

## **ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ АКТИВАЦИИ НА СВОЙСТВА БЕТОНОВ**

**Ткаченко Г.Г., Макарова С.С.**

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры,  
г. Одесса*

### **Введение**

Как показали проведенные ранее исследования, комплексная активация оказывает влияние на физико-механические и физико-химические явления и процессы, протекающие при гидратации и структурообразовании бетона [1,2]. Это вызывает изменение свойств твердеющих и затвердевших цементных композиций, позволяет повышать их механические свойства и решать задачу снижения материалоемкости за счет использования рациональных по количеству и дисперсному составу наполнителей совместно с изменением параметров внешних электромагнитных воздействий. Проведенные экспериментальные и теоретические исследования показали, что использование рациональных наполнителей и изменение параметров внешних электромагнитных воздействий минимизируют начальные объемные деформации [3,4]. Это позволяет снизить поврежденность цементного камня и повысить его механические характеристики. На основании выше изложенного было выдвинуто предположение, что внутренняя и внешняя активация способствует такой структурной организации, при которой механические свойства бетонов как систем организованных по типу «структура в структуре», должны повышаться. Для подтверждения выдвинутого предположения была определена задача исследований – изучить влияние комплексной активации на изменения механических свойств бетонов.

### **Организация экспериментов**

В экспериментальных использовался портландцемент М400, природный кварцевый песок и гранитный щебень фракции 5..10 мм. Исследования проводились на образцах-кубах размером 10×10×10 см и образцах-призмах 10×10×40 см. Смесь готовилась в лабораторном смесителе емкостью 50 л в течение 3-х минут, подвижность бетонной сме-

си была постоянной и составляла  $OK = 8...10$  см. После укладки смесь уплотнялась на лабораторном вибростоле в течение 3-х минут. Часть отформованных образцов помещалась в зону действия матриц (фрактально-матричных резонаторов), часть образцов накрывалась полиэтиленовой пленкой. Определение поврежденности, прочности при сжатии и начального модуля упругости проводилось через 28 суток твердения в нормальных условиях и после хранения образцов при  $T=18\pm 4^0$  С и  $\phi=60..90\%$  в течение 360 суток.

Во все составы кроме контрольных вводился наполнитель с удельной поверхностью  $S_{уд} = 100 \text{ м}^2/\text{кг}$  в количестве 25% от массы цемента. Исследовались рассчитанные составы бетонов М250 и М300. Составы приведены в табл. 1.

Таблица 1

Составы исследуемых бетонов

Шифр состава	Вид активации	Расход материал, кг/м <sup>3</sup>			
		Наполнитель	Цемент	Песок	Щебень
С-1	-	-	330	684	1187
С-2	-	-	380	649.4	1187
С-3	Внутренняя	82.5	247.5	684	1182
С-4	Комплексная	82.5	247.5	684	1187
С-5	Внутренняя	95	285	649.4	1127
С-6	Комплексная	95	285	649.4	1127

Подвижность бетонной смеси определялась согласно ДСТУ Б.В 2.7-114-20 «Суміші бетонні. Методи випробувань». Модуль упругости определялся по ГОСТ 24452-80 «Бетоны. Определение модуля упругости проводили на образцах-призмах при помощи универсального пресса ПСУ-50». Образцы центрировались при помощи навесных приборов, установленных для измерения продольных деформаций. Загружение призм проводили ступенями, равными 0,1 от разрушающей нагрузки и под этой нагрузкой выдерживались в течение 5 мин. Измерение продольных деформаций проводили индикаторами часового типа с точностью 0.01 мм. База измерений составляла 20 см.

### Результаты исследований

Предварительные эксперименты показали, что методика определения коэффициента поврежденности, принятая для цементного камня, не совсем объективно описывает характер разрушения бетонных образцов. Это связано со следующим:

- бетонные образцы не испытывали на изгиб;
- поверхность разрушения при определении прочности при сжатии и модуля упругости не позволяет с достаточной точностью определить точки выхода трещин разрушения на поверхность образца.

Поэтому в работе определялся коэффициент поврежденности  $K_n$  [5]. Для этого образцы-кубы и образцы призмы после твердения 28 суток в нормальных условиях высушивали при температуре  $90 \pm 5^\circ\text{C}$  до постоянной массы и помещали на 20...40 мин. в водный раствор танина. Общая длина обнаруженных и зафиксированных трещин и внутренних поверхностей раздела на заданной площади поверхности измерялась на трех гранях образцов при помощи курвиметра с точностью 0,001. Коэффициент поврежденности  $K_n$  определяли из выражения  $K_n = L/S(\text{см}/\text{см}^2)$ , где  $L$  – общая протяженность поверхностных трещин и внутренних поверхностей раздела;  $S$  – площадь поверхности, на которых проявились трещины и внутренние поверхности раздела,  $K_n$  определяли как среднее из трех измерений.

Основные свойства исследованных бетонов представлены в табл.2.

Анализ полученных результатов показывает, что использование рациональных наполнителей (составы С-3 и С-5) ведет к снижению коэффициента поврежденности бетона в среднем на 10%. Это позволяет при введении наполнителей до 25% по массе получать бетоны, прочность которых практически не отличается от прочности бетонов, полученных на основе бездобавочных цементов. Аналогичные результаты характерны при оценке поведения бетонных образцов под нагрузкой. Основные зависимости влияния наполнителей на изменение  $R_b$  и  $E$  сохраняются после хранения образцов в естественных условиях в течение 360 суток.

Использование рациональных наполнителей совместно с изменением параметров внешних электромагнитных воздействий (комплексная активация) ведет к повышению прочности при сжатии на 28% для бетонов М250 (составов С-4) на 13% бетонов М300 (состав С-6) после твердения в течение 28 в нормальных условиях. Это позволяет увеличить марку бетона с М250 (состав С-1) до марки М300 (состав С-4), а также с марки М300 (состав С-2) до марки М350 (состав С-6). Использование методов комплексной активации ведет к снижению коэффициентов поврежденности исследуемых бетонов в среднем на 24%, что вызывает повышение модуля упругости до 20% (табл. 2).

После 360 суток твердения образцов в естественных условиях прочность при сжатии увеличилась на 16..20% для образцов на бездобавочном цементе и на 12..30% для образцов после комплексной активации. Также на 11..20% увеличилось значение модуля упругости для

всех исследуемых составов. То есть для активированных бетонов тенденция набора прочности и повышения модуля упругости сохраняется во времени.

Таблица 2

*Свойства исследуемых бетонов*

Шифр состава	Прочность при сжатии $R_b$ , МПа в возрасте, сут.		Модуль упругости $E$ , МПа $\times 10^3$ в возрасте, сут		$K_p$ см/см <sup>2</sup>
	28	360	28	360	
С-1	25.1	29.6	26.3	29.3	0.340
С-2	31.5	36.1	30.2	36.1	0.380
С-3	24.7	28.4	26.5	28.6	0.306
С-4	32.2	36.1	32.1	37.3	0.255
С-5	30.7	35.2	32.9	38.6	0.370
С-6	35.7	36.3	35.4	42.4	0.310

**Выводы**

Применение комплексной активации, включающей использование рациональных по количеству и дисперсному составу наполнителей совместно с изменением параметров внешних электромагнитных воздействий за счет фрактально-матричных резонаторов позволяет снизить поврежденность бетона в среднем на 24%, что значительно улучшает его прочностные характеристики и повышает величину модуля упругости. При этом для бетонов, которые были активированы при твердении, сохраняется тенденция набора прочности и повышения модуля упругости во времени.

## SUMMARY

**The results of the impact of changes in the activation of the complex mechanical properties of concrete. It is shown that the activation improves concrete strength and modulus of elasticity increases. For the activated concrete tendency to increase strength and modulus of elasticity is preserved in time.**

### *Литература*

1. Сватовская Л.В. Активированное твердение цементов / Л.В. Сватовская, М.М. Сычев. – Л.: Стройиздат, 1983. – 160 с.
2. Сиваченко Л.А. Использование механоактивации при приготовлении строительных смесей / Л.А. Сиваченко, М.Г. Богатырев // Интерстройтех 2006. – М.: МГСУ, 2006. – С. 272-273.
3. Ткаченко Г.Г. Изучение влияния активации и наполнителей на изменение физико-механических свойств затвердевших строительных материалов / Г.Г. Ткаченко, С.Д. Бородулин // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. Вип. 31. – Одеса: Місто майстрів, 2008. – С. 357-360.
4. Ткаченко Г.Г. Изучение влияния внешних и внутренних факторов на формирование микроструктуры бетонов / Г.Г. Ткаченко // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. Вип. 35 - Одеса: Місто майстрів, 2009. – С. 342 – 348.
5. Дорофеев В.С. Технологическая поврежденность строительных материалов и конструкций / В.С. Дорофеев, В.Н. Выровой. – Одесса: Місто майстрів, 1998. - 168 с.