

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ГОМОГЕНИЗАЦИИ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ С МЕЛКОЗЕРНИСТЫМИ НАПОЛНИТЕЛЯМИ

**Т.А.Костюк, Е.Б.Деденева, С.С.Вандоловский**

*Харьковский национальный университет строительства и архитектуры*

Бетон является наиболее востребованным материалом в строительстве. Однако исходные сырьевые материалы для его производства в некоторых районах Украины являются дефицитными. Это относится как к щебню, так и к песку. В то же время в отвалах ряда промышленных предприятий накоплены сотни тонн мелкозернистых и особо мелкозернистых отходов, которые могут быть использованы как заменители песка для растворов и бетонов [1].

Бетоны на основе мелкозернистых заполнителей еще не получили широкого распространения, поскольку технология таких бетонов не разработана в достаточной степени. В отличие от тяжелого бетона традиционного состава, внесение мелкозернистой составляющей приводит к изменению реологических характеристик, физико-механических и физико-химических свойств затвердевшего бетона. В технологии бетонов важными операциями являются процессы гомогенизации сырьевой смеси и ее уплотнение при формировании изделий. Процесс гомогенизации разделяется на два этапа:

- перемешивание сухих компонентов;
- перемешивание увлажненной исходной смеси.

Процессы, как перемешивания, так и уплотнения, при использовании мелких заполнителей требуют корректировки, которая необходима из-за развитой поверхности частиц твердой фазы. Наиболее перспективным направлением на современном этапе является применение в бетонах таких микрозаполнителей как зола-унос, пыль электрофильтров керамзитового производства, вторичные продукты металлургии и др. [1]. Известно, что введение 5-10% золы-уноса не только не снижает прочности бетона, но даже приводит к повышению некоторых физико-механических показателей: плотности, водонепроницаемости, коррозионной стойкости при воздействии химически активных жидкостей, в частности, морской воды.

Равномерное распределение частиц золы между частицами цемента

представляет сложную задачу как по определению равномерности распределения частиц после перемешивания, так и в установлении влияния качества гомогенизации на физико-механические показатели бетона. Целью исследований данной работы является:

- выбор и анализ методов гомогенизации мелкозернистых сухих смесей сыпучих материалов;
- разработка способа определения эффективности метода перемешивания.

По данным Ю.И. Маркова, В.В. Воронина, А.Е. Лебедева [2,3,4] наилучшим методом перемешивания сыпучих материалов является технология, при которой два потока во взвешенном состоянии движутся навстречу друг другу. Для применения указанной рекомендации на кафедре строительных материалов и изделий ХНУБА используется лабораторный дезинтегратор «1А19» производства СКТБ «Дезинтегратор», г. Таллинн со следующими техническими характеристиками:

Частота вращения ротора, $C^{-1}$	170-2000 $C^{-1}$
Потребляемая мощность, кВт	2,35
Производительность, ч/мин	67
Габариты в плане, мм	435x260
Высота, мм	1200

Общий вид дезинтегратора 1А19 представлен на рис.1.

Основные рабочие элементы дезинтегратора - два диска-ротора (3), расположенные на общей горизонтальной оси. Каждый диск закреплен на оси электродвигателя (2). На плоских поверхностях обращенных друг к другу дисков жестко закреплены перпендикулярно плоской поверхности стальные пальцы. Каждый из них заходит в пространство между пальцев противоположного диска, не касаясь их. При работе диски-роторы вращаются в противоположных направлениях. Материалы, которые необходимо смешать, засыпают в дозаторы (1). Через воронку они попадают в полость вращающихся дисков и захватываются пальцами. Пальцы увлекают поступающую смесь в направлении своего вращения: поскольку второй диск вращается в противоположном направлении, каждая порция материала встречается со струей материала, толкаемого пальцами противоположного диска. Таким образом, образуются две струи сыпучих материалов, распределенных в воздушной среде и перемещающихся навстречу друг другу. Теоретически такое перемешивание должно обеспечить высокую степень гомогенизации. Пульт (5) позволяет регулировать количество оборотов электродвигателей, причем оба двигателя работают синхронно, обеспечивая одинаковую угловую скорость вращения обоих дисков.

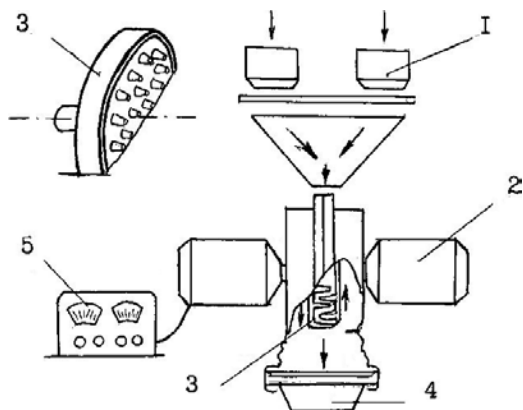


Рис.1. Принципиальная схема дезинтегратора 1А19

1 – дозатор; 2 – электродвигатель; 3 – диск-ротор; 4 – емкость сбора готового продукта; 5 – пульт управления.

Для экспериментальной проверки эффективности этого метода смешения была разработана методика проверки однородности смеси и выполнены работы по смешению смесей разного состава. Анализ опубликованных данных по методике гомогенизации показал, что применяются следующие способы определения качества смешения: весовой, рассевом на ситах и оптический. Ввиду близости показателей истинной плотности зерен цемента и частиц золы-уноса весовой способ не подходит. Близкие размеры частиц не позволяют использовать и метод рассева на ситах. Поэтому методом исключения остается оптический метод, который по последним опубликованным данным находит все большее распространение. По данным А.Е. Лебедева, О.В. Демина, В.В. Воронина [3,4,5] оптический метод дает удовлетворительные результаты при выборе технологии смешения.

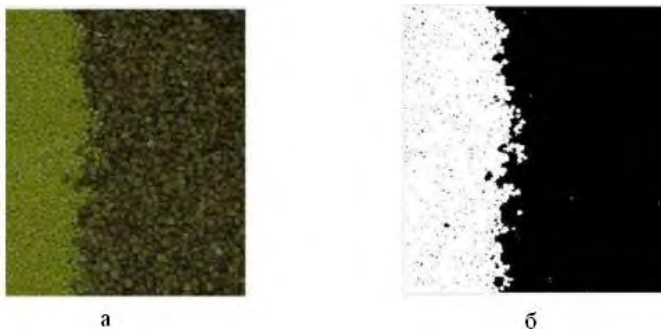
Перечень операций при оптическом методе:

1. Назначение минимального размера проб и их количества;
2. Технология отбора проб;
3. Распределение содержимого пробы на гладкой поверхности;
4. Фотографирование пробы;
5. Выбор методики подсчета частиц;
6. Анализ результатов подсчета, вычисление дисперсий применительно к выбранному ключевому показателю.

В настоящее время разработан числовой расчет бинарных систем. Если количество смешиваемых компонентов больше двух, то анализ эффективности технологии смешивания производится методом

итераций, считая бинарную систему одинарной. Для анализа эффективности смешивающих устройств в наборе веществ выбирают контрастирующие по цвету заменители, близкие по показателям к фактическим, необходимым для практического применения результатов на практике. Например, для анализа эффективности лопастного смесителя с лопастями, расположенными под различным углом, использовали бинарную смесь сахарного песка и гранул затвердевшего битума.

Для определения эффективности смешения дисперсных сухих материалов был использован белый измельченный известняк. Два компонента представлены на рис.2. серый (цемент) и белый (известняк) по разнице цветов позволяют производить подсчет количества частиц в массиве после их смешения.



а

б

Рис. 2. Пробы материалом перед смешиванием:

а – стандартное фото; б – фото, приведенное к контрастному виду.

Подсчет произведен на основе методики В.И. Воронина [3]. Пробы из емкости 4 (рис.1) высыпали в формы 7x7x7 см, разравнивали и фотографировали.

Отпечатки переносили на РС и накладывали сетку 5x5 (рис.3,б). В качестве ключевого показателя принят белый известняк. Было проведено 3 серии опытов, с введением известняка в количестве 50, 30 и 10%. Количество частиц белого цвета подсчитывали на каждом из квадратов и вычисляли коэффициент неоднородности  $V_c$ , который составил для 3 проб 40-60 %. Для повышения качества смесь была пропущена через дезинтегратор, после чего  $V_c$ , составил 4-5%. Двойной пропуск обеспечил хорошее качество смешения.

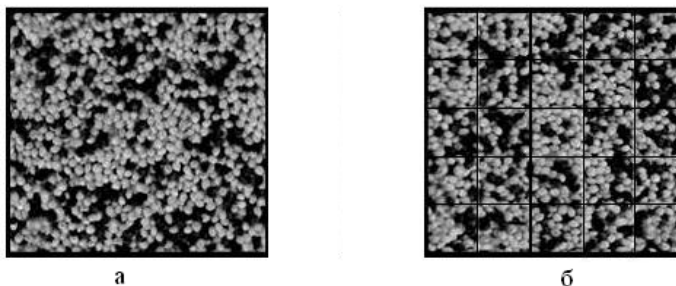


Рис.3. Фотоотпечаток пробы материалов после смешения:  
а – общий вид; б – то же с сеткой для подсчёта

**Выводы.** Введение мелкозернистых наполнителей в бетон ставит задачу равномерного распределения частиц между зёрнами цемента. Для гомогенизации сухих смесей предложен метод встречных струй, создаваемых дезинтегратором. Проведен статистический анализ качества смешения и установлено, что дезинтеграторная обработка в 2 этапа обеспечивает хорошую однородность смеси.

### Summary

**Method of mixing of fine particle in concrete investigated. Way of using disintegrator is proposed. Necessity of double process of disintegration is determined.**

1. Дворкин Л.И. Строительные материалы из отходов промышленности [Текст]. / Л.И. Дворкин, И.А. Пашков – К.: Высш. Шк.. 1989, 208 с. 2. Макаров Ю.И. Аппараты для смешения сыпучих материалов [Текст] /Макаров Ю.И. - М.: Машиностроение ,1973.-216 с. 3. Воронин В.В. Критерии и способы оценки качества смешивания сыпучих материалов / Воронин В.В., Адигамов К.А., Петренко С.С., Сизякин Р.А. [Текст] // Инж. вестник Дона, №4-2,Т.23, 2012. – С. 1-4. 4. Лебедев А.Е. Метод определения коэффициента неоднородности смеси при взаимодействии разреженных потоков [Текст] // Лебедев А.Е., Зайцев А.И., Петров А.А. / Изв. ВУЗов., Химия и хим. технология, Т.55, вып.11, 2012. – С.119-121. 5. Демин О.В. Определение качества смешивания сыпучих материалов [Текст]. / Демин О.В., Смолин Д.О. Материалы конф. Научные исследования и их практическое применение., Т.2, Одесса, Черноморье, 2011. – С.73-74.