

Введение Производство и применение композиционных гипсовых вяжущих и материалов на их основе являются одним из актуальных направлений повышения их технической и экономической эффективности. В настоящее время известен значительный объем разработок композиционных гипсовых вяжущих с химическими и минеральными добавками природного и техногенного происхождения [1,2]. Прочность и водостойкость композиционного гипсового вяжущего в значительной мере зависит плотности упаковки зерен его компонентов. В настоящей работе приведены результаты сравнительных исследований влияния удельной поверхности и гранулометрического состава зерен композиционного гипсоизвестковокерамзитового вяжущего (КГИКВ) [3] на плотность упаковки. Материалы и методы При выполнении исследований были использованы следующие материалы: строительный гипс Г-6БII по ГОСТ 125-79 производства ОАО «Аракчинский гипс»; керамзитовая пыль (КП) цеха керамзитового гравия Нижнекамского ООО «Камэнергостройпром» с циклонов пылеочистки. строительная известь второго сорта по ГОСТ 9179-77; - негашеная известь 1 -го сорта производства ООО «Казанский завод силикатных стеновых материалов», соответствующая ГОСТ 9179. Композиционное гипсовое вяжущее получали смешиванием в лабораторном смесителе лопастного типа при 60 об/мин компонентов, предварительно размолотых на лабораторной планетарной мельнице МПЛ-1. Вяжущее получали с добавкой 20% молотой керамзитовой пыли, 5% извести и 75% строительного гипса. Композиционное вяжущее мололи до тонкости помола 250, 500 и 800 м²/кг. Удельную поверхность определяли по методу Козеини-Кармана по воздухопроницаемости при атмосферном давлении на приборе ПСХ-9. Фракционный состав вяжущего определялся методом лазерной диспергации объекта на приборе «LA-950» фирмы Horiba Instruments Ins. Плотность упаковки зерен вяжущего определялась расчетом по методике [4]. Результаты исследований и их обсуждение У КГИКВ с керамзитовой пылью, размолотой до удельной поверхности до 250 м²/кг (рис. 1), наблюдается два ярко выраженных пика: первый – с максимальным содержанием частиц 10-25 мкм, второй – с максимальным содержанием частиц 400-450 мкм. При дальнейшем помоле КГИКВ с добавкой керамзитовой пыли размолотой до удельной поверхности до 500 м²/кг (рис. 2) наблюдается смещение частиц к более мелкой фракции, средний размер частиц уменьшается с 161 мкм при удельной поверхности 250 м²/кг до 61 мкм при удельной поверхности 500 м²/кг. Наблюдается два ярко выраженных пика: первый – с максимальным содержанием частиц 9-18 мкм, второй – с максимальным содержанием частиц 150-350 мкм. Рис. 1 - Распределение частиц по размерам КГИКВ с комплексной добавкой керамзитовой пыли размолотой до 250 м²/кг Рис. 2 - Распределение частиц по размерам КГИКВ с комплексной добавкой керамзитовой пыли размолотой до 500 м²/кг Увеличение тонкости помола свыше 800 м²/кг (рис. 3) при существующем помольном оборудовании вызывают технологические

трудности и высокие энергозатраты, что делает проведение дальнейших исследований в этом направлении нецелесообразным. КГИКВ с добавкой керамзитовой пыли размолотой до удельной поверхности до 800 м²/кг наблюдается рост мелкой фракции в смеси в пике 9-18 мкм их процентное содержание увеличивается. Рис. 3 - Распределение частиц по размерам КГИКВ с комплексной добавкой керамзитовой пыли размолотой до 800 м²/кг В таблице 1 приведены результаты фракционного состава КГИКВ с добавками керамзитовой пыли различной тонкости помола. Таблица 1 - Фракционный состав КГИКВ КГИКВ с комплексной минеральной добавкой тонкостью помола, м²/кг Средний размер частиц, мкм Выход фракций (мкм), %

	1-3	3-5	5-10	0-30	0-50	0-100	100-150	≥200
Суд=250	163,89	1,71	4,1	10,48	16,40	3,83	8,545	9,129
Суд=500	45,79	61,19	0,596	3,491	16,38	31,8	8,58	16,99
Суд=800	10,43	11,71	47,73	3,03	6,824	17,50	30,60	9,54
	16,98	8,658	6,846					

Реальные порошки имеют полидисперсионный состав, часто с нормальным распределением по размерам частиц. Их упаковка выше, чем у монодисперсного порошка, но ниже, чем у смеси с двумя монофракциями. Методика расчёта степени упаковки полидисперсных порошков по известному распределению частиц порошка постоянно совершенствуется. Если использовать принцип дополненности фракций, то придётся отсеивать промежуточные фракции и подгонять содержание дополнительных до оптимальных значений, то есть, распределить порошки по фракциям. При допущении некоторой ошибки в оценке степени упаковки порошков со сплошным полидисперсным фракционным составом можно рассчитать по следующей методике [4]. Основанием для расчёта степени упаковки натуральных порошков являются данные по его ситовому анализу. (1) Введём параметрическую функцию $f(\alpha, \beta)$, которая принимает значения степени упаковки двух фракций согласно диаграммы на рис 4 в зависимости от параметров смеси – отношений диаметров и концентраций фракций (C). $= f(\alpha, \beta) = f(D1/D2, C1/C2)$ (2) В общем виде формулу для степени упаковки полидисперсного порошка можно выразить через параметрическую функцию. $f1(\alpha1, \beta1) + f2(\alpha12, \beta12) + f3(\alpha123, \beta123) + f4(\alpha1234, \beta1234) + f5(\alpha12345, \beta12345) - i \cdot 0,635 =$ (3) Из графика на рис 4 видно, что условия дополненности возникают для фракций при следующих значениях параметров: (4) Упаковка двух и более произвольных фракций с произвольным отношением пропорций будет всегда выше, чем у каждой из них по отдельности. Чем ближе параметры смеси к указанным в выражениях (3-4), тем выше степень упаковки. $D2 \leq 0,15 D1$ (5) Из графика видно, что максимальное заполнение пустот для двух фракций будет описываться условием, описанным в уравнении (3-4). Для полидисперсных порошков коэффициент упаковки сферических частиц должен приближаться к 1, при этом пустотность будет стремиться к 0. Рис. 4 - Упаковка двух фракций (в %) в зависимости от содержания мелкой фракции в смеси (в %), а также от отношения диаметра крупной фракции к мелкой Пользуясь описанной выше

методикой, в настоящей работе произведен расчет плотности упаковок КГИКВ с керамзитовой пылью различной тонкости помола, результаты которого приведены в таблице 2. Таблица 2 - Результаты расчета плотности упаковок зерен КГИКВ с керамзитовой пылью различной дисперсности КГИКВ с ком - й добавкой $C_i/(C_i+C_{i+1}) \beta D_i/D_{i+1} \alpha 2x$ $S_{уд}=250 \text{ м}^2/\text{кг}$ C(0,011-1/1-3) 0 D(0,011-1/1-3) 3,9 0,6 0,787 C(1-3/3-5) 0,29 D (1-3/3-5) 2 0,65 C(3-5/5-10) 0,28 D (3-5/5-10) 1,87 0,65 C(5-10/10-30) 0,39 D (5-10/10-30) 2,66 0,68 C(10-30/30-50) 0,81 D(10-30/30-50) 2 0,64 C(30-50/50-100) 0,31 D (30-50/50-100) 1,87 0,65 C(50-100/100-150) 0,48 D(50-100/100-150) 1,66 0,64 C(100-150/150-890) 0,16 D(100-150/150-890) 4,16 0,68 $S_{уд}=500 \text{ м}^2/\text{кг}$ C(0,011-1/1-3) 0 D(0,011-1/1-3) 3,96 0,63 0,797 C(1-3/3-5) 0,14 D (1-3/3-5) 2 0,65 C(3-5/5-10) 0,17 D (3-5/5-10) 1,87 0,65 C(5-10/10-30) 0,34 D (5-10/10-30) 2,66 0,68 C(10-30/30-50) 0,78 D (10-30/30-50) 2 0,65 C(30-50/50-100) 0,33 D (30-50/50-100) 1,87 0,66 C(50-100/100-150) 0,62 D (50-100/100-150) 1,66 0,64 C(100-150/150-394) 0,47 D (100-150/150-394) 2,17 0,66 $S_{уд}=800 \text{ м}^2/\text{кг}$ C(0,011-1/1-3) 0 D(0,011-1/1-3) 3,96 0,63 0,768 C(1-3/3-5) 0,31 D(1-3/3-5) 2 0,66 C(3-5/5-10) 0,28 D (3-5/5-10) 1,87 0,65 C(5-10/10-30) 0,36 D(5-10/10-30) 2,66 0,68 C(10-30/30-50) 0,76 D (10-30/30-50) 2 0,64 C(30-50/50-100) 0,36 D (30-50/50-100) 1,87 0,65 C(50-100/100-150) 0,66 D (50-100/100-150) 1,66 0,64 C(100-150/150-300) 0,55 D (100-150/150-262) 1,8 0,64 Данные расчетов табл. 2 плотности упаковок, подтверждают приведенные выше результаты исследований, показывающих, что наибольшая плотность и прочность КГИКВ достигается при ведении добавки керамзитовой пыли с дисперсностью $500 \text{ м}^2/\text{кг}$. Заключение Фракционный состав композиционного гипсоизвестковокерамзитового вяжущего с тонкостью помола $500 \text{ м}^2/\text{кг}$ обеспечивает более высокую степень уплотнения его зерен, чем при тонкости помола $250 \text{ м}^2/\text{кг}$ и $800 \text{ м}^2/\text{кг}$.