

Н.И.Карпенко<sup>1</sup>, Б.Сабиров<sup>2</sup>  
**К определению деформаций бетона  
при трехосном сжатии в условиях  
плоской деформации**

<sup>1</sup> Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН, г. Москва, Россия

<sup>2</sup> УрГУ, Узбекистан

В 1984-1987 гг. кандидат технических наук Б.Сабиров, соавтор данной статьи, провел в НИИЖБ под руководством А.В. Яшина обширные экспериментальные исследования по определению деформаций и прочности бетонных элементов при объемном напряженном состоянии. Результаты этих исследований стали основой для составления соответствующих Рекомендаций [1]. Однако часть этих экспериментальных исследований не была доведена до методики расчета. Эта часть относилась к образцам, испытанным в условиях плоской деформации, ( $\varepsilon_2 = 0$ ) при нагружении вида  $\sigma_1 / \sigma_3 = \text{const}$ . В данной работе приводятся результаты анализа этих экспериментальных данных по ортотропной модели [2], связь между главными деформациями ( $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ ) и главными напряжениями ( $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ ) в условиях активного нагружения при трехосном сжатии записывается в виде:

$$\begin{Bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \varepsilon_3 \end{Bmatrix} = \frac{1}{E_b \nu_b} \begin{bmatrix} 1 & (-\nu_{\pi 12}) & (-\nu_{\pi 13}) \\ & 1 & (-\nu_{\pi 23}) \\ & & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} \sigma_1 \\ \sigma_2 \\ \sigma_3 \end{Bmatrix}, \quad (1)$$

где  $E_b$  - модуль упругости,  $\nu_b$  - коэффициент изменения секущего модуля,  $\nu_{\pi ij}$  ( $ij = 12, 13, 23$ ) - коэффициенты поперечных деформаций, определяемые по формулам [2]. В условиях плоской деформации ( $\varepsilon_2 = 0$ ) из второго уравнения (1) следует:

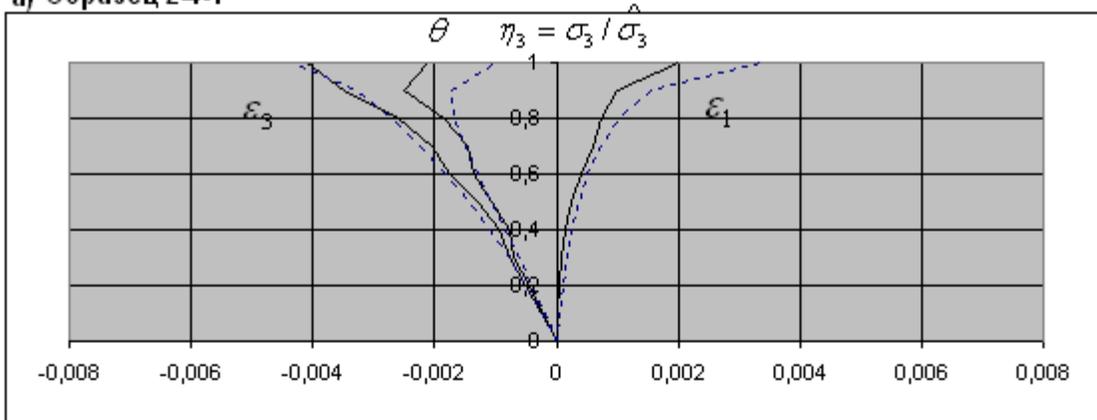
$$\sigma_2 = \sigma_1 \nu_{\pi 12} + \sigma_3 \nu_{\pi 23} \quad (2)$$

Вычисленные по выражениям (1) относительные деформации  $\varepsilon_1, \varepsilon_3$  и их сопоставление с опытными деформациями представлены на рис. 1. Напряжения  $\sigma_2$  увеличиваются по сложному закону (рис. 2). Естественно, при этом изменяется также параметр Лоде-Надаи:

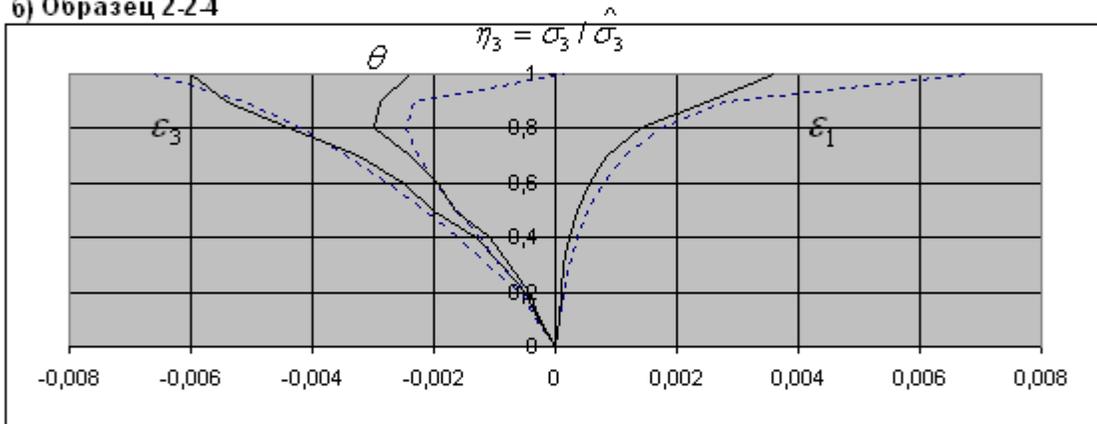
$$\mu_\sigma = \frac{2\sigma_2 - \sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_1 - \sigma_3} \quad (3)$$

Согласно рис. 2, при установленной зависимости изменения  $\sigma_2$  параметр Лоде-Надаи с ростом  $\sigma_3$ , наоборот, уменьшается. Напряжения  $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ , соответствующие началу разрушения, приведены в табл. 1.

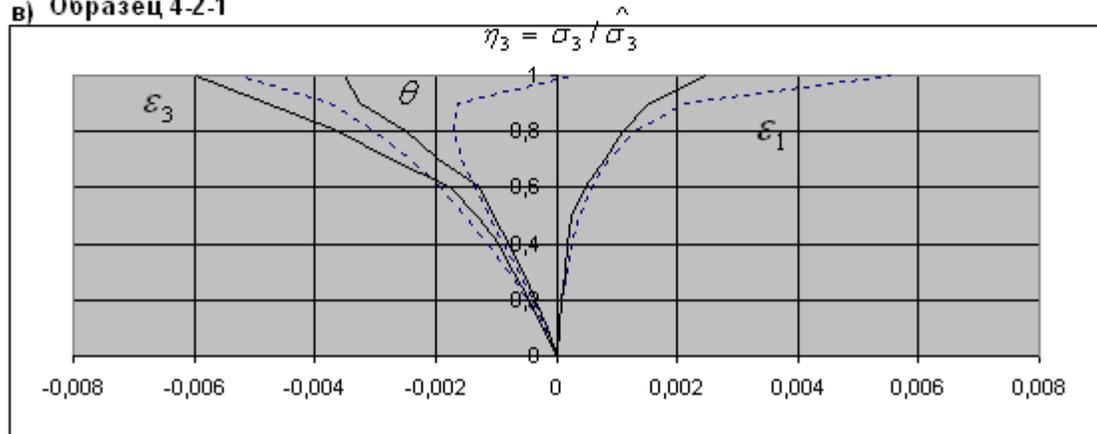
а) Образец 2-4-1



б) Образец 2-2-4



в) Образец 4-2-1

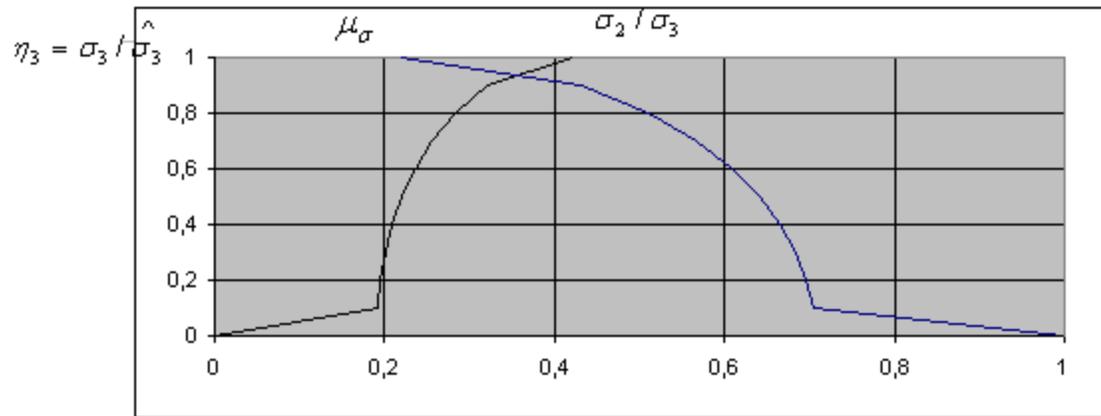


**Рис. 1.** Относительные деформации тяжелого бетона в условиях плоской деформации

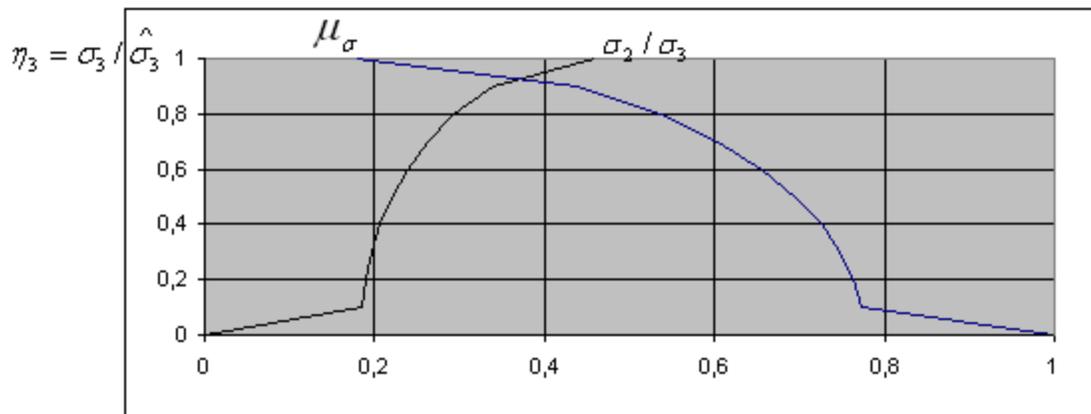
1 — опыт; 2 — расчет

а -  $\sigma_1/\sigma_3 = 1/0,050$ ; б -  $\sigma_1/\sigma_3 = 1/0,08$ ; в -  $\sigma_1/\sigma_3 = 1/0,064$ ;

а) Образец 2-4-1



б) Образец 2-2-4



в) Образец 4-2-1

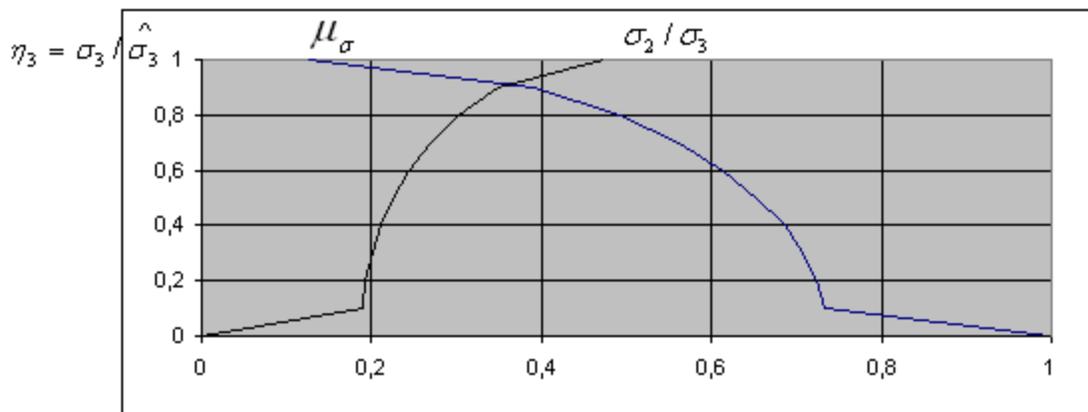


Рис. 2. Характер изменения значений соотношений  $\sigma_2/\sigma_3$  и параметра Лодэ-Надаи  $\mu_\sigma$  в зависимости уровня напряжения

Значения напряжения  $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ , соответствующие началу разрушения

№ образцов	Опытные напряжения, МПа			Теоретические напряжения $\sigma_2^m$ , МПа, при $\varepsilon_2 = 0$
	$\sigma_3$	$\sigma_2$	$\sigma_1$	
II серия				
2-4-1	-47.56	-13.0	-2.4	-20.1
2-4-7	-56.4	-15.5	-2.7	-26.2
2-2-3	-49.7	-16.4	-2.4	-21.3
2-2-4	-62.2	-30.0	-5.0	-28.5
2-4-9	-68.9	-34.0	-7.15	-32.4
IV серия				
4-2-1	-53.3	-22.0	-11.3	-25.3
4-2-10	-62.2	-24.6	-6.0*	-30.9
	-68.3	-40.0	-6.6	-34.3

**Выводы.** Выполнена проверка методики [2] по определению деформаций и средних напряжений  $\sigma_2$  бетонных элементов, испытанных в условиях плоской деформации ( $\varepsilon_2 = 0$ ) при  $\sigma_1 / \sigma_3 = \text{const}$ . Вычисленные компоненты деформаций  $\varepsilon_1, \varepsilon_3$ , а также средних напряжений  $\sigma_2$  по модели [2] хорошо согласуются с опытными, за исключением деформаций, вычисленных для уровней, близких к разрушению. Методика вычисления деформаций для этих уровней, видимо, требует корректировки. Некоторые погрешности могут быть также связаны с трудностями мгновенного фиксирования истинных опытных деформаций в стадии, близкой к разрушению. Соотношение  $\sigma_2 / \sigma_3$  увеличивается по нелинейному закону, а параметр Лоде-Надаи  $\mu_\sigma$  нелинейно уменьшается (точка пересечения этих зависимостей может служить некоторой константой для материала). Значения теоретических напряжений  $\sigma_2$ , полученные для плоской деформации в предельной стадии (при уровне  $\eta_3 = 1$ ), в одних случаях превышают опытные, а в других – наоборот, оказываются несколько меньше опытных. Этот вопрос еще требует дополнительных исследований.

### Литература

1. Рекомендации по определению прочностных и деформационных характеристик бетона при неосиных напряженных состояниях. М., 1985.
2. Карпенко Н.И. К построению общей ортотропной модели деформирования бетона // Строительная механика и расчет сооружений. М., 1987. №2.

**К определению деформаций бетона при трехосном сжатии в условиях  
плоской деформации**

Н.И.Карпенко<sup>1</sup>, Б.Сабилов<sup>2</sup>  
**НИИСФ, Россия (1)**  
**УрГУ (Узбекистан) (2)**

Представлены результаты экспериментальной проверки методики определения деформаций бетона при объемном напряженном состоянии на примере бетонных элементов, испытанных в условиях плоской деформации.

**To the definition of deformation of concrete at three- axial compression in  
condition of flat deformation.**

N. I. Karpenko(1), B. Sabirov (2)  
NIISF (1)  
Urgench State University (2)

The results of experimental check of the techniques of testing deformation of concrete at the volumetric intense condition have been presented on an example concrete elements testing in condioion of flat deformation.