

## РАССЛАИВАЕМОСТЬ СТРОИТЕЛЬНОГО РАСТВОРА НА МЕХАНОАКТИВИРОВАННОМ ВЯЖУЩЕМ С ДОБАВКОЙ МОЛОТОГО ИЗВЕСТНЯКА

Барабаш И.В. *д.т.н., проф.*, Даниленко А.В., *аспирант*

*Одесская Государственная Академия Строительства и Архитектуры,  
г. Одесса*

Расслаиваемость является важной технологической характеристикой для смесей большинства композиционных строительных материалов, а для строительных растворов сохранение однородности смеси является одним из основных показателей качества [1,2]. Эти требования заставляют ученых искать новые возможности повышения эффективности использования вяжущих. Одним из решений данной задачи является рациональное применение минеральных наполнителей. Как показано в работе [3] применение наполнителей, позволяет изменить в требуемых направлениях свойства цементных систем и материалов на их основе. На данный момент накоплен достаточно существенный опыт по применению молотого известняка в строительных материалах и конструкциях в качестве заполнителя [4,5,6]. Кроме того, что молотый известняк снижает расслаиваемость растворной смеси, он также повышает степень гидратации портландцемента за счет химического взаимодействия с продуктами его новообразований. Известно, что молотый известняк химически взаимодействует с минералами цемента, способствуя увеличению прочности контакта между заполнителем и матрицей [4]. Представлял интерес выяснить влияние молотого известняка на свойства строительных растворов на механоактивированном портландцементе с добавкой суперпластификатора С-3.

Для этой цели был проведен эксперимент по оптимальному плану типа «треугольники на квадрате» с пятнадцатью опытными точками [7]. Выбор смесового плана позволяет исследовать влияние на строительный раствор не только количества наполнителя, но и его удельной поверхности, что существенно расширяет область возможных положительных результатов.

В качестве смесевых факторов принята удельная поверхность известняка:  $v_1 - 200$  ( $\text{м}^2/\text{кг}$ ),  $v_2 - 400$  ( $\text{м}^2/\text{кг}$ ),  $v_3 - 600$  ( $\text{м}^2/\text{кг}$ ) при условии суммы уровней факторов, равной единице.

Независимыми факторами были приняты:

- $X_4$  – количество молотого известняка,  $40 \pm 20\%$ ;

- $X_5$  – количество суперпластификатора С-3,  $0.4 \pm 0.4\%$  от массы вяжущего. Помимо 15-ти составов исследовались три контрольных состава на портландцементе без известняка.

Использовался портландцемент марки 500 Каменец-Подольского цементного завода и песок Никитовского карьера ( $M_{кр}=2.2$ ). Соотношение вяжущего, в том числе наполненного, с песком 1:1.2 по массе. Исследования проводились на двух аналогичных сериях образцов: первая – с применением механоактивации вяжущего в трибоактиваторе [8], вторая – по традиционной технологии (контроль).

С технологической точки зрения важно проанализировать изменение водовяжущего (В/В) отношения в данных смесях при варьировании смесевых и независимых технологических факторов. Подвижность раствора определялся по глубине погружения стандартного эталонного конуса, и составляла от 6 до 7 см [1].

Анализ полученных результатов показал, что в рамках факторного пространства эксперимента в наибольшей степени на В/В растворных смесей влияет количество добавки С-3. Составы без суперпластификатора в зависимости от вида и количества молотого известняка показали уровень В/В контрольных составов от 0.58 до 0.68, активированных составов от 0.54 до 0.66. Введение добавки С-3 приводит к снижению В/В соответственно до 0.48-0.57 на контрольных составах, а на активированном вяжущем - до 0.43-0.47.

Увеличение доли молотого известняка в вяжущем с 20 до 40% снижает В/В на 8-15%, причем более ощутимо для составов без суперпластификатора. Механоактивация позволяет существенно снизить В/В растворных смесей, а именно, при сохранении технологичности активированные смеси имели на 8..15% меньшую водопотребность, чем аналогичные контрольные составы.

Показатель расслаиваемости ( $\Pi$ ) исследованных строительных растворов определялся согласно ДСТУ Б В.2.7-239:2010 (Розчини будівельні. Методи випробувань).

По результатам полученных экспериментальных данных были построены экспериментально-статистические (ЭС) модели со всеми значимыми оценками коэффициентов, отображающая влияние состава известнякового раствора на расслаиваемость смеси:

$$\begin{aligned} \Pi_m = & 2.92 \cdot v_1 - 0.21 \cdot v_1 \cdot v_2 & - 0.6 \cdot v_1 \cdot x_4 - 0.2 \cdot v_1 \cdot x_5 + 0.8 \cdot x_4^2 - 0.1 \cdot x_4 \cdot x_5 \\ & + 3.02 \cdot v_2 & + 0.605 \cdot v_2 \cdot v_3 - 0.436 \cdot v_2 \cdot x_4 - 0.3 \cdot v_2 \cdot x_5 - 0.06 \cdot x_5^2 \\ & + 3.1 \cdot v_3 & & - 0.55 \cdot v_3 \cdot x_4 \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned}
 \Pi_K = & 3.4 \cdot v_1 - 0.8 \cdot v_1 \cdot v_2 - 0.3 \cdot v_1 \cdot v_3 - 0.35 \cdot v_1 \cdot x_4 - 0.065 \cdot v_1 \cdot x_5 + 0.7x_4^2 - 0.1x_4 \cdot x_5 \\
 & + 3.7 \cdot v_2 - 0.6 \cdot v_2 \cdot v_3 - 0.55 \cdot v_2 \cdot x_4 - 0.065 \cdot v_2 \cdot x_5 - 0.24 \cdot x_5^2 \\
 & + 3.71 \cdot v_3 - 0.5 \cdot v_3 \cdot x_4
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

По моделям  $\Pi_M$  и  $\Pi_K$  расслаиваемости были построены диаграммы в виде «треугольники на квадрате» [7] (а – механоактивация, б – контроль), показанные соответственно на рис. 1

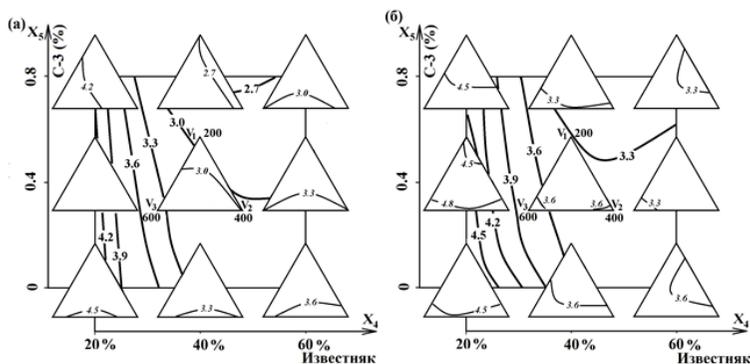


Рис.1. Влияние варьируемых факторов состава на расслаиваемость, %

Анализ полученных ЭС-моделей и построенных по ним диаграмм позволяет отметить, что в рамках факторного пространства эксперимента в наибольшей степени на расслаиваемость растворных смесей влияет количество молотого известняка в вяжущем. Основной эффект наблюдается при увеличении количества известняка от 20 до 40% – расслаиваемость механоактивированных составов снижается на 20..25%, а контрольных составов на 30..35%. Величина удельной поверхности известняка оказывает влияния на значение расслаиваемости в пределах 5..9%, однако есть некоторая тенденция меньшей расслаиваемости смесей при использовании известняка с удельной поверхностью 200 м<sup>2</sup>/кг.

Полученные экспериментальные данные по расслаиваемости растворной смеси позволяет сделать вывод о том, что наличие в смеси уже 20..25% молотого известняка практически вдвое снижает расслаиваемость (при аналогичном количестве пластификатора). При этом данная тенденция прослеживается как для активированных, так и для кон-

трольных составов – в первом случае величина  $P_k$  снижается с 7.1..8.8% до 4.0..4.5%, а во втором с 7.9..9.8% до 4.5..5.0%.

За счет введения 0.8% добавки С-3 (при содержании молотого известняка в вяжущем 20..35%) расслаиваемость снижается на 4..6%, а при количестве известняка 40% и более – на 6..10%. Растворные смеси на активированном вяжущем в целом показали меньшую расслаиваемость по сравнению с контрольными. Данный эффект объясняется, прежде всего, более низкой водопотребностью смесей за счет применения активации.

### *Заключение*

В целом можно сделать вывод о положительном влиянии примененных технологических решений, для повышения однородности смеси. К тому же, введение в вяжущее до 40% известнякового наполнителя и 0.8% добавки С-3, при дополнительном использовании механоактивации, позволяет значительно улучшить однородность растворных смесей, и тем самым, повысить их технологичность. Наибольшую роль в снижении расслаиваемости смеси играет применение известняка в вяжущем. При этом удельная поверхность использованного известняка не оказывает существенного влияния на эффективность его применения как стабилизирующего компонента.

### **Summary**

**It was shown the possibility of improving the quality of the mortar through the use production from waste of limestone in a mechanically activated binder. Were optimized factors (number of limestone and superplasticizer C-3) that regulate layering mortar.**

### *Литература*

1. Строительное материаловедение/ [П.В. Кривенко, Е.К. Пушкарева, В.Б. Барановский, М.А. Кочевых и др.] — Киев: Основа, 2007. — 698с.

2. Тенденции и направления внедрения бетонов нового поколения в Украине / [Ю.И. Немчинов, П.В. Попруга, Л.А. Шейнич, Г.Б. Гирштель] // Будівельні конструкції. Випуск 72. Сучасні технології бетону. – Київ: НДІБК, 2009. – С. 3-7.

3. Аспекты формирования высокопрочных и долговечных цементных связок в технологии бетонов/ Бабков В.В., Каримов И.Ш., Комов П.Г.// Известия ВУЗов. Стр-во. – 1996. -№4. –С.41-48

4. Маилян Р.Л. Бетон на карбонатных заполнителях / Р.Л. Маилян // Изд-во Ростовского университета, 1967. – 276с., ил.

5. Еременок П.Л. Использование известняковых песков из низкопрочных пород в конструкционных бетонах / П.Л. Еременок, Ю.А. Басый // Изд-во Киевской ВА ВПВО — К.: 1981. — 59с.

6. Федоркин С.И. Новые направления переработки известняковых отходов камнедобычи / С.И. Федоркин // Труды Крымской Академии наук: научно-практический сборник. Вып. 1. — Симферополь: Таврия, 1998. — С. 83–86.

7. Вознесенский В.А. Численные методы решения строительно-технологических задач на ЭВМ / В.А. Вознесенский, Т.В. Ляшенко, Б.Л. Огарков // — К.: Вища школа, 1989. — 327 с.

8. Барабаш І.В. Механохімічна активація мінеральних в'язучих речовин / І.В. Барабаш // Навч. посібник. — Одеса: Астропрінт, 2002. — 100 с.