

6. Медников Е.П. Турбулентный перенос и осаждение аэрозолей. – М.: Наука, 1980. – 324 с.
7. Теплотехнические основы циклонных топочных и технологических процессов / А.Б. Резняков, Б.П. Устименко. – Алма-Ата: Наука, 1974. – 374 с.
8. Бусроид Р. Течение газа со взвешенными частицами. – М.: Мир, 1975. – 378 с.

УДК 666.97: 666.942

В.Ю. Мурог, аспирант; П.Е. Вайтехович, доцент; Ю.М. Костюнин, доцент

### **ВЛИЯНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АКТИВИРОВАННОГО ЦЕМЕНТА НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ**

The activation is a process of processing of cement, concrete mixes by various mechanical, physical and chemical methods for more full use of knitting properties of cement. The activation conducts to increase of a specific surface knitting, change of surface structure of particles, occurrence of physical defects in lattices of minerals accelerating elementary interactions of a surface layer with water. Use of activated cement allows to increase strength of concrete products at the identical contents of cement in a mixture on 16–35 of % (depending on a way of forming and conditions hardening of concrete), or to lower the consumption of cement on 5–15 of % at obtaining full-strength of products.

Появление высокоэффективной измельчительной техники стимулировало возрождение интереса к механическим методам активации химических реакций в неорганических системах. Увеличилось число публикаций, появились монографии, сформировались различные научные школы и направления. В частности, для промышленности строительных материалов важным является уменьшение расхода вяжущих материалов за счет их механической активации.

Активация в данном случае – это процесс обработки цемента, цементного теста, бетонных смесей различными механическими, физическими и химическими методами для более полного использования вяжущих свойств цемента. Активация ведет к увеличению удельной поверхности вяжущих, изменению поверхностной структуры частиц, возникновению физических дефектов в подрешетках и решетках минералов, ускоряющих элементарные взаимодействия поверхностного слоя с водой [1].

В то же время, несмотря на обилие статей, излагающих экспериментальные исследования механической активации цементов, и ее влияние на физико-механические свойства цементного камня [2–4], ощущается недостаток работ, в которых освещается ее влияние на прочностные характеристики бетонных изделий на основе активированного цемента. При этом, несмотря на большое количество проведенных исследований по активации цементов и других строительных материалов, а также множество предложенных конструкций активаторов, их эффективность выявить довольно сложно, так как большинство исследователей не приводят удельные энергозатраты на достижение определенного эффекта. Перспективной же является такая технология практического использования механической активации материалов, при которой соблюдается условие экономической целесообразности. Причем целесообразность использования активированного цемента определяется не столько повышением физико-механических свойств вяжущего как такового, сколько возможностью снижения его расхода при получении равнопрочных и не уступающих по другим показателям изделий на его основе по сравнению с исходными. Под исходными понимаются изделия на основе неактивированного цемента.

Для изучения влияния дообработки готового цемента в дисмембраторе на прочностные характеристики бетонных изделий на его основе был проведен ряд экспериментальных исследований. Активация цемента проводилась путем его однократного пропускания через дисмембратор при линейной скорости рабочих органов 41,7 м/с. Удельная поверхность при этом возрастает от 2500 см<sup>2</sup>/г для исходного заводского цемента до 4900 см<sup>2</sup>/г для активированного цемента. Определение удельной поверхности цемента проводилось с помощью пневматического поверхностемера конструкции ПСХ-8.

Дисмембратор характеризуется простотой конструкции, относительно низкой энергоемкостью, небольшими габаритными размерами и металлоемкостью. Помол происходит за счет интенсивного ударного воздействия пальцев дисмембратора на материал.

Опытные образцы на основе исходного и активированного цемента формовались двумя способами: виброуплотнением (из бетонной смеси, используемой для производства железобетона) и прессованием (из бетонной смеси, используемой при производстве тротуарных плит).

Опытные образцы из смеси, используемой для производства железобетона, изготавливались из пластичного песчано-цементного раствора (состав по массе: 1 часть цемента к трем частям песка фракции 0,25 – 2,5 мм). При формовании образцов на основе активированного цемента содержание цемента в смеси изменялось в соответствии с табл.1. Содержание воды в смеси составляло 15%.

Таблица 1

| № опыта | % содержания цемента в смеси | Водо-цементное отношение |
|---------|------------------------------|--------------------------|
| 1       | 100 (исходный)               | 0,6                      |
| 2       | 100 (активированный)         | 0,6                      |
| 3       | 90 (активированный)          | 0,67                     |
| 4       | 80 (активированный)          | 0,75                     |
| 5       | 70 (активированный)          | 0,97                     |

Характеристика опытных смесей, изготовленных путем прессования в металлических формах, дана в табл. 2.

Таблица 2

| № опыта | % содержания цемента в смеси | Влажность смеси, % | Водо-цементное отношение |
|---------|------------------------------|--------------------|--------------------------|
| 1       | 100 (исходный)               | 7,62               | 0,37                     |
| 2       | 100 (активированный)         | 7,62               | 0,37                     |
| 3       | 90 (активированный)          | 7,07               | 0,375                    |
| 4       | 80 (активированный)          | 6,45               | 0,38                     |
| 5       | 70 (активированный)          | 5,8                | 0,39                     |

Из полученного бетонного раствора в металлической форме формовались опытные образцы в соответствии со стандартной методикой.

Для получения более полной информации о процессах, протекающих при твердении бетона в различных условиях, прессованные образцы были разбиты на три группы:

- 1) образцы, твердевшие в ванне с гидравлическим затвором в естественных условиях (без соприкосновения с водой);
- 2) образцы, твердевшие в ванне с гидравлическим затвором под мономолекулярным слоем воды;
- 3) образцы, твердевшие в ванне с гидравлическим затвором под слоем воды.
- 4) Определение прочности на сжатие проводилось на гидравлической измерительной системе СИ-2-100-УХЛ 4.2.

Зависимость прочности бетонных образцов после семисуточного твердения от содержания цемента в смеси при различных способах формования и твердения образцов дана на рис. 1 и рис. 2.

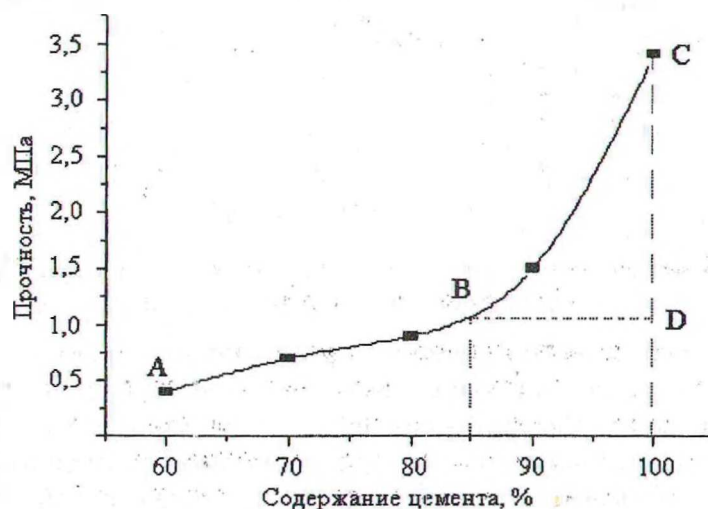


Рис. 1. Зависимость прочности виброуплотненных бетонных образцов на сжатие от содержания активированного цемента.

На графике зависимости прочности виброуплотненных образцов от содержания цемента в смеси (рис. 1) прямой BD обозначена прочность образцов на основе неактивированного цемента. Содержание исходного цемента в этом случае составляет 100% (состав бетонной смеси приведен в табл. 1). Кривая ABC характеризует изменение прочности бетонных образцов в зависимости от содержания в них активированного цемента. Причем точка C соответствует содержанию в смеси 100% активированного цемента. Как видно из графика, прочность виброуплотненных образцов на основе активированного цемента почти в три раза выше, чем прочность образцов на основе исходного цемента при одинаковом содержании вяжущего в бетонной смеси. Однако основной экономический эффект от использования активированного цемента достигается не за счет повышения прочности получаемых изделий, а за счет снижения расхода цемента при получении равнопрочных изделий. Для данного случая, как это видно из графика, экономия цемента за счет активации составляет 15% (точка B).

Все сказанное выше справедливо и для бетонных образцов, полученных прессованием (рис. 2).

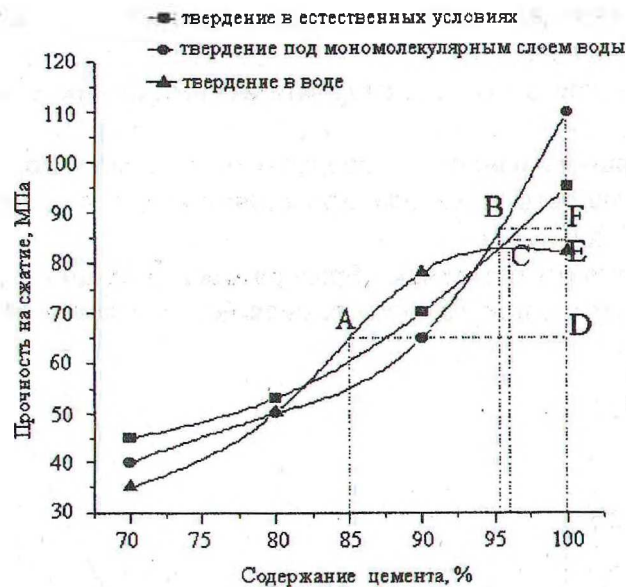


Рис. 2. Зависимость прочности пресованных бетонных образцов на сжатие от содержания активированного цемента

На графике зависимости прочности пресованных образцов от содержания активированного цемента (рис. 2) точка С показывает равную прочность образцов, сформованных на основе активированного цемента и твердевших в естественных условиях, с образцами на основе исходного цемента (их прочность показана отрезком СЕ); точка В – аналогично для образцов, твердевших под мономолекулярной пленкой воды (прочность образцов на основе исходного цемента показана отрезком ВF); точка А – для образцов, твердевших под слоем воды (прочность образцов на основе исходного цемента показана отрезком AD).

Как видно из графика, в первом случае (естественное твердение образцов) при одинаковом содержании исходного и активированного цемента в бетонной смеси наблюдается увеличение прочности образцов на основе активированного цемента по сравнению с образцами на основе исходного цемента на 16% либо снижение расхода активированного цемента на 5 – 6% при получении равнопрочных образцов. Во втором случае (твердение под мономолекулярной пленкой воды) – увеличение прочности образцов на основе активированного цемента по сравнению с образцами на основе исходного цемента на 35% либо снижение расхода активированного цемента на 7% при получении равнопрочных образцов. В третьем (твердение под слоем воды) – увеличение прочности образцов на основе активированного цемента по сравнению с образцами на основе исходного цемента на 27% либо снижение расхода активированного цемента на 16% при получении равнопрочных образцов.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод о том, что оптимальным методом получения виброуплотненных изделий на основе активированного цемента с точки зрения уменьшения расхода вяжущего является их твердение в воде, что, однако, не всегда удобно с практической точки зрения.

Как видно из полученных результатов, использование активированного цемента позволяет повысить прочность бетонных изделий при одинаковом содержании цемента в смеси на 16 – 35 % (в зависимости от способа формирования и условий твердения изделий) либо снизить расход цемента на 5 – 15 % при получении равнопрочных изделий.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Механохимическая активация многокомпонентных цементов / В.А. Дмитриева, В.И. Акунов // Цемент. — 1981. — № 10. — С. 18—19.
2. Кузнецова Т.В. Новые составы и способы получения специальных цементов. // Цемент. — 1980. — № 12. — С. 17—19.
3. Кузнецова Т.В., Кравченко И.В. Теоретические основы получения специальных цементов // Цемент. 1982. № 9. — С. 17—19.
4. Полак А.Ф., Бабков А.В. Влияние дисперсности цемента на прочность его гидрата // Цемент. — 1980. — № 9. — С. 15—17.

УДК 66.048.375

В.Н. Павлечко, доцент

### ГРАФИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕКТИФИКАЦИОННЫХ ТАРЕЛОК В КОМПЛЕКСНОЙ МОДЕЛИ

The details of graphical presentation of mass exchange in the complex model for straightforward current, countercurrent and crosscurrent conditions are analyzed. The values of efficiency are shown to be real and finite for all the types of currents. It supports the possibility of the use of the complex model for straightforward current, countercurrent and crosscurrent movement, that is the universality of the model.

Получившие наибольшее распространение модели Мерффри [1–3] при анализе эффективности в паровой и жидкой фазах и модель Хаузена [2–4], а также другие не в полной мере соответствуют реальным условиям массообмена. В этих моделях реальная тарелка несколько идеализируется, а идеальная приближается к действительным условиям, эффективность в первой тарелке завышается, а во второй – занижается. Нередко возникает ситуация, когда эффективность принимает значения больше единицы или меньше нуля. В связи с этим исследователи модифицируют известные модели или предлагают новые, применение большинства которых ограничено перечнем исследованных смесей либо технологическими и конструктивными параметрами.

Указанные недостатки устраняются в комплексной модели, отличающейся от известных моделей условиями взаимосвязи идеальной и реальной тарелок [5–7]. В ней составы взаимодействующих компонентов выравниваются на некотором расстоянии  $h$  для пара и  $h_1$  для жидкости. Комплексная модель обобщает известные модели Мерффри и Хаузена, а также гипотетическую модель [8, 9], включая их как предельные случаи. В частности, если коэффициент фазового равновесия имеет большие значения, то пределом комплексной модели является модель Хаузена, если  $m$  меньше единицы – гипотетическая модель, если  $m$  стремится к единице – модель Мерффри.

Эффективность массообмена в комплексной модели для прямоточного, противоточного и перекрестного движения паровой и жидкой фаз соответственно равны [5–7]:

$$E_{\text{пр}} = \frac{(1-h) \frac{L}{mV} + 1 - h_1}{\frac{x_n - y_{n-1}}{m} - h \frac{L}{mV} - h_1}; \quad (1)$$