

## АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО – 2005

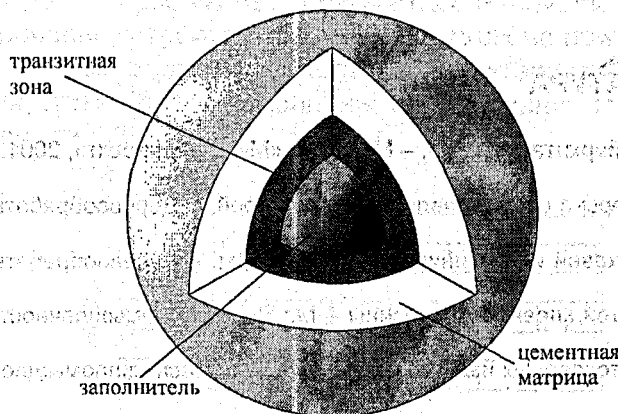
### ARCHITEKTUR UND BAUWESEN – 2005

I Международный научно-практический семинар  
I Internationales wissenschaftlich-praktisches Seminar

## ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ПОДБОРА СОСТАВОВ НАПРЯГАЮЩИХ БЕТОНОВ С ЗАДАННОЙ ВЕЛИЧИНОЙ САМОНАПРЯЖЕНИЯ

**Павлова И.П.<sup>1</sup>**

Авторами [1, 2, 3] была предложена структурно-механическая модель (см. рис. 1) расширяющегося композита, представляющая собой в геометрической реализации «шар в оболочках» и позволяющая прогнозировать характеристики расширения напрягающего бетона в заданном временном интервале к моменту стабилизации процесса расширения.



**Рисунок 1 – Схематическое изображение структуры напрягающего бетона в виде трехкомпонентной модели**

Ввиду сложности реализации разработанной структурно-механической модели при практических расчетах для подбора оптимального состава напрягающего бетона с заданными параметрами расширения с целью некоторого упрощения предлагается графоаналитический метод.

Проектирование состава бетона осуществляется в следующей последовательности.

Для нормативной величины самонапряжения бетона  $S_p$  [4] в зависимости от энергоактивности применяемого вяжущего в 28-суточном возрасте (марки) определяется величина относительного самонапряжения  $\alpha_{CE}$ :

<sup>1</sup> Павлова Инесса Павловна, кандидат технических наук, Брестский государственный технический университет (БГТУ)

$$\alpha_{CE} = \frac{Sp}{f_{CE,k}} \quad (1)$$

где  $f_{CE,k}$  – марка по самоупрочению напрягающего цемента [6].

Следующим этапом является определение оптимального соотношения между крупным и мелким заполнителем в смеси заполнителей исходя из требования обеспечения минимальной пустотности смеси. Влияние различных упаковок заполнителя на поведение бетона подробно рассмотрено в работе [7]. Авторами на основе проведенных исследований сделан обоснованный вывод о необходимости четкого определения соотношения между крупным заполнителем и мелким для достижения максимально плотной упаковки. Подбор оптимальной гранулометрии заполнителя для получения высококачественного бетона является одним из основных вопросов наряду с выбором вяжущего.

Оптимальное соотношение между крупным и мелким заполнителем  $n$  в смеси определяется на основе модели бинарной упаковки [7].

В зависимости от вида применяемого заполнителя по таблице принимаем соответствующие коэффициенты  $k_{agg}$  и  $n$ .

Таблица – Характеристики применяемого заполнителя

Модуль крупности мелкого заполни- теля $M_k$	Максимальная крупность крупного заполнителя							
	5		10		20		40	
	$n$	$k_{agg}$	$n$	$k_{agg}$	$n$	$k_{agg}$	$n$	$k_{agg}$
$M_k=2,0 \div 2,5$	1	10	0,35	5,4	0,38	4,85	0,4	4,6
$M_k=2,5 \div 3,0$	1	9	0,36	5,1	0,39	4,55	0,4	4,2
$M_k=3,0 \div 3,5$	1	8	0,37	4,8	0,4	4,2	0,41	3,87
$M_k$ св. 3,5	1	7	0,39	4,5	0,41	3,87	0,42	3,52

Для рассчитанной величины  $\alpha_{CE}$  в зависимости от  $k_{agg}$  применяемого заполнителя по рис. 2 определяется объемная концентрация заполнителя  $c_{agg}$  в бетонной смеси.

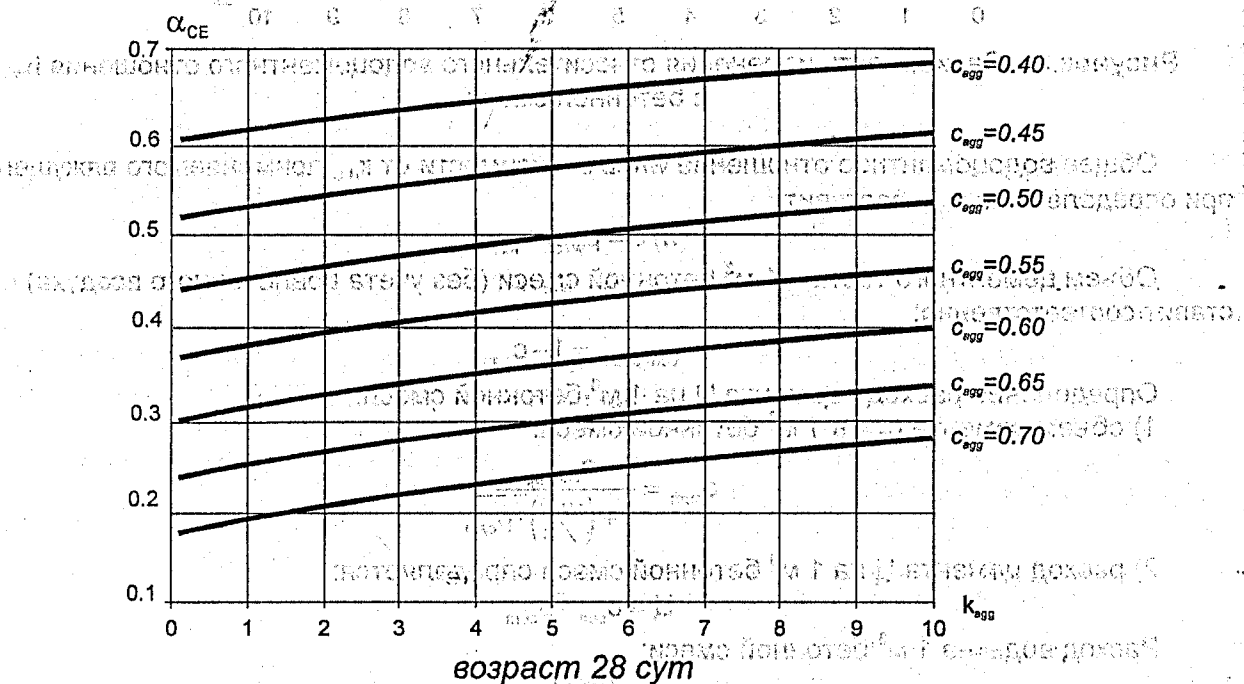


Рисунок 2 – Зависимость относительного самоупрочения  $\alpha_{CE}$  от  $k_{agg}$  заполнителя при варьируемых объемных концентрациях заполнителя  $c_{agg}$  в 1 м³ бетонной смеси

Общий расход заполнителя на 1 м³ бетонной смеси составит, соответственно:

$$Z_{agg} = c_{agg} \cdot \rho_{agg} \quad (2)$$

где  $c_{agg}$  – объемная концентрация заполнителя;  
 $\rho_{agg}$  – истинная плотность заполнителя.

В зависимости от определенного оптимального соотношения между крупным и мелким заполнителем  $n$  определяется расход песка  $\Pi$  на  $1 \text{ м}^3$  бетонной смеси:

$$\Pi = 3a_n \cdot n \quad (3)$$

Расход щебня будет равен соответственно:

$$\text{Щ} = 3a_n - \Pi \quad (4)$$

Для рассчитанной объемной концентрации  $c_{agg}$  и коэффициента  $k_{agg}$  заполнителя по рис. 3 определяется относительное водоцементное отношение бетона  $\beta_{w/c}$ , равное соотношению общего водоцементного отношения бетона ( $w/c$ ) к коэффициенту нормальной густоты применяемого цемента  $k_{н.г.}$

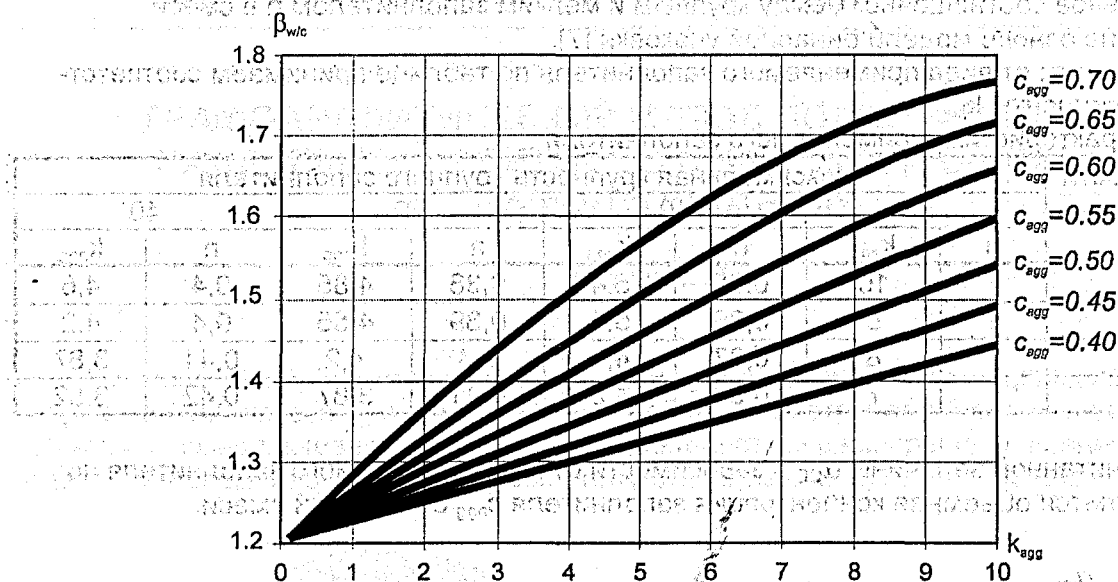


Рисунок 3 – Зависимость изменения относительного водоцементного отношения  $\beta_{w/c}$  в бетонной смеси

Общее водоцементное отношение  $w/c$  в зависимости от  $k_{н.г.}$  применяемого вяжущего при определенном  $\beta_{w/c}$  составит:

$$w/c = \beta_{w/c} \cdot k_{н.г.} \quad (5)$$

Объем цементного теста в  $1 \text{ м}^3$  бетонной смеси (без учета вовлеченного воздуха) составит соответственно:

$$c_{\text{cem.paste}} = 1 - c_{agg} \quad (6)$$

Определение расхода цемента  $\text{Ц}$  на  $1 \text{ м}^3$  бетонной смеси:

1) объем цемента  $c_{\text{cem}}$  в  $1 \text{ м}^3$  бетонной смеси:

$$c_{\text{cem}} = \frac{c_{\text{cem.paste}}}{1 + \left(\frac{w}{c}\right) \cdot \rho_{\text{cem}}} \quad (7)$$

2) расход цемента  $\text{Ц}$  на  $1 \text{ м}^3$  бетонной смеси определяется:

$$\text{Ц} = c_{\text{cem}} \cdot \rho_{\text{cem}} \quad (8)$$

Расход воды на  $1 \text{ м}^3$  бетонной смеси:

$$B = \left(\frac{w}{c}\right) \cdot \text{Ц} \quad (9)$$

Расчетная плотность бетонной смеси,  $\text{кг/м}^3$ , определяется по формуле:

$$\rho_{\text{б.см.}}^T = B + \text{Ц} + 3a_n \quad (10)$$

Абсолютный объем материалов определяется по формуле:

$$V_{\text{м.}} = B + c_{\text{cem}} + c_{agg} \quad (11)$$

В бетонных смесях с маркой по удобоукладываемости П1 и выше при точном определении плотности составляющих абсолютный объем материалов должен равняться  $1 \text{ м}^3$  [5]. Возможно отклонение в пределах 1 % за счет вовлеченного воздуха.

## ВЫВОДЫ

На основе структурно-механической модели расширяющегося композита [1, 2, 3] разработан научно-обоснованный графоаналитический метод проектирования оптимальных составов напрягающего бетона исходя из получения требуемой величины самонапряжения к моменту стабилизации процесса расширения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Павлова И.П. Прогнозирование собственных деформаций и напряжений напрягающего бетона на основе структурно-механической модели расширяющегося композита: Дис. ... к-та тех. наук: 05.23.05 / Брестский гос. тех. ун-т. – Брест, 2005. – 159 с.
2. Павлова И.П., Тур В.В. Параметрические исследования процесса расширения напрягающего бетона с использованием структурной модели расширяющегося композита // Вестник БГТУ. Строительство и архитектура. – 2004. -№1.
3. Павлова И.П., Тур В.В. Параметрические исследования процесса расширения напрягающего бетона с использованием структурной модели расширяющегося композита // Вестник БГТУ. Строительство и архитектура. – 2004. -№1.
4. Проект СТБ «Бетон на напрягающем цементе. Технические условия».
5. СТБ 1182. Бетоны. Правила подбора состава. – Мн., 1999.
6. СТБ 1335. Цемент напрягающий. Технические условия. – Мн., 2002.
7. Stroeven P. and Stroeven M. Assessement of Particle Packing Characteristics at Interfaces by SPACE System // Image Anal. Stereol. – 2000. pp. 85-91.