6г).

Данные результаты указывают на целесообразность многократного помола вяжущих композиций в вихревой струйной установке.

Анализ кривых распределения частиц при приготовлении вяжущих композиций при соотношении компонентов: 92,5 % цемента – 7,5 % перлитовых отходов в вихревой струйной установке показывает, исходная смесь содержит частицы размерами от 0,1 до 300 мкм с удельной поверхностью $4860 \text{ см}^2/\text{см}^3$ (рис. 7а). При однократном проходе через мельницу смесь содержит частицы от 0,1 до 110 мкм с удельной поверхностью $11172 \text{ см}^2/\text{см}^3$, прирост удельной поверхности составляет 130 % (рис. 7 б). При двукратном проходе смесь содержит частицы от 0,1 до 30 мкм с удельной поверхностью $19195 \text{ см}^2/\text{см}^3$, что дает прирост 295 % (рис. 7в). Трехкратный проход в мельнице обеспечивает наличие частиц размером от 0,04 до 30 мкм с удельной поверхностью $22854 \text{ см}^2/\text{см}^3$, прирост

удельной поверхности составляет 370 % (рис. 7г).

Полученные результаты свидетельствуют о высокой эффективности помола данных композиций в мельнице.

Изучение кривых распределения частиц вяжущих композиций, приготовленных в вихревой струйной мельнице при соотношении компонентов: 90% цемента и 10% перлитовых отходов показало следующее. Исходный состав указанной композиции показал распределение частиц по размерам в пределах от 0,1 до 150 мкм, с удельной поверхностью $6833 \text{ см}^2/\text{см}^3$ (рис. 8а). При повторном помоле этой смеси распределение частиц изменилось с 0,1 до 50 мкм, с удельной поверхностью $14315 \text{ см}^2/\text{см}^3$, что имеет прирост 109 % (рис. 8б). При двукратном проходе композиции через мельницу распределение частиц изменилось с 0,1 до 35 мкм, с удельной поверхностью $19231 \text{ см}^2/\text{см}^3$, что дает прирост поверхности на 181 % (рис. 8в). При трехкратном проходе распределение частиц изменилось с 0,04 до 20 мкм, с удельной поверхностью $20954 \text{ см}^2/\text{см}^3$, что обеспечило прирост удельной поверхности на 207 % (рис. 8г). Приведенные результаты свидетельствуют о высокой эффективности измельчения в вихревой струйной мельнице и получении значительных удельных поверхностей, что определенным образом повлияют на формирование структуры композита.

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. 9) и сроки схватывания (таблица 1, рис. 10).

Анализ полученных результатов по определению нормальной плотности и сроков схватывания вяжущих композиций свидетельствует о влиянии различного содержания перлитовых отходов в вяжущих композициях и условий их приготовления в вихревой струйной мельнице. Так введение в вяжущие композиции повышенного содержания перлитовых отходов увеличивает величину нормальной плотности. Сроки схватывания вяжущих композиций с повышенным содержанием перлитовых отходов сокращаются. Вяжущие композиции с содержанием перлитовых отходов – 5 % показывают наиболее поздние сроки начала и конца схватывания вяжущих композиций.

Из всех составов вяжущих композиций отформованы образцы-кубики $3 \times 3 \times 3 \text{ см}$ (по 6 шт), которые хранились в нормальных условиях. Физико-механические испытания образцов вя-

жущих композиций проводили в возрасте 3 и 28 суток (рис.11).

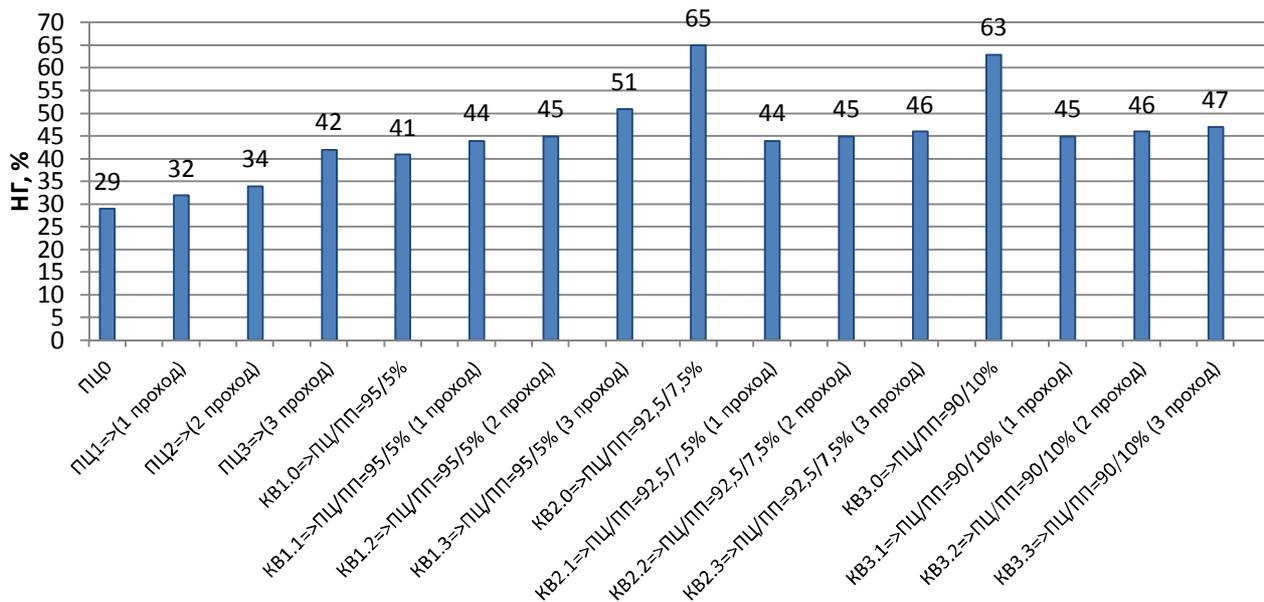


Рис. 9. Нормальная густота вяжущих композиций

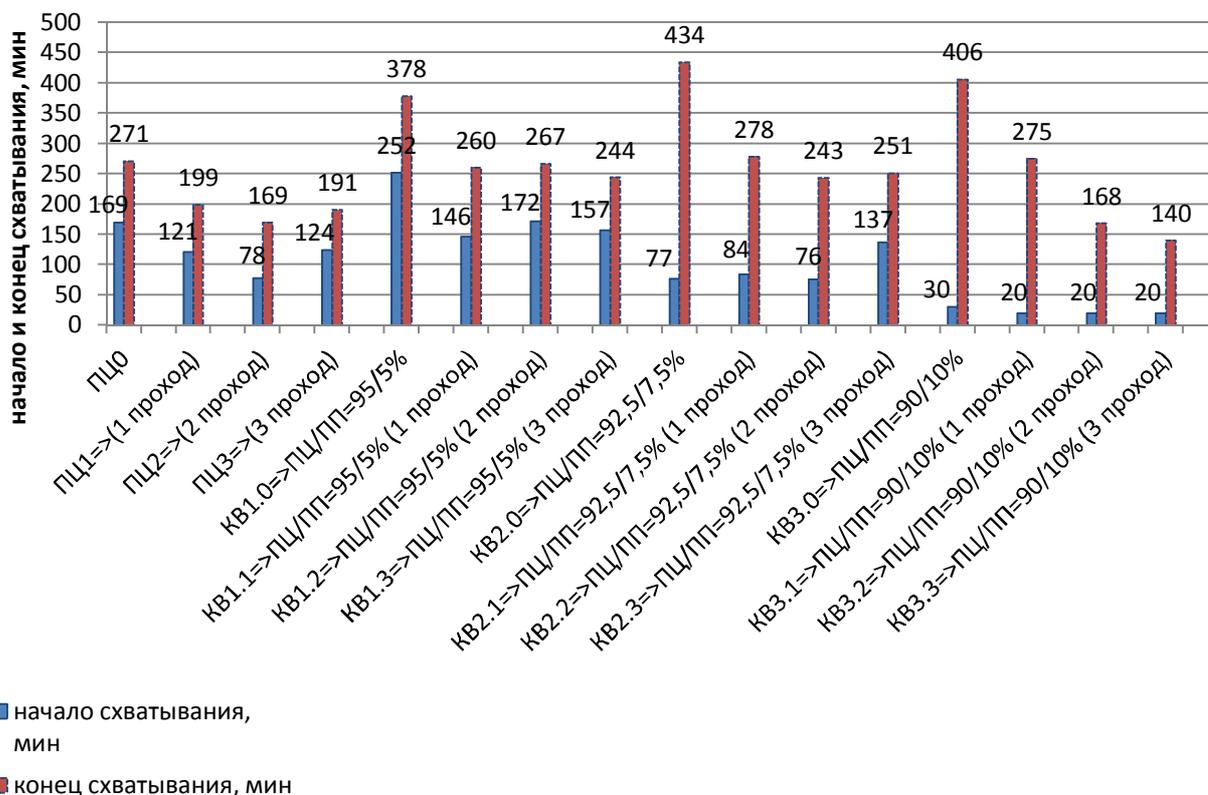


Рис. 10. Сроки схватывания вяжущих композиций

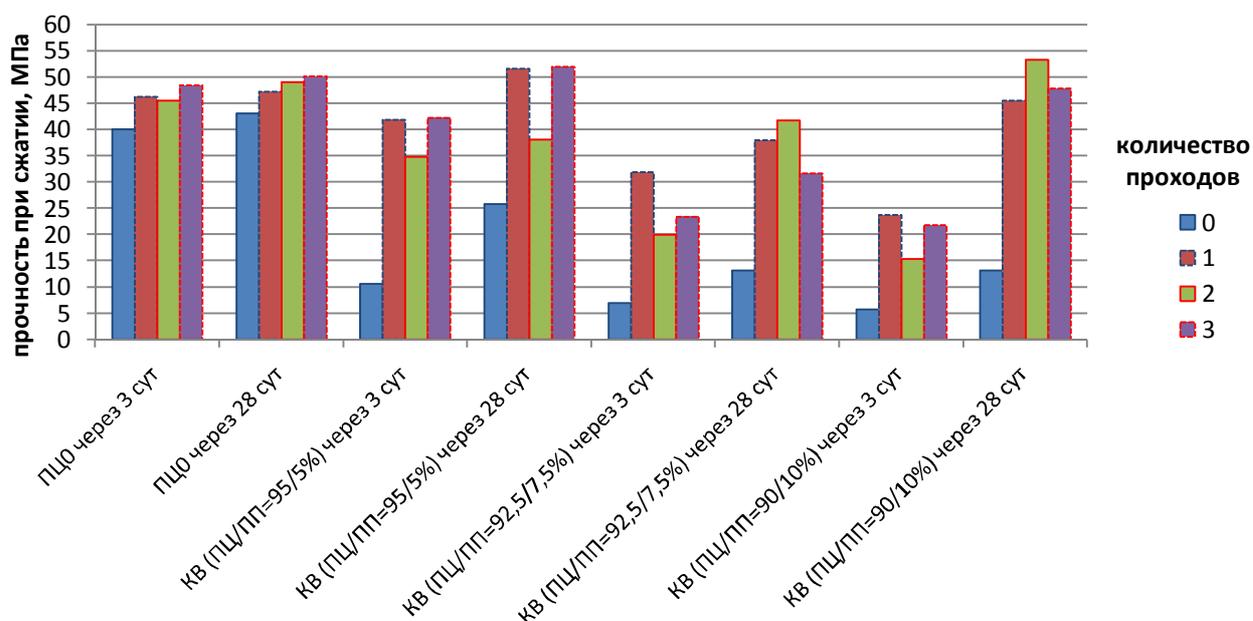


Рис. 11. Предел прочности при сжатии в возрасте 3 и 28 суток

Установлено, что при увеличении числа прогонов товарного цемента через вихревую струйную мельницу прочность вяжущих композиций увеличивается от 9 до 16 %. Для вяжущих композиций при сравнении с товарным цементом при содержании перлитовых отходов 5 % отмечается повышение предела прочности при сжатии до 20 % при 2 и 4 прогонах через вихревую струйную мельницу. Отмечается повышение прочности при сжатии образцов вяжущих композиций при 2-х и 3-х кратном прогоне через мельницу состава с содержанием отходов перлита 10 % до 25 %. Полученные результаты свидетельствуют о возможности получения вяжущих композиций с повышенными показателями прочности.

На следующем этапе работы ставилась задача модификации вяжущих композиций с целью получения эффективных композиционных вяжущих для получения теплоизоляционных растворов.

Выводы. Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что вяжущие композиции, полученные в вихревой струйной мельнице, при различных вариантах смешения исходных материалов показали, что полученные композиты имеют свои особенности, обусловленные формой и размером частиц и различными технологическими и физико-механическими и свойствами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лесовик В.С., Сулейманова Л.А., Кара К.А. Энергоэффективные газобетоны на композиционных вяжущих для монолитного строи-

тельства // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2012. №3. С. 10-20.

2. Suleymanova L.A., Lesovik V.S., Kara K.A., Malyukova M.V., Suleymanov K.A. Energy-efficient concretes for green construction // Research Journal of Applied Sciences. 2014. Т. 9. № 12. С. 1087–1090.

3. Кара К.А. Газобетоны на композиционных вяжущих для монолитного строительства: автореф. ... канд. техн. наук. Белгород, 2011. 25 с.

4. Алфимова Н.И., Никифорова Н.А. Оптимизация параметров изготовления композиционных вяжущих, изготовленных с использованием вулканического сырья // Региональная архитектура и строительство. 2016. №4. С. 33–39.

5. Алфимова Н.И., Лесовик В.С., Савин А.В., Шадский Е.Е. Перспективы применения композиционных вяжущих при производстве железобетонных изделий // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2014. №5 (88). С. 95–99.

6. Алфимова Н.И., Вишневская Я.Ю., Трунов П.В. Композиционные вяжущие и изделия с использованием техногенного сырья. Saarbrucken. LAP LAMBERT, 2013. 127 с.

7. Лесовик В.С., Савин А.В., Алфимова Н.И. Степень гидратации композиционных вяжущих как фактор коррозии арматуры в бетоне // Известие вузов. Строительство. 2013. №1. С. 28–33.

8. Лесовик В.С., Савин А.В., Алфимова Н.И., Гинзбург А.В. Оценка защитных свойств бетонов на композиционных вяжущих по отношению к стальной арматуре // Строительные

материалы. 2013. №7. С. 56–58.

9. Лесовик В.С., Алфимова Н.И., Агеева М.С. Бетоны на композиционных вяжущих // Бетон и железобетон. Оборудование. Материалы. Технологии. 2012. № 2 (7). С. 99–101.

10. Алфимова Н.И., Вишневецкая Я.Ю., Трунов П.В. Оптимизация условий твердения композиционных вяжущих. Saarbrücken. LAP LAMBERT, 2012. 197 с.

11. 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-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2011. 107 с.

12. Лесовик Р.В., Ковтун М.Н., Алфимова Н.И. Комплексное использование отходов алмазообогащения // Промышленное и гражданское строительство. 2007. № 8. С. 30–31.

13. Алфимова Н.И., Трунов П.В., Шадский Е.Е. Модифицированные вяжущие с использованием вулканического сырья. Saarbrücken. LAP LAMBERT, 2015. 132 с.

14. Агеева М.С., Алфимова Н.И. Эффективные композиционные вяжущие на основе техногенного сырья. Saarbrücken. LAP LAMBERT, 2015. 75 с.

15. Zagorodnyuk L.H., Lesovik V.S., Shkarina A.V., Belikov D.A., Kuprina A.A. Creating Effective Insulation Solutions, Taking into Account the Law of Affinity Structures in Construction Materials // World Applied Sciences Journal. 2013. № 24 (11). С. 1496–1502.

16. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Чулкова И.Л. Закон сродства структур в материаловедении // Фундаментальные исследования. 2014. № 3. Ч. 2. С. 267–271.

17. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Беликов Д.А., Щекина А.Ю., Куприна А.А. Эффективные сухие смеси для ремонтных и восстановительных работ // Строительные материалы. 2014. №7. С. 82–85.

18. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Беликов Д.А. К проблеме проектирования сухих ремонтных смесей с учетом сродства // Вестник Центрального

регионального отделения РААСН, Выпуск 18. Москва. 2014. С. 112–119.

19. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Гайнутдинов Р. Специфика твердения строительных растворов на основе сухих // Вестник Центрального регионального отделения РААСН. 2014. С. 93–98.

20. Lesovik V.S., Zagorodnyuk L.H., Tolmacheva M.M., Smolikov A.A., Shekina A.Y., Shakarna M.H.I. Structure-formation of contact layers of composite materials // Life Science Journal. 2014. № 11(12s). С. 948–953.

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

22. Lesovik, V.S., Chulkova I.L., Zagorodnyuk L.H., Volodchenko A.A., Popov. D.Y. The Role of the Law of Affinity Structures in the Construction Material Science by Performance of the Restoration Works // Research journal of applied sciences 2104. №9(12). С. 1100–1105.

23. Volodchenko A.A., Lesovik V.S., Zagorodnyuk 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). С. 931–936.

24. Volodchenko A.A., Lesovik V.S., Zagorodnyuk L.H., Volodchenko A.N., Prasolova E.O. Influence Of The Inorganic Modifier Structure On Structural Composite Properties // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. № 19 С. 40617–40622.

25. Ильинская Г.Г. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Коломацкий А.С. Применение отходов КМА при производства сухих строительных смесей // Вестник БГТУ им. Шухова. 2012. № 4. С. 15–19.

26. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С. Повышение эффективности производства сухих строительных смесей. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. 548 с.

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

Zagorodnyuk L.H., Sumskey D.A., Zolotyih S.V., Kaneva E.V.

OBTAINING BINDER COMPOSITIONS FOR THERMAL INSULATION SOLUTIONS IN THE VORTEX JET MILL

The results of studies on the crushing of waste perlite production in a vortex jet mill, features of grinding. The obtained binder compositions with various ratios of cement and waste production of perlite sand in the vortex jet mill at different grinding modes. The peculiarities of the processes of comminution and is determined by the technological and physico-mechanical properties of the cementitious compositions.

Key words: *binding compositions, vortex jet mill, waste from the production of perlite sand granulometric composition, physico-mechanical parameters.*

Загороднюк Лилия Хасановна, доктор технических наук, профессор кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

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

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: LHZ47@mail.ru

Сумской Дмитрий Алексеевич, аспирант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

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

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: pr9nik2011@yandex.ru

Золотых Сергей Викторович, аспирант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

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

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Канева Елена Вячеславовна, аспирант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

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

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.