

УДК 691.555

МОЛОТЫЙ ИЗВЕСТНЯК - ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ МИНЕРАЛЬНАЯ ДОБАВКА В СТРОИТЕЛЬНЫЕ РАСТВОРЫ

Даниленко А.В., к.т.н., Барабаш И.В., д.т.н., профессор

Одесская государственная академия строительства и архитектуры,

Повышение цен на все виды минеральных вяжущих придает особую актуальность исследованиям, направленным на снижение материалоемкости и энергоемкости производства растворных и бетонных смесей. Подавляющее большинство жилых и общественных зданий центральной части малых и больших городов Одесского региона возведены из камня-ракушечника. Фасады зданий после длительной эксплуатации требуют капитального или текущего ремонта, рис. 1.



Рис.1. Старые постройки Одессы

Нарушение защитной части фасадов связано с неблагоприятными условиями эксплуатации штукатурного слоя, связанных с морским климатом Одессы. В связи с этим актуальными становятся исследования, направленные на оптимизацию как рецептурных, так и технологических факторов получения растворных смесей, обладающих после достижения марочной прочности необходимой долговечностью и, особенно, морозостойкостью.

Снижение расхода клинкерной составляющей портландцемента в строительных растворах достигается введением в его состав тонкомолотых минеральных добавок, в частности, молотого известняка [1]. В Украине при добычи известняка лишь половина отходов используется как вторичное сырье, остальное уходит в отвал. [2,3,4] Известно, что известняк-ракушечник обладает большим

количеством положительных качеств, таких как: экологичность, относительно низкая стоимость, хорошая размолоспособность [4,5]. Исследователями отмечены высокие технические свойства растворов и бетонов на карбонатных заполнителях [2,3,4,5]. Тонкодисперсные частицы известняка, располагаясь в пространстве между зернами цемента выполняют роль смазки, повышая тем самым пластичность смесей. Кроме того, молотый известняк способствует улучшению теплотехнических характеристик затвердевшего материала [6,7].

Известно, что снижение клинкерной составляющей в строительных растворах достигается также за счет использования ПАВ и механоактивации вяжущих. Процесс активации вяжущего заключается в изменении его энергетического состояния под действием механической энергии, изменении структуры кристаллической решетки вещества, аморфизации поверхностных слоев частиц, изменении видов химической связи на поверхности и в глубинных слоях вещества, электризации поверхности [8]. Возможность использования тонкомолотого известняка как минеральной добавки в механоактивированном портландцементе изучено недостаточно глубоко.

С учетом современных требований и нормативов, а также в связи с необходимостью получения энергоэффективных и экологически чистых строительных растворов, используемых для оштукатуривания стен, проведены исследования, направленные на разработку оптимальных составов строительных растворов на механоактивированном портландцементе с добавкой молотого известняка с высокой водоудерживающей способностью, низкой расслаиваемостью и достаточно высокими уровнями прочности, и морозостойкости.

Для этой цели был проведен эксперимент по оптимальному плану «треугольники на квадрате» с пятнадцатью опытными точками [9]. 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.

В эксперименте независимыми факторами были приняты:

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

X_5 – количество суперпластификатора С-3, $0,4 \pm 0,4\%$.

Помимо 15-ти составов исследовались три контрольных состава на портландцементе без известняка.

Использовался портландцемент марки 500 Каменец-Подольского цементного завода и песок Никитовского карьера ($M_{кр}=2.2$). Эксперимент предусматривал приготовление растворов смесей

состава 1:3 с механоактивацией вяжущего и без механоактивации (контроль). Механоактивация вяжущего осуществлялась в трибосмесителе-активаторе путём последовательного введения в него отдозированных количеств воды, суперпластификатора С-3, портландцемента и молотого известняка. Активация суспензии осуществлялась в течение 1 минуты при скорости вращения рабочего ротора смесителя 2800 об/мин. Водовязущее отношение подбиралось из условия получения равноподвижных нерасслаивающихся смесей. Подвижность раствора составляла 7 см осадки конуса СтройЦНИИЛа. В/В отношение растворных смесей на механоактивированном вяжущем составляло от 0.4 до 0.5. Для смесей, в которых вяжущее механоактивации не подвергалось, В/В изменялось от 0.5 до 0.6. Уплотнение растворных смесей осуществлялось на стандартной лабораторной виброплощадке в течение 60 секунд. После формирования образцы помещались в камеру нормального твердения.

В рамках проведенных исследований были разработаны оптимальные составы с 40% и 60% заменой портландцемента на молотый известняк. Выбор составов строительного раствора для штукатурных работ был проведен графическим методом по диаграммам, построенным по ЭС-моделям. На модель «треугольники на квадрате» были наложены изолинии, отображающие уровни основных физико-механических свойств штукатурного раствора на механоактивированном портландцементе с добавкой молотого известняка. Области, не удовлетворяющие по критериям ограничения, были исключены.

В качестве критериев ограничения для состава с заменой 40% портландцемента на молотый известняк, были приняты: прочность при сжатии не ниже 20 МПа, расслаиваемость не выше 3.0 %, морозостойкость не ниже 75 циклов попеременного замораживания и оттаивания. Критерии были выбраны согласно предъявляемым требованиям к штукатурным растворам (ДСТУ В 2.6.-22-2001). Диаграмма, отображающая выбор оптимального состава штукатурного раствора с заменой 40% портландцемента на молотый известняк приведена на рис.2

Следующие ограничения были приняты для строительных растворов с заменой 60% портландцемента на молотый известняк: прочность при сжатии - не выше 20 МПа, расслаиваемость - не выше 3%, морозостойкость - не выше 50 циклов. Диаграмма, отображающая выбор оптимального состава штукатурного раствора с добавкой 60% молотого известняка, приведена на рис. 3.

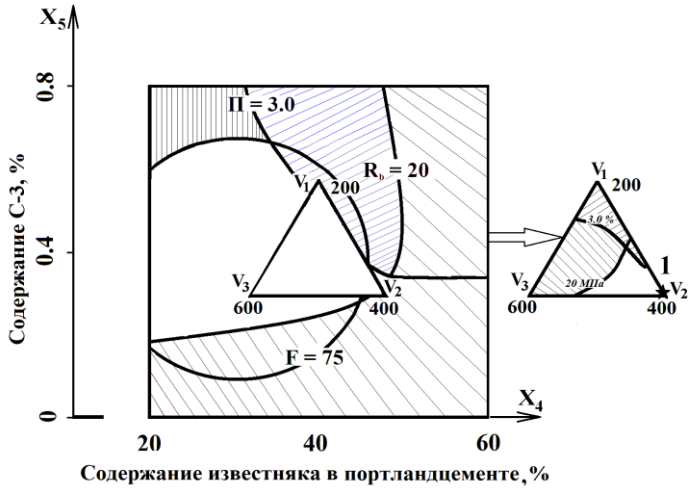


Рис.2. Выбор оптимального состава строительного раствора с заменой 40% портландцемента молотым известняком

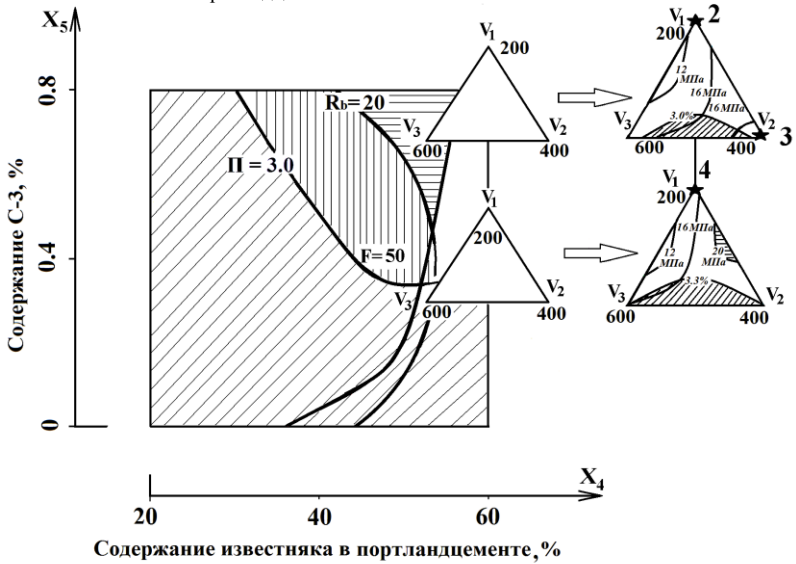


Рис.3 Выбор оптимального состава строительного раствора с заменой 60% портландцемента молотым известняком

В оставшейся, не исключенной ни по одному из названных выше критериев, части факторного пространства были выбраны оптимальные составы с учетом замены 40% и 60% портландцемента на молотый известняк.

С учетом уменьшения расходов портландцемента (до 40%) как наиболее дорогостоящего компонента на молотый известняк себестоимость строительного раствора снижена на 29%; введение в портландцемент 60% известняка снижает себестоимость раствора на 42%. Рекомендуемые составы штукатурного раствора приведены в табл. 1.

Таблица 1

Рекомендованные составы штукатурных растворов

№ п/п	Материалы	Расход материалов				
		Базовый состав	Состав 1	Состав 2	Состав 3	Состав 4
1	Портландцемент М 500, кг/м ³	475	285	190	190	190
2	Кварцевый песок, кг/м ³	1425	1425	1425	1425	1425
3	Молотый известняк, кг/м ³	-	190	285	285	285
4	Добавка С-3, %	0,8	0,4	0,8	0,8	0,4
5	Вода, л/м ³	229	235	235	241	237

Анализ исследованных строительных растворов показал эффективность использования молотого известняка в качестве минеральной добавки к механоактивированному портландцементу. Используемые технологические приемы позволили снизить материалоемкость и энергоемкость производства строительного раствора, а также повысить физико-механические свойства строительных растворов как активированных, так и контрольных составов.

Таким образом, проведенные исследования показывают возможность получения строительных растворов с широким диапазоном свойств, удовлетворяющих требованию большинства задач по строительству и ремонту стен зданий из известняка-ракушечника.

SUMMARY

The article considers the possibility of using pre-ground of limestone as mineral additives to Portland cement of mechanically activated. Mechanical activation of binder "Portland cement + ground limestone" in the presence of superplasticizer C-3 allows you to lower the charge of

portland cement clinker component, providing a specified characteristics of the solution.

ЛИТЕРАТУРА

1. Композиционные строительные материалы и конструкции пониженной материалоемкости / [В.И. Соломатов, В.Н. Выровой, В.С. Дорофеев, А.В. Сиренко] – К.: Будівельник, 1991. – 144 с.
2. Барабаш И.В. Растворы на механоактивированном поргтландцементе с добавкой известняка / И.В. Барабаш, А.В. Даниленко, С.А. Кровяков // Сборник статей международной научно-практической конференции «Тенденции формирования науки нового времени». – Уфа: РИЦ БашГУ, 27-28 декабря 2013. – С. 100-103.
3. Барабаш И.В. Применение отходов добычи и пиления известняка – ракушечника для снижения материалоемкости кладочных растворов / И.В. Барабаш, С.А. Кровяков, А. В. Дорофеев, А.В. Даниленко // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Енергоефективні технології в міському будівництві та господарстві». – Одеса: друкарня ОДАБА, 2012. – С. 25-28.
4. Барабаш И.В. Повышение энергоэффективности кладочных растворов за счет применения известнякового наполнителя / И. В. Барабаш, А.И. Ворохаев, С.А. Кровяков, А.В. Даниленко // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Енергоефективні технології в міському будівництві та господарстві». – Одеса: друкарня ОДАБА, 2013. – С. 89-95.
5. Маилян Р.Л. Бетон на карбонатных заполнителях / Р.Л. Маилян // Изд-во Ростовского университета, 1967. – 276с., ил.
6. 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.
7. 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.
8. Федоркин С. И. Строительные материалы из местного сырья для реконструкции и восстановления зданий / С. И. Федоркин, Л. Н. Димитрашук, М. А. Лукьянченко, Н. В. Панченко // Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. трудов. — Симферополь: КАПКС, 2002. — Вып. 6. — С. 100—102.
9. Механоактивация в технологи бетонов / [Выровой В.Н., Барабаш И.В., Дорофеев А.В., Бабий И.Н., и др.] – Одесса: ОГАСА, 2014. – 148 с.
10. Вознесенский В.А. Ляшенко Т.В. ЭС-модели в компьютерном материаловедении. – Одесса, Астропринт, 2006. – 116с.