

*Академия строительства Украины  
Ровенский государственный технический университет  
Ровенский государственный центр научно-технической  
и экономической информации*

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ  
МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
СОСТАВОВ БЕТОНА**

*Материалы научно-технического семинара  
17 -18 октября 2001г.*

Ровно 2001

работу и в случаях изменения качества компонентов (что нередко происходит в производственных условиях), а также быстро переводить используемые составы на оптимальные (по расходу вяжущего).

#### Список литературы

1. Чепелев Р.Н., Горячих М.В., Шмигальский В.Н. Оптимальная активность цемента. - Композиционные материалы на основе древесины / Международная научно-техническая конференция, 24-27 окт. 2000 г.: Тезисы докладов. - М.: МГУЛ. - С. 26-27.
2. Шмигальский В.Н. Определение оптимального соотношения между мелким и крупным заполнителями. - Известия вузов. - Строительство и архитектура. - 1967. - №9. - С. 69-72.
3. Горячих М.В. Ресурсоэкономное определение максимальной плотности смеси сухих заполнителей и оптимального их расхода в бетонах. - Строительство и техногенная безопасность /Сб. науч. трудов КИПКС, -Симферополь: КИПКС. 1999. - С. 118-122.
4. Шмигальская М.В. Обоснование аналитической связи между подвижностью и жесткостью бетонной смеси. - Строительство и техногенная безопасность /Сб. науч. трудов КИПКС. - Симферополь: Таврия, 1999. -С. 174-180.

Коробко О.А., инж., Загорчичный Ю.О., инж. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса)

### ВЛИЯНИЕ СОСТАВА НА НАЧАЛЬНЫЕ ОБЪЕМНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Изучена зависимость объемных деформаций и физико-механических характеристик наполненного цементного камня от его начального состава. Установлено, что значения  $\Delta V$  и прочностных показателей качества определяются содержанием двуводного гипса, а также количеством и дисперсностью кварцевого наполнителя.

Цементный камень относится к материалам, которым присуща зависимость конечных свойств формирующейся системы от ее начального состава и процессов структурообразования. Эксплуатационные характеристики цементного камня определяются его структурой, представлявшей собой сложную совокупность дискретных агрегатов с устойчивой фиксацией связей между ними [1]. Формирование кластерных подструктур осуществляется в результате физико-химических и физико-механических явлений взаимодействия дисперсных частиц друг с другом и водой затворения [2]. Механизмы кластерообразования зависят от качественного и количественного содержания исходных компонентов вяжущей системы. Начальный состав цемента оказывает наследственное влияние на процессы организации дискретных блоков, определяя условия контактирования частиц дисперсной фазы и протекания реакций гидратации. Химическая природа и размеры первичных

компонентов вяжущего, а также их процентное содержание обуславливают вид, строение и свойства структурных агрегатов формирующейся композиции. Следовательно, начальный состав твердеющей системы является основным фактором, определяющим технологические приемы формирования структуры цементного камня, особенности его строения и конечные механические свойства.

В обычных условиях портландцемент содержит в качестве минеральных добавок двуводный гипс и малоактивный наполнитель различной дисперсности. Изменение качественного состава вяжущей системы за счет введения дисперсных частиц с отличными от цементных зерен химико-минералогическими характеристиками, величиной поверхностной активности и размерами приводит к изменению механизмов организации кластерных блоков, их строения и вида. Изменение количественного содержания минеральных добавок в вяжущем также оказывает влияние на расположение исходных компонентов в цементной композиции. При этом изменяется расстояние между частицами твердой фазы и, как следствие, значения межчастичных сил контактных взаимодействий, что, в свою очередь, отражается на качественном составе и структуре образующихся кластеров.

Представляет интерес изучение зависимости изменения кинетики структурообразования и механических свойств цементного камня при изменении его начального состава. Была поставлена задача изучения влияния качественного количественного составов на объемные изменения и прочностные показатели качества цементной системы.

При проведении экспериментальных работ использовали следующие материалы: портландцемент дисперсностью 350 м<sup>2</sup>/кг, тонкомолотый кварцевый песок, а также двуводный гипс с удельной поверхностью частиц 350 м<sup>2</sup>/кг. Составы вяжущих композиций подбирались в соответствии с типовым пятифакторным планом «смесь, технология – свойство», синтезированным в системе “COMPEX” [3]. В качестве переменных были приняты: дисперсность наполнителя ( $S_{уд} = 400 \pm 200$  м<sup>2</sup>/кг), массовое содержание наполнителя ( $20 \pm 10\%$ ) и двуводного гипса ( $3 \pm 2\%$ ).

Статистическая обработка экспериментальных данных, проводилась с использованием аппарата математического планирования эксперимента [4]. Результаты исследований представлены на диаграммах, выражающих собой графическую интерпретацию моделей.

Полученные данные показали, что изменение содержания двуводного гипса и кварцевого наполнителя, а также дисперсности последнего в вяжущем приводит к изменению значений объемных деформаций и прочностных характеристик цементной композиции.

Использование CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O и наполнителя, независимо от их количества и удельной поверхности частиц тонкомолотого кварцевого песка, приводит к снижению объемных изменений бездобавочного цемента (рис.1). Общая величина  $\Delta V$  вяжущего за 9 часов его твердения составила 1,58%. Введение двуводного гипса в количестве 1% при различном содержании наполнителя

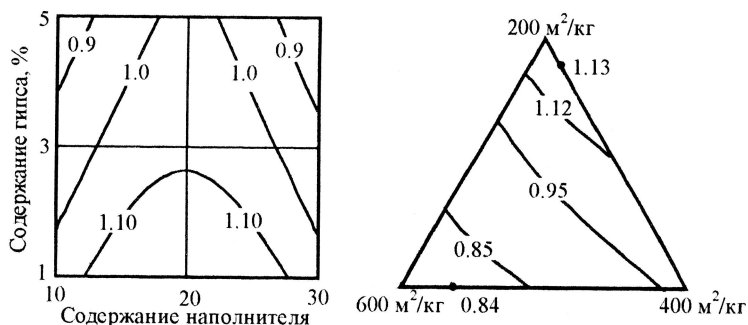


Рис.1. Влияние двуводного гипса и наполнителя на объемные изменения цементных композиций

позволяет уменьшить этот показатель в среднем на 30%. Повышение процентного содержания  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  в формирующемся материале до 3% приводит к снижению объемных деформаций цементной системы в среднем на 37%. Увеличение количества двуводного гипса до 5% вызывает уменьшение  $\Delta V$  твердеющей композиции в среднем на 43%. Введение в состав вяжущего 20% кварцевой добавки приводит к снижению  $\Delta V$  цементной системы, в зависимости от количества двуводного гипса, в среднем на 31%. Уменьшение или увеличение содержания наполнителя до 10% и 30%, соответственно, способствует более эффективному снижению объемных деформаций цемента, в среднем на 38% в обоих случаях. Введение кварцевой добавки с удельной поверхностью частиц  $200 \text{ м}^2/\text{кг}$  вызывает снижение объемных изменений вяжущего, в зависимости от количества  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  и наполнителя, в среднем на 29,5%. Увеличение  $S_{\text{уд}}$  наполнителя до  $400 \text{ м}^2/\text{кг}$  приводит к уменьшению  $\Delta V$  в среднем на 39%, до  $600 \text{ м}^2/\text{кг}$  - в среднем на 45,5%. Таким образом, установлено, что для максимального снижения начальных объемных деформаций твердеющего материала эффективно применение 30 % кварцевого наполнителя с удельной поверхностью частиц 400 и  $600 \text{ м}^2/\text{кг}$  при содержании двуводного гипса в количестве 5%. При этом объемные изменения бездобавочного вяжущего уменьшаются на 47 %.

Изучение влияния массового содержания кварцевой добавки на значения  $R_{\text{сж}}$  и  $R_{\text{р.и}}$  цементного камня позволяет отметить, что при введении наполнителя в состав вяжущего наблюдается общая тенденция снижения прочностных свойств затвердевших систем (рис. 2 и 3). Прочность бездобавочной цементной композиции на сжатие составила 63,5 МПа, на растяжение при изгибе – 8,9 МПа. Использование наполнителя в количестве 20% и 30%, независимо от процентного содержания двуводного гипса, приводит к уменьшению показателей в среднем на 5% и 10%, соответственно. Снижение значений  $R_{\text{р.и}}$  происходит при введении в состав цемента 20% и 30% кварцевой

добавки при содержании 1%  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . В этом случае предел прочности вяжущей, системы на растяжение при изгибе уменьшается в среднем на 13,4% и 20%, соответственно. Наличие в цементной композиции наполнителя в количестве 10% при 3% и 5% двуводного гипса позволяет повысить прочностные показатели конечного материала как на сжатие, так и на изгиб. В данных условиях значения  $R_{сж}$  и  $R_{р,и}$  возрастают на 6% и 15%, соответственно. Увеличение дисперсности кварцевой добавки, независимо от ее массового содержания в составе вяжущего, способствует повышению прочности цементной системы. Использование наполнителя в количестве 30% с удельной поверхностью 400 и 600  $\text{м}^2/\text{кг}$  при 5% двуводного гипса обеспечивает получение цементного камня, значения  $R_{сж}$  которого превышают показатели бездобавочной композиции на 8% ( $R_{сж} = 69 \text{ МПа}$ ) и  $R_{р,и}$  – на 26% ( $R_{р,и} = 12 \text{ МПа}$ ).

Эксплуатационная надежность цементного камня во многом зависит от его трещиностойкости [5]. Вязкость разрушения вяжущих композиций определяется их начальным составом и процессами структурообразования, которые, в свою очередь, обуславливают интенсивность проявления объемных изменений твердеющего цемента. Для количественной оценки трещиностойкости предлагается инициирование трещины методом заложения и методом распила. От способа образования трещины зависят условия формирования напряженно-деформативного состояния цементных образцов. Объемные деформации, проявляясь на берегах заложенной трещины как на своеобразных поверхностях раздела определяют качественные различия в остаточных напряжениях, которые обуславливают изменение трещиностойкости материала одного состава, что отражается на количественных значениях  $K_{Ic}$ .

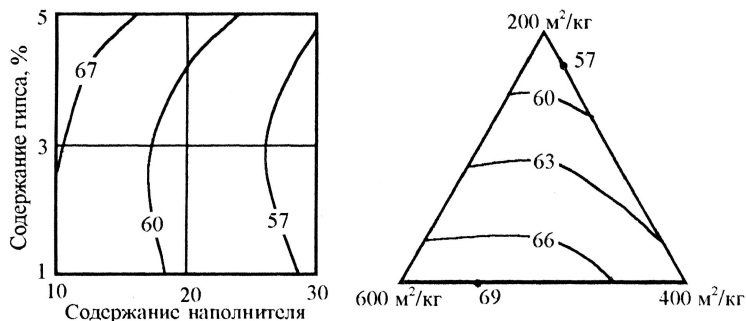


Рис.2. Влияние двуводного гипса и наполнителя на прочность цементного камня при сжатии

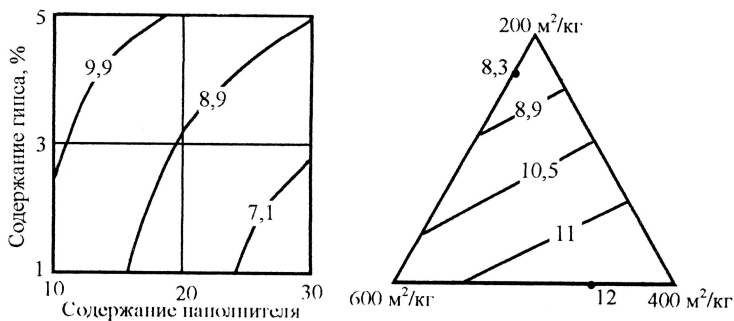


Рис.3. Влияние двуводного гипса и наполнителя на прочность цементного камня при изгибе

Повышению значений коэффициента интенсивности напряжений способствует введение в состав цемента двуводного гипса в количестве 5 %, независимо от количества кварцевой добавки (рис.4). В этом случае трещиностойкость цементного камня возрастает в среднем на 21%. Уменьшение процентного содержания наполнителя, до 10% такие позволяет повысить показатели  $K_{Ic}$ , в среднем на 25%. Увеличение количества наполнителя приводит к снижению вязкости разрушения цементной композиции. Использование 30% кварцевого наполнителя оптимального гранулометрического состава (200 и 600 м<sup>2</sup>/кг или 200 и 400 м<sup>2</sup>/кг) при высоком содержании CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O вызывает повышение трещиностойкости затвердевшей вяжущей системы, в среднем на 31 %.

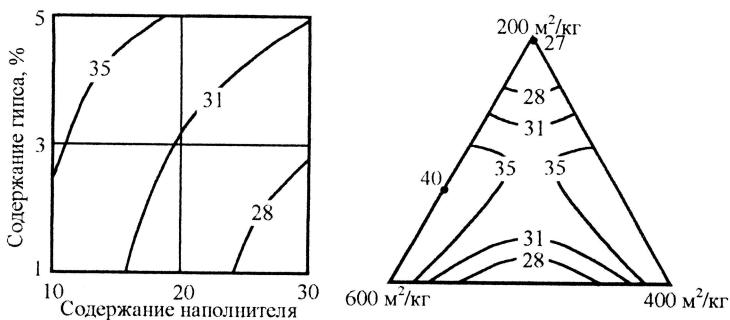


Рис.4. Влияние двуводного гипса и наполнителя на трещиностойкость цементного камня

Таким образом, проведенные исследования показали, что изменение количества двуводного гипса и наполнителя позволяет изменять физико-механические свойства цементного камня в достаточно широких пределах. При этом происходит уменьшение объемных деформаций твердеющих ком-

позиций и улучшаются прочностные характеристики конечного материала. Для максимального снижения  $\Delta V$  вяжущего, а также с целью повышения механической прочности и трещиностойкости цементного камня эффективно вводить 30% кварцевого наполнителя с удельной поверхностью частиц 400 и 600  $\text{м}^2/\text{кг}$  при 5%  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .

#### Список литературы

1. Соломатов В.И., Выровой В.Н., Бобрышев А.Н. и др. Полиструктурная теория композиционных строительных материалов. – Ташкент: ФАН, 1991. – 345с.
2. Соломатов В.И., Выровой В.Н. Кластерообразование композиционных строительных материалов // Технологическая механика бетона / РПИ. – Рига, 1985. – С. 5-21.
3. Методические указания по моделированию систем "Смеси, технология - свойства" с использованием ЭВМ в курсовом и дипломном проектировании по кафедре ПАТСМ / В.А.Вознесенский, Т.В.Ляшенко, В.В.Абакумов, А.Б.Абдыкалыков. – Одесса: ОИСИ, 1985. – 64 с.
4. ЭВМ и оптимизация композиционных материалов /В.А.Вознесенский, Т.В.Ляшенко, Я.П.Иванов, И.И.Николов. – К.: Будівельник, 1989.– 240 с.
5. Броск Д. Основы механики разрушения. М.: Высш. шк., 1980. – 368 с.

**Королев Е.В., к.т.н., Прошин А.П., член-корр. РААСН, проф., д.т.н., Болтышев С.А., асп., Макаров О.В., асп.** (Пензенская государственная архитектурно-строительная академия, РФ)

### ПОДБОР СОСТАВА РАДИАЦИОННО-ЗАЩИТНОГО СЕРНОГО БЕТОНА

Принятый в 2001 году Государственной Думой РФ пакет законов, разрешающий ввоз на территорию России радиоактивных источников (облученного ядерного топлива, радиоактивных отходов и т.д.), активизировал работу материаловедов, направленную на создание новых высокоэффективных радиационно-защитных материалов.

В Пензенской государственной архитектурно-строительной академии на кафедре строительных материалов на протяжении ряда лет проводятся исследования по разработке материалов, предназначенных для защиты от ионизирующих излучений. Для изготовления таких материалов применялись различные связующие как на минеральной (портландцемент, гипс, глиноземистый цемент, жидкое стекло и др.), так и на органической (эпоксидная, карбамидно-формальдегидная, резорцино-формальдегидная и другие смолы) основе. Перспективным вяжущим веществом является модифицированное серное связующее. Анализ научно-технической литературы показал, что сера по своим радиационно-защитным свойствам не уступает, а в некоторых случаях превосходит связующие традиционно применяемые для изготовления особо тяжелых бетонов. Благодаря своему молекулярному строению сера