

УДК 624.046:691.327:666.973.6
**ПО РАСЧЕТУ СТЕНОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ
КОНСТРУКЦИОННО-ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО
НЕАВТОКЛАВНОГО ПЕНОБЕТОНА С УЧЕТОМ ИЗМЕНЕНИЯ
СТРУКТУРНОГО КОЭФФИЦИЕНТА α**

Постернак И.М., Постернак А.А., Постернак С.А. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса)

Приводятся результаты экспериментальных исследований влияния количества и качества минерального наполнителя на структурный коэффициент α для расчета несущей способности стеновых элементов из конструкционно-теплоизоляционного неавтоклавного пенобетона, а так же его рекомендуемые значения.

Изделия и конструкции из конструкционно-теплоизоляционного неавтоклавного пенобетона (КТ НПБ) являются высокоэффективными и имеют ряд преимуществ перед традиционными, поэтому исследование несущей способности, в частности коэффициента α (учет влияния вида и структуры ячеистого бетона) является актуальной задачей [1].

В соответствии с пособием по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из ячеистых бетонов к СНиП 2.03.01-84 [2] расчет несущей способности стеновых элементов, выполненных из конструкционно-теплоизоляционного неавтоклавного пенобетона, на действие сжимающей продольной силы выполняется из условия:

$$N \leq \alpha \varphi_b R_b A \quad (1)$$

Учитывая то, что формула для определения N является эмпирической, при ее вычислении вводится ряд ограничений, полученных на основании многочисленных сопоставлений расчёта с опытом. Введение в формулу (1) коэффициента α (учет влияния вида и структуры ячеистого бетона), полученного опытным путём, позволило распространить расчёт на элементы, выполненные из различных видов ячеистых бетонов.

Применение наполнителей, оптимальных по виду, количеству и дисперсности, позволяет управлять физико-механическими характеристиками КТ НПБ в довольно широких пределах (изменяя R до 270% и R_b до 266%). В этой области проводится недостаточно

исследований, и остаётся актуальным вопрос экономии материальных ресурсов при одновременном обеспечении надёжности конструкций, поэтому и возникла необходимость исследования влияния количества и качества наполнителя на прочность и несущую способность стеновых элементов выполненных из конструкционно-теплоизоляционного неавтоклавного пенобетона [1, 3...7].

Основная цель статьи заключается в исследовании влияния количества и качества минерального наполнителя на структурный коэффициент α , а также в предложении рекомендуемых дифференцированных значений коэффициента α .

Для получения искомых результатов был выполнен эксперимент, методика проведения которого, состав смеси, характеристики используемых материалов, технология приготовления смеси, размеры образцов и их количество приведены в работе [3,4].

Коэффициент α в экспериментальных исследованиях подразделялся в зависимости от вида конструктивного армирования на α_A (Вр-1 Ø4 мм при $\mu_s=0,14$) и α_B (А240С Ø6 мм при $\mu_s=0,30$).

Величина коэффициента α_A в зависимости от количества и качества наполнителя изменяется от 0,804 до 0,943 (на 14,7%) и представлена полиномом 1, на рис. 1, а также по экспериментальным точкам плана в табл. 1.

При $H=5\%$ и изменении S_y от 200 до 600 м²/кг α_A увеличивается от 0,804 до 0,943 (на 14,7%), с направлением увеличения α_A в сторону $S_y=400$ м²/кг. Максимальное $\alpha_A=0,943$ получено при $S_y=400$ м²/кг, а минимальное $\alpha_A=0,804$ при $S_y=200$ м²/кг (рис. 1,А). При $H=10\%$ и изменении S_y от 200 до 600 м²/кг α_A увеличивается от 0,819 до 0,905 (на 9,5%), с направлением увеличения α_A в сторону $S_y=400$ м²/кг. Максимальное $\alpha_A=0,905$ получено при S_y 200 и 400 м²/кг, а минимальное $\alpha_A=0,819$ при S_y 200 м²/кг (рис. 1,Б). При $H=15\%$ и изменении S_y от 200 до 600 м²/кг α_A увеличивается от 0,805 до 0,885 (на 9%), с направлением увеличения α_A от S_y 200 и 400 м²/кг. Максимальное $\alpha_A=0,885$ получено при $S_y=600$ м²/кг, а минимальное $\alpha_A=0,805$ при $S_y=400$ м²/кг (рис. 1,В).

Область наибольших значений коэффициента α_A 0,9...0,943 расположена при $H=5...10\%$ и преобладающей $S_y=400$ м²/кг.

Таблица 1.
Теоретические и экспериментальные значения коэффициента α

№ опыта	$\alpha^{СНП}$	$\alpha^{exp} = \frac{N^{exp}}{\varphi_b AR_b^{exp}}$		$\varepsilon_\alpha = \frac{\alpha^{exp} - \alpha^{СНП}}{\alpha^{exp}} \cdot 100$, %		$\frac{\alpha^{exp}}{\alpha^{СНП}}$	
		А	Б	А	Б	А	Б
1	0,75	0,831	0,814	9,7	7,9	1,11	1,09
2	0,75	0,800	0,804	6,2	6,7	1,07	1,07
3	0,75	0,876	0,886	14,3	15,4	1,17	1,18
4	0,75	0,853	0,826	12,0	9,1	1,14	1,10
5	0,75	0,868	0,839	13,6	10,7	1,16	1,12
6	0,75	0,818	0,843	8,3	11,0	1,10	1,12
7	0,75	0,805	0,809	6,9	7,3	1,07	1,08
8	0,75	0,943	0,960	20,5	21,9	1,26	1,28
9	0,75	0,825	0,805	9,0	6,9	1,10	1,07
10	0,75	0,932	0,954	19,5	21,4	1,24	1,27
11	0,75	0,764	0,759	1,8	1,2	1,02	1,01

$$\alpha_A = 0,819w_1 + 0,233w_1w_2 + 0,015w_1x_1^2 + 0,874w_2 \pm 0w_1w_3 - 0,069w_2x_1 + 0,855w_3 \pm 0w_2w_3 + 0,030w_3x_1 \quad (1)$$

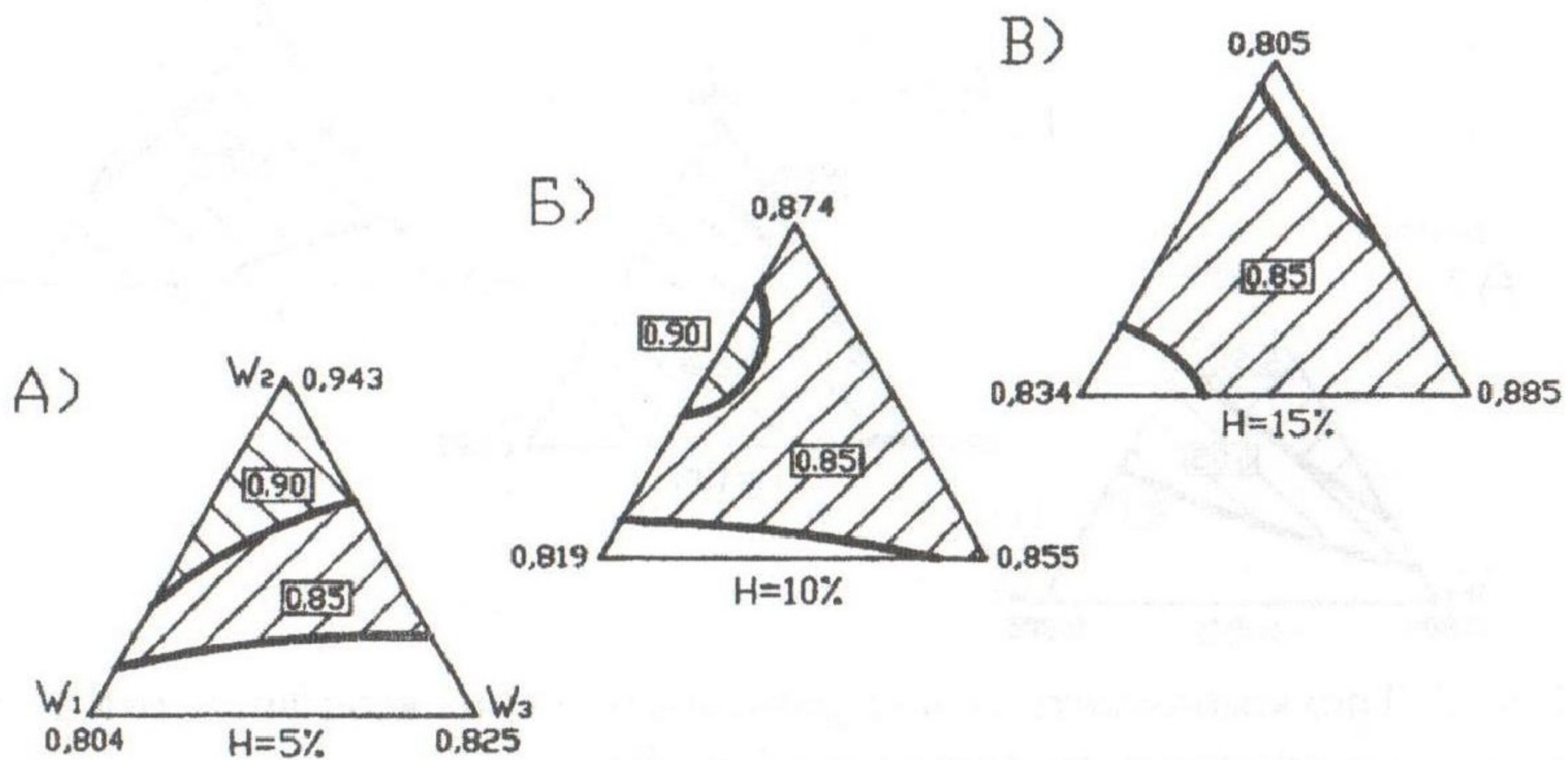


Рис. 1. Трехкомпонентные диаграммы изменения коэффициента α_A для разного количества наполнителя (А, Б, В).

Величина коэффициента α_B в зависимости от количества и качества наполнителя изменяется 0,804...0,96 (на 16,3%) и представлена полиномом 2, на рис. 2, и по экспериментальным точкам плана в табл. 1.

При $H=5\%$ и изменении S_y от 200 до 600 м²/кг α_B увеличивается от 0,805 до 0,96 (на 16%), с направлением увеличения α_B в сторону $S_y=400$ м²/кг. Максимальное $\alpha_B=0,96$ получено при $S_y=400$ м²/кг, а минимальное $\alpha_B=0,805$ получено при $S_y=600$ м²/кг (рис. 2,А). При $H=10\%$ и изменении S_y от 200 до 600 м²/кг α_B увеличивается от 0,843 до 0,949 (на 11,2%), с направлением увеличения α_B в сторону $S_y=400$ м²/кг. Максимальное $\alpha_B=0,949$ получено при равном содержании S_y 200 и 400 м²/кг, а минимальное $\alpha_B=0,843$ при $S_y=200$ м²/кг (рис. 2,Б). При $H=15\%$ и изменении S_y от 200 до 600 м²/кг α_B увеличивается от 0,809 до 0,883 (на 8,4%), с направлением увеличения α_B в сторону $S_y=600$ м²/кг. Максимальное $\alpha_B=0,883$ получено при $S_y=600$ м²/кг, а минимальное $\alpha_B=0,804$ при $S_y=400$ м²/кг (рис. 2,В).

Область наибольших значений коэффициента α_B 0,916...0,96 расположена при $H=5...10\%$ и преобладающей $S_y=400$ м²/кг.

$$\begin{aligned} \alpha_B = & 0,843w_1 + 0,277w_1w_2 \pm 0w_1x_1 - 0,034x_1^2 \\ & + 0,916w_2 \pm 0w_1w_3 - 0,078w_2x_1 \\ & + 0,878w_3 - 0,069w_2w_3 + 0,039w_3x_1 \end{aligned} \quad (2)$$

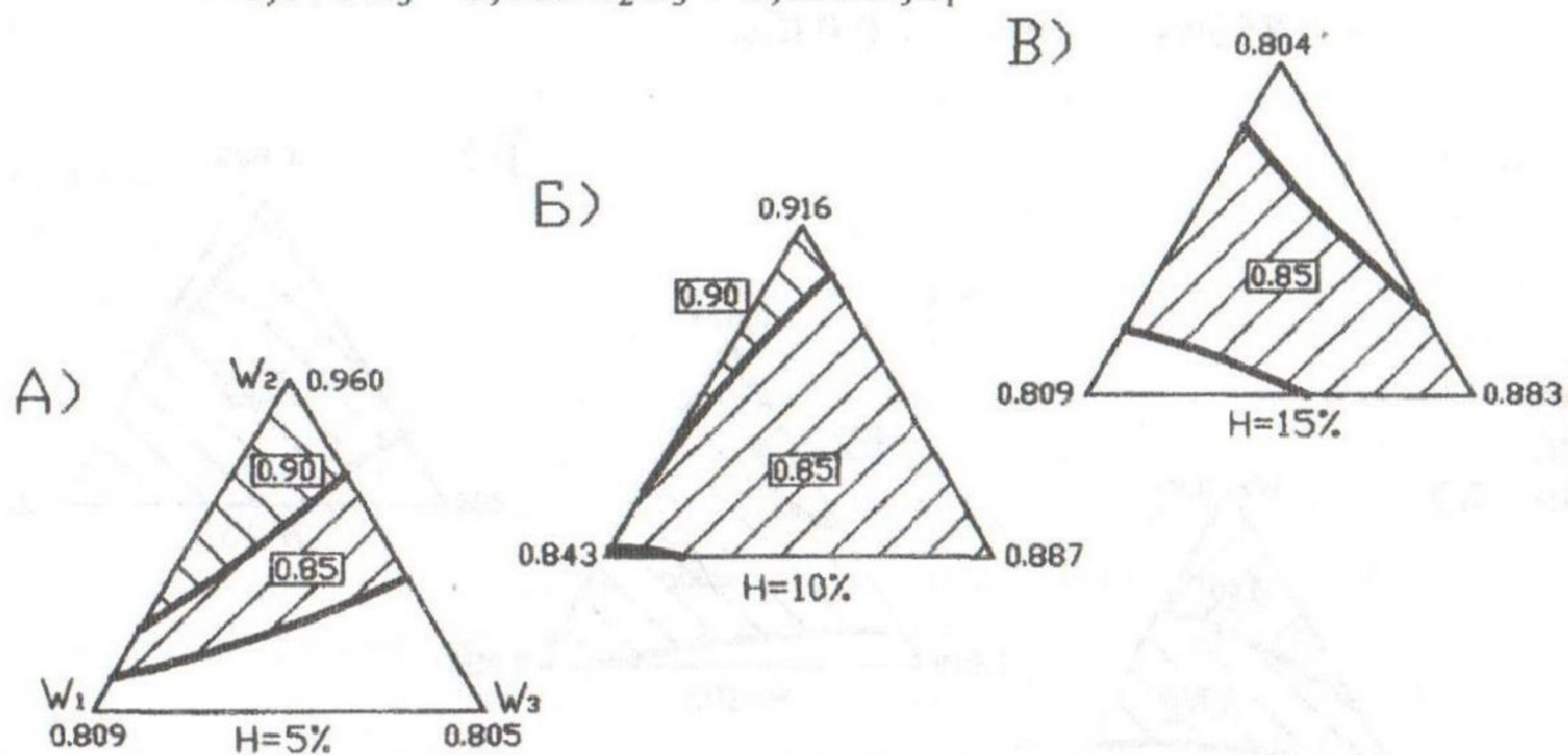


Рис. 2. Трехкомпонентные диаграммы изменения коэффициента α_B для разного количества наполнителя (А, Б, В).

Относительная погрешность (ϵ_α) между экспериментальными и теоретическим значениями α = 6,2...21,9%. Наименьшая ϵ_α получена при $H=15\%$ и $S_y=400$ м²/кг, а наибольшая при $H=5\%$ и $S_y=400$ м²/кг.

На основании полученных результатов предлагаются рекомендации к расчету несущей способности стеновых элементов, выполненных из конструкционно-теплоизоляционного неавтоклавного пенобетона на действие сжимающей продольной силы. В частности расчет несущей способности рекомендуется проводить дифференцированно в зависимости от изменения минерального наполнителя.

Экспериментальные и рекомендуемые (дифференцированные по количеству и дисперсности кварцевого наполнителя) значения коэффициента α представлены в табл. 2.

Таблица 2.
Экспериментальные и рекомендуемые значения коэффициента α

H, %	$S_y, \text{ м}^2/\text{кг}$	α_A^{exp}	α_B^{exp}	Рекомендуемое значение α
5	200	0,804	0,809	0,8
	400	0,943	0,960	0,9
	600	0,825	0,805	0,8
10	200	0,819	0,843	0,8
	400	0,874	0,916	0,85
	600	0,855	0,887	0,85
15	200	0,834	0,809	0,8
	400	0,805	0,804	0,8
	600	0,885	0,883	0,85

Рекомендуемые значения коэффициента α в структурированном виде по дисперсности и количеству наполнителя:

$$\left. \begin{array}{l} \{ S_y = 200 \text{ м}^2 / \text{кг}; H = 5 \dots 15\% \\ S_y = 400 \text{ м}^2 / \text{кг}; H = 15\% \\ S_y = 600 \text{ м}^2 / \text{кг}; H = 5\% \end{array} \right\} \Rightarrow \alpha = 0,8$$

$$\left. \begin{array}{l} \{ S_y = 400 \text{ м}^2 / \text{кг}; H = 10\% \\ S_y = 600 \text{ м}^2 / \text{кг}; H = 10 \dots 15\% \end{array} \right\} \Rightarrow \alpha = 0,85$$

$$\{ S_y = 400 \text{ м}^2 / \text{кг}; H = 5\% \} \Rightarrow \alpha = 0,9$$

Также выполнены экспериментальные исследования и проанализировано влияние конструктивного армирования, при

различном виде арматурного проката и коэффициенте армирования, показавшее, что относительные изменения по несущей способности и коэффициенту α при различном армировании находятся в пределах 3%, и поэтому не имеют существенного влияния, следовательно, несущая способность и коэффициент α зависят только от структуры пенобетона.

Если выполнить расчет несущей способности стеновых элементов, из конструкционно-теплоизоляционного неавтоклавно пенобетона на действие сжимающей продольной силы с учетом рекомендуемых значений коэффициента α (представлен в табл. 3), то получим завышение несущей способности по сравнению с нормативной методикой на:

- 6,25% при количестве минерального наполнителя $H=5\%$ и дисперсностях $S_y=200$ и $600 \text{ м}^2/\text{кг}$; при количестве минерального наполнителя $H=10\%$ и дисперсности $S_y=200 \text{ м}^2/\text{кг}$; при количестве минерального наполнителя $H=15\%$ и дисперсностях $S_y=200$ и $400 \text{ м}^2/\text{кг}$;

- 11,76% при количестве минерального наполнителя $H=10\%$ и дисперсностях $S_y=400$ и $600 \text{ м}^2/\text{кг}$; при количестве минерального наполнителя $H=15\%$ и дисперсности $S_y=600 \text{ м}^2/\text{кг}$;

- 16,67% при количестве минерального наполнителя $H=5\%$ и дисперсности $S_y=400 \text{ м}^2/\text{кг}$.

Из этого следует, что действующие нормы занижают расчетную несущую способность сжатых элементов.

Таблица 3.

Несущая способность с учетом рекомендуемого коэффициента α

H, %	$S_y, \text{ м}^2/\text{кг}$	$\alpha_{\text{реком}}$	$N^{\text{СНиП}}, \text{ Н}$	$N_{\text{автора}}, \text{ Н}$	$\frac{N^{\text{СНиП}}}{N_{\text{автора}}}$	$\epsilon_N, \%$
5	200	0,8	141266	150684	0,938	6,25
	400	0,9	302492	362990	0,833	16,67
	600	0,8	314319	335273	0,938	6,25
10	200	0,8	269739	287722	0,938	6,25
	400	0,85	493442	559234	0,882	11,76
	600	0,85	445841	505286	0,882	11,76
15	200	0,8	277561	296065	0,938	6,25
	400	0,8	453096	483302	0,938	6,25
	600	0,85	351979	398910	0,882	11,76

Анализ полученных результатов показывает, что применение минеральных наполнителей изменяет коэффициент α на 16%, что позволяет эффективней проектировать стеновые элементы из КТ НПБ.

С учетом анализа влияния количества и качества наполнителя на несущую способность и коэффициент α предложены дифференцированные значения коэффициента α для расчета несущей способности стеновых элементов, выполненных из конструкционно-теплоизоляционного неавтоклавного пенобетона при изменении количества и качества наполнителя на действие сжимающей продольной силы.

Литература

1. Костюк А.И., Постернак С.А., Постернак И.М. Обзор развития, состояния и применения конструкционно-теплоизоляционного неавтоклавного пенобетона в конструкциях и изделиях // Вісник ОДАБА. Вип. 10, – Одесса, 2003. – с. 109 – 116.
2. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из ячеистых бетонов (к СНиП 2.03.01 – 84. Бетонные и железобетонные конструкции) / НИИЖБ, ЦНИИСК им. Кучеренко Госстроя СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 96с.
3. Костюк А.И., Постернак И.М., Постернак А.А., Постернак С.А. К методике планирования и проведения экспериментальных исследований стеновых элементов из неавтоклавного пенобетона // Вісник ОДАБА. Вип. 12, – Одесса, 2003. – с. 143 – 148.
4. Постернак И.М., Костюк А.И., Постернак А.А., Постернак С.А. Конструкционно-теплоизоляционный неавтоклавный пенобетон в конструкциях и изделиях // Вісник ДонДАБА. Вип. 3 (45), – Макеевка, 2004. – С. 89 – 92.
5. Постернак И.М., Костюк А.И., Постернак А.А., Постернак С.А. Влияние количества и качества наполнителя на призмную прочность конструкционно-теплоизоляционного неавтоклавного пенобетона // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Зб. наук. пр. – Рівне: УДУВГП, –2004.–вип.11. – С. 88 – 92.
6. Постернак И.М. Несущая способность КТ НПБ с учетом изменения структуры // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. праць, вип. №12. Рівне, УДУВГП, 2005.– С. 276 – 279.
7. Постернак И.М., Постернак С.А., Постернак А.А. Неавтоклавный пенобетон – эффективный стеновой материал // Коммунальное хозяйство городов: науч.-техн. сб., Вып.76. - К.: Техника, 2007. – с. 138 – 141.