

Таким чином, для даних умов досліджень доцільно використовувати комплексні добавки поліфункціональної дії: 0,1 % ТПФ і 0,27 % С-3 при частоті віброформування низькокомпресійного корундового бетону 60 Гц; 0,1 % ТПФ і 0,14 % С-3 при частоті 85 Гц.

**Висновки.** Проведеними дослідженнями показано ефективність використання комплексних добавок поліфункціональної дії – триполіфосфату натру суперпластифікатору С-3. Оптимальне поєднання складу комплексної добавки і параметрів вібраційної дії на бетонні маси дозволяє інтенсифікувати реологічний ефект і є ефективним інструментом спрямованого регулювання структурно-реологічними властивостями бетонних мас, що дозволяє отримати бетони з заданими показниками властивостей.

Список літератури: 1. *Павлюк Ю.В.* Неформонные огнеупоры: справоч. изд. в 2 т. / Ю.В. Павлюк. – М.: Теплоэнергетик, 2005. – Т. 1. Книга 1. Общие вопросы технологии. – 2005. – 448 с. 2. *Семченко Г.Д.* Неформонные огнеупоры: учеб. пособие / Г.Д. Семченко. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2002. – 304 с. 3. *Уман Н.В.* Физико-химические основы технологии дисперсных систем и материалов / Н.В. Уман. – М.: Химия, 1968. – 256 с. 4. Влияние технологии и параметров на свойства корундовых высококомпрессионных бетонов / И.А. Вайсман, В.В. Писановский, Н.В. Шибачова и др. // Сборник НТУ «ХПИ». – 2006. – № 20. – С. 63–67. 5. *Наседа М.Д.* Регуляторы реологических свойств неформонных огнеупоров / М.Д. Наседа, К.П. Золотков // Новые огнеупоры. – 2003. – № 9. – С. 44–48. 6. *Павлюк Ю.В.* Диспергирующие (деагломерационные) глиноземы / Ю.В. Павлюк, Н.В. Давид // Новые огнеупоры. – 2004. – № 7. – С. 29–38. 7. *Парр Н.* Адюванты тяжелые цементы для бетонов с пониженным содержанием цемента / Н. Парр, Ф. Стиллинг, В. Фриш и др. // Новые огнеупоры. – 2006. – № 4. – С. 135–141. 8. *Васильев П.Г.* Новые диспергаторы (деагломераторы) для производства огнеупорных бетонов / П.Г. Васильев // Новые огнеупоры. – 2003. – № 8. – С. 28–31. 9. *Линдер У.* Применение поликарбонатных эфиров в качестве доадвантов в огнеупорных бетонах / У. Линдер, К. Витт, Я. Зейдлер // Огнеупоры и технические керамики. – 2007. – № 12. – С. 43–47. 10. *Байкина Л.А.* Влияние вида и количества пластифицирующих добавок на свойства корундового и шамотного бетонов с содержанием СаО более 3 мас. % / Л.А. Байкина, Л.Н. Саввинцева, Н.В. Лещин и др. // 26. наук. збірн. ВАТ «УкрНДНП ім. А.С. Бєрежнього». – Харків: Карпати, 2006. – № 106. – С. 63–70. 11. *Сурда С.* Факторы, влияющие на свойства высокоалюминатных саморазрушающихся бетонов / С. Сурда, Р. Мазбан, М.В. Адиби и др. // Новые огнеупоры. – 2006. – № 6. – С. 54–58. 12. *Павлюк Ю.В.* Оптимизация разрыхляющих добавок на реологические свойства ВКВС бетона / Ю.В. Павлюк, Ю.Н. Ермак, А.В. Черволин и др. // Новые огнеупоры. – 2003. – № 5. – С. 91–97. 13. *Демченко Д.Е.* Деагломерационные огнеупорные бетоны с высоким содержанием цемента / Д.Е. Демченко, М.Е. Попович, М.В. Маслак // Новые огнеупоры. – 2008. – № 1. – С. 44–48.

Надійшло до редакції 13.06.09

**Ю.А. ОНАСЕНКО**, аспирант  
Национальная металлургическая академия Украины

### ВЛИЯНИЕ ЗЕРНОВОГО СОСТАВА ВЫГОРАЮЩЕЙ ДОБАВКИ НА СВОЙСТВА ЛЕГКОВЕСНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Приведено експериментальні дослідження щодо вивчення впливу гранулометричного складу вигоряючої добавки на властивості легковесних изделий. Наведено результати оптимізації зернового складу добавки для виробництва легковесних шамотних керамічних виробів.

Experimental researches have been conducted to study the influence of granularity of burning admixtures by using simplex method of experiment planning. The results of optimization of granularity of burning of light-weight heat-resistant wares production are shown.

**Постановка проблеми.** Перспективним направлением в решении задач экономии топливно-энергетических ресурсов является использование высокоэффективных способов изоляции тепловых агрегатов, позволяющих снизить потери тепла в окружающую среду, и как следствие, уменьшить потребление тепловой энергии на проведение высокотемпературных процессов [1, 2].

В настоящее время наряду с использованием новых видов теплоизоляционных материалов (пенобетонов, волокнистых огнеупоров и т.д.) применяются шамотные теплоизоляционные изделия, обладающие высоким тепловым сопротивлением [1 – 3]. Шамотные легковесные огнеупоры марок ПЛ-1,0 и ШКЛ-1,3 изготавливают по методу введения выгорающих добавок. Существенным недостатком этих огнеупоров является их низкая механическая прочность, что определяет недостаточную конструкционную прочность теплоизоляционной футеровки агрегатов. Учитывая это, совершенствование технологии производства легковесных огнеупоров, направленное на повышение механической прочности изделий при сохранении их теплофизических характеристик является актуальным.

**Анализ последних исследований.** К известным технологическим способам регулирования плотности и свойств теплоизоляционных изделий относятся: подбор вида выгорающей добавки, использование пористых заполни-

телей, применяли различные добавки, способствующие упрочнению каркаса внутри изделия [3, 4].

Механическая прочность и теплопроводность легковесных изделий в значительной степени определяется их структурными характеристиками: размером и формой пор распределением пор по размерам. Учитывая роль выгорающих добавок в формировании структуры огнеупора, необходимое сочетание низкой плотности и теплопроводности, требуемой механической прочности может быть достигнуто путем оптимизации гранулометрического состава выгорающих добавок.

**Постановка задачи** Целью данных исследований явилось изучение влияния зернового состава выгорающей добавки на изменение свойств шмотных легковесных огнеупоров с использованием симметричного решетчатого метода планирования эксперимента и установление оптимального зернового состава выгорающей добавки [5].

**Изложение основного материала и результаты исследований.** Для проведения исследований использовали следующие сырьевые материалы: шамот марки ШКВ-2 (ТУУ 322-7-00190503-083-97); глина марки ДН-2 (ТУУ 322-7-00190503-145-98); каолин марки КВ-2 (ТУУ 322-7-00190503-037-95); коксовая мелочь (ТУУ 322-00190443-011-96).

Шамотную массу влажностью 8 % готовили из смеси следующего состава: смесь совместного помола шамота и глины фр. < 0,063 мм – 40 %; глина фр. 2 – 0 мм – 7,5 %; каолин фр. 2 – 0 – 7,5 %; коксовая мелочь фр. 3 – 0 мм – 45 %.

Область исследуемых зерновых составов выгорающей добавки ограничивалась содержанием зерен выгорающей добавки – коксика фр. 2 – 1 мм ( $X_1$ ) – 15 – 29 %, фр. 1 – 0,5 мм ( $X_2$ ) – 20 – 31 %, фр. 0,5 – 0 мм ( $X_3$ ) – 40 – 65 %. Количество выгорающей добавки с размером зерен 3 – 2 мм составляло 4 % и было постоянным для всех исследуемых составов.

Экспериментальные образцы-кубы размером 50×50 мм формовали при увелином давлении прессования 55 Н/мм<sup>2</sup>, сушили до постоянной массы при температуре 105 – 110 °С и затем обжигали при максимальной температуре 1440 °С с выдержкой 8 часов.

Определение показателей свойств образцов проводили в соответствии с ГОСТами по утвержденным методикам: кажущуюся плотность определяли в соответствии с ГОСТ 24468-80, предел прочности при сжатии – по ГОСТ

4071.2-94. Определение теплопроводности проводили в соответствии с ГОСТ 12170-85.

Матрица планирования эксперимента и результаты определения кажущейся плотности и предела прочности при сжатии экспериментальных образцов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Матрица планирования эксперимента и результаты определения показателей свойств образцов

Номер коаксилации	Факторы						Параметры	
	кодированное обозначение			натуральные %			Кажущаяся плотность ( $\rho$ ), г/см <sup>3</sup>	Предел прочности при сжатии ( $\sigma$ ), Н/мм <sup>2</sup>
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_1$	$X_2$	$X_3$		
1	1	0	0	24	24	57	1,12	10,9
2	0	1	0	15	20	65	1,1	10,8
3	0	0	1	29	31	40	1,14	8,6
4	2/3	1/3	0	21,03	22,68	56,29	1,02	10,5
5	2/3	0	1/3	25,65	26,31	48,04	1,13	11,0
6	0	2/3	1/3	19,62	23,63	56,75	1,12	9,4
7	1/3	2/3	0	17,97	21,32	60,71	1,13	10,8
8	1/3	0	2/3	27,35	28,68	45,96	1,15	10,8
9	0	1/3	2/3	24,38	27,37	48,25	1,12	10,3
10	1/3	1/3	1/3	22,77	25,08	52,15	1,13	10,9
11	1/4	1/4	1/2	24,25	26,5	49,25	1,11	10,3
12	1/4	1/2	1/4	20,75	23,75	55,5	1,11	8,3
13	1/2	1/4	1/4	23	24,75	52,15	1,13	11,1

По результатам обработки экспериментальных данных (программное обеспечение выполнено С.А. Мироненко) получены следующие уравнения регрессии в системе "состав-свойство":

$$\rho = 1,122X_1 + 1,095X_2 + 1,14X_3 + 1,228X_1X_2 + 0,013X_1X_3 - 0,674X_2X_3 + 0,381X_1X_2X_3 + 0,213X_1X_3(X_1 - X_3) - 0,101X_1X_3(X_1 - X_3) - 0,222X_1X_3(X_2 - X_3); \quad (1)$$

$$\sigma = 10,9X_1 + 10,775X_2 + 8,575X_3 + 5,175X_1X_2 + 11,81X_1X_3 - 8,325X_2X_3 + 0,225X_1X_2X_3 + 18,9X_1X_3(X_1 - X_3) - 13,05X_1X_3(X_1 - X_3) - 23,40X_1X_3(X_2 - X_3); \quad (2)$$

На основании полученных математических моделей были построены изогнии их значений в концентрационных треугольниках (рисунок), рас-

Объемы М.Г. Вавринкина. Структура и теплофизические свойства пористой керамики / М.Г. Вавринкина, Р.А. Каюмов, Р.З. Рашидова, А.В. Тезеляков // Строительные материалы. – 2005. – № 6. – С. 62 – 65. 5. Пивчук С. И., Организация эксперимента при моделировании и оптимизации технологических систем: учеб. пособие / С.И. Пивчук. – Днепрпетровск: ООО Независимый инициативный образовательный центр "Дава", 2008. – 248 с.

Поступила в редакцию 13.08.09

УДК 685.53.66.021.2

**Б.В. ЕГОРОВ**, докт. техн. наук, ОНАПТ, г. Одесса

**А.В. МАКАРИНСКАЯ**, канд. техн. наук, ОНАПТ, г. Одесса

### ОЦЕНКА ОДНОРОДНОСТИ СМЕСЕЙ И СТАБИЛЬНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СМЕШИВАНИЯ

В статье рассмотрены вопросы, связанные с оценкой однородности смесей сыпучих материалов, та проведено анализ способов оценки стабильности технологического процесса смешивания. Предложено использовать стабильность технологического процесса в качестве критерия степени однородности смеси.

In article the questions connected to definition of uniformity of mixes of loose materials are considered, the analysis of ways of an estimation of stability of technological process mixing is lead. It is offered to estimate stability of technological processes on a degree of renewal of a dispersion of dispersion in time.

#### Вступление.

Производство однородных смесей или предварительных композиций компонентов твердых материалов, находящихся в зернистом или порошкообразном состоянии является актуальной проблемой во многих отраслях.

Так, например, в тяжелой промышленности при подготовке композитных сплавов, горных обогащительных смесей и пылей [1, 2]; различных тугоплавких неметаллических силикатных материалов и готовых строительных смесей; в сельском хозяйстве при производстве комплексных удобрений; в пищевой промышленности – комбинированных пищевых продуктов (сухие завтраки, смеси специй) [3, 4]; в комбикормовой промышленности – комбикормов, обогащительных смесей [5, 6]; в химической и химико-фармацевтической промышленности при производстве различных лекарственных препаратов, состоящих из двух и более компонентов и т.д. [7, 8].

Во многих отраслях качество смеси, т.е. ее однородность, обеспечивается точным весовым дозированием всех компонентов и последующим их смешиванием. Твердые материалы перерабатываются в промышленности с запамятных времен и почти во всех ее отраслях, но технологический процесс смешивания сыпучих материалов и в настоящее время остается мало изученным физическим процессом [9 – 12]. Теоретически смесь компонентов может быть получена из отдельных частиц с различными физическими свойствами. Влияние различий в физических свойствах частиц компонентов на однородность их смеси весьма значительно, причем, чем больше эти различия, тем хуже смешиваемость [13, 14]. Поэтому с практической точки зрения представляют интерес смеси частиц отдельных компонентов, устойчивые к самосортированию.

#### Решение проблемы.

В процессе смешивания в микрообъемах смеси возможно бесконечное разнообразие взаимного расположения частиц компонентов. В этих условиях соотношение компонентов в произвольных точках смеси – величина случайная. Повременных методов оценки качества смеси (ее однородности) основаны на методах статистического анализа и наиболее просто анализируется по одной случайной величине. При этом готовую смесь условно считают двухкомпонентной, далее выбирают один компонент, входящий в наименьшем количестве (ключевой), а все остальные компоненты объединяют во второй условный компонент. Тогда случайная дискретная величина  $X$  (распределение ключевого компонента) может быть полностью охарактеризована, если известны закон ее распределения, математическое ожидание  $M$ , дисперсия  $D$  или среднее квадратичное отклонение  $S$ . Поэтому в теории производства сыпучих смесей однородность принято оценивать по коэффициенту вариации

$$V_c = \frac{1}{x} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \cdot 100, \% \quad (1)$$

и степени однородности смеси

$$\Theta = 1 - \frac{V_c}{100} \quad (2)$$