

**СТЕНОВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ИЗ КОНСТРУКЦИОННО-ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО НЕАВТОКЛАВНОГО ПЕНОБЕТОНА С УЧЕТОМ ИЗМЕНЕНИЯ НАПОЛНИТЕЛЯ**

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

**Приводятся результаты экспериментальных исследований влияния наполнителя и армирования на коэффициент  $\alpha$  и несущую способность стеновых элементов из КТ НПБ, влияния количества и качества наполнителя на прочность, деформативность, теплопроводность и усадку КТ НПБ и предлагаются значения коэффициента  $\alpha$  с учетом исследуемых факторов.**

Энергетический кризис и рост стоимости отопления жилья в Украине внесли в наши устоявшиеся оценки зданий и строительных материалов существенные изменения. Произошла «техническая девальвация» традиционных видов изделий для наружных стен жилых домов – легкобетонных панелей и кирпича. Их применение в однослойных наружных стенах стало недостаточно рационально. Для того чтобы решить эту проблему, требуется время и новые материалы. Одним из таких материалов является неавтоклавный пенобетон. Его применение в качестве материала для стеновых элементов позволяет значительно снизить энергопотребление, в тоже время он обладает отличными характеристиками, не имеющими альтернативы на сегодняшний день. Этому материалу присущи высокие теплозащитные свойства, он в силах значительно ограничить потери тепла и избежать проникновения слишком высоких температур в помещение, при этом является абсолютно экологичным материалом, а также этот материал легкий, следовательно, уменьшается нагрузка на несущие конструкции [1,2].

Экспериментальные исследования моделей стеновых элементов и образцов из конструкционно-теплоизоляционного неавтоклавного пенобетона (КТ НПБ) проводили по специальному синтезированному в системе COMPEX плану со смешевыми переменными "непрерывное перемещение трехкомпонентной диаграммы по оси независимого фактора". В качестве независимого фактора принято количество наполнителя 5, 10 и 15%, а трех смешевых факторов – дисперсность 200, 400 и



600 м<sup>2</sup>/кг. Изготовлено 33 образца – куба с размерами 15x15x15 см, 66 образцов – призм с размерами 15x15x60 см и 22 модели стеновых элементов с размерами 60x80x14 см [2,3].

Установлено влияние и предложены полиномиальные зависимости (1)...(7) количества минерального наполнителя и дисперсности на механические характеристики пенобетона ( $R$ ,  $R_b^{28}$ ,  $R_b^{90}$ ,  $R_b^{180}$ ,  $E_b^{28}$ ,  $E_b^{90}$ ,  $E_b^{180}$ ) позволяющее изменять их в довольно широких пределах и тем самым более полно использовать потенциальные свойства пенобетона, в частности изменять  $R$  до 270%,  $R_b$  до 266% и  $E_b$  до 82%. При этом максимальные значения прочности получены при  $H=9...14\%$  и преобладающей дисперсности 400 м<sup>2</sup>/кг, а область с начальным модулем упругости выше нормативного расположена при изменении  $H=10...15\%$  и дисперсности 400, 600 м<sup>2</sup>/кг [4...9].

$$\begin{aligned} \ln (R \times 10^1) = & 3,635w_1 + 0,782w_1w_2 + 0,334w_1x_1 - 0,300x_1^2 \\ & + 4,274w_2 \pm 0w_1w_3 + 0,199w_2x_1 \\ & + 4,164w_3 - 0,119w_2w_3 + 0,054w_3x_1 \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \ln (R_b^{28} \times 10^1) = & 3,526w_1 + 0,755w_1w_2 + 0,340w_1x_1 - 0,295x_1^2 \\ & + 4,160w_2 \pm 0w_1w_3 + 0,201w_2x_1 \\ & + 4,042w_3 \pm 0w_2w_3 + 0,058w_3x_1 \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \ln (R_b^{90} \times 10^1) = & 3,597w_1 + 0,787w_1w_2 + 0,330w_1x_1 - 0,297x_1^2 \\ & + 4,186w_2 - 0,221w_1w_3 + 0,199w_2x_1 \\ & + 4,108w_3 \pm 0w_2w_3 + 0,073w_3x_1 \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \ln (R_b^{180} \times 10^1) = & 3,611w_1 + 0,810w_1w_2 + 0,310w_1x_1 - 0,280x_1^2 \\ & + 4,187w_2 \pm 0w_1w_3 + 0,193w_2x_1 \\ & + 4,103w_3 \pm 0w_2w_3 + 0,061w_3x_1 \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \ln E_b^{28} = & 7,863w_1 + 0,102w_1w_2 + 0,090w_1x_1 - 0,032x_1^2 \\ & + 8,190w_2 \pm 0w_1w_3 + 0,185w_2x_1 \\ & + 8,131w_3 - 0,098w_2w_3 + 0,144w_3x_1 \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \ln E_b^{90} = & 7,959w_1 + 0,103w_1w_2 + 0,100w_1x_1 - 0,079x_1^2 \\ & + 8,266w_2 + 0,070w_1w_3 + 0,164w_2x_1 \\ & + 8,234w_3 \pm 0w_2w_3 + 0,135w_3x_1 \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \ln E_b^{180} = & 7,941w_1 + 0,107w_1w_2 + 0,104w_1x_1 - 0,050x_1^2 \\ & + 8,256w_2 \pm 0w_1w_3 + 0,151w_2x_1 \\ & + 8,197w_3 \pm 0w_2w_3 + 0,151w_3x_1 \end{aligned} \quad (7)$$



Изучен коэффициент теплопроводности и относительные деформации усадки пенобетона с учетом изменения наполнителя и установлены полиномиальные зависимости (8) и (9). Коэффициент теплопроводности изменяется до 17%, а относительная деформация усадки до 26%, причем обе эти характеристики находятся в пределах нормативных значений [10].

$$\begin{aligned} \lambda = & 0,208w_1 \pm 0w_1w_2 \pm 0w_1x_1 - 0,016x_1^2 \\ & + 0,225w_2 \pm 0w_1w_3 - 0,014w_2x_1 \\ & + 0,231w_3 \pm 0w_2w_3 \pm 0w_3x_1 \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_{sh} = & 2,573w_1 - 0,077w_1w_2 + 0,255w_1x_1 \pm 0x_1^2 \\ & + 2,300w_2 - 0,437w_1w_3 + 0,160w_2x_1 \\ & + 2,630w_3 + 0,540w_2w_3 + 0,280w_3x_1 \end{aligned} \quad (9)$$

Анализ напряженно – деформированного состояния и характера разрушения пенобетонных стеновых элементов показал, что вначале разрушение носит локальный характер, а в дальнейшем с ростом нагрузки происходит очень быстрое объединение трещин и как следствие разрушение стеновых элементов, что объясняется высокой структурно-механической однородностью и относительно невысокой прочностью пенобетона, которые можно регулировать с помощью изменения наполнителя [11].

Проанализировано влияния армирования, при различном виде арматурного проката и коэффициенте армирования, показавшее, что относительные изменения по несущей способности (до 3,99%) и коэффициенту  $\alpha$  (до 3,34%) не имеют существенного влияния и не зависят от армирования [12].

Экспериментально обосновано, что несущая способность (до 75%) и коэффициент  $\alpha$  (до 16%) зависят от количества наполнителя и его дисперсности, по которым установлены полиномиальные зависимости (10)...(13). При этом значения экспериментальных и нормативного коэффициента  $\alpha$  отличаются до 22% [13,14].

$$\begin{aligned} \ln N_A^{exp} = & 5,670w_1 + 1,068w_1w_2 + 0,371w_1x_1 - 0,295x_1^2 \\ & + 6,363w_2 - 0,170w_1w_3 + 0,120w_2x_1 \\ & + 6,237w_3 \pm 0w_2w_3 + 0,101w_3x_1 \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} \ln N_B^{exp} = & 5,697w_1 + 1,058w_1w_2 + 0,343w_1x_1 - 0,337x_1^2 \\ & + 6,417w_2 \pm 0w_1w_3 + 0,114w_2x_1 \\ & + 6,256w_3 \pm 0w_2w_3 + 0,097w_3x_1 \end{aligned} \quad (11)$$



$$\begin{aligned} \alpha_A = & 0,819w_1 + 0,233w_1w_2 + 0,015w_1x_1 \pm 0x_1^2 \\ & + 0,874w_2 \pm 0w_1w_3 - 0,069w_2x_1 \\ & + 0,855w_3 \pm 0w_2w_3 + 0,030w_3x_1 \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} \alpha_B = & 0,843w_1 + 0,277w_1w_2 \pm 0w_1x_1 - 0,034x_1^2 \\ & + 0,916w_2 \pm 0w_1w_3 - 0,078w_2x_1 \\ & + 0,878w_3 - 0,069w_2w_3 + 0,039w_3x_1 \end{aligned} \quad (13)$$

Предложен дифференцированный коэффициент  $\alpha$  для расчета несущей способности стеновых элементов на действие сжимающей продольной силы, выполненных из КТ НПБ в зависимости от применяемого количества и дисперсности наполнителя [15].

Рекомендуются значения коэффициента  $\alpha$  в структурированном виде по дисперсности и количеству наполнителя:

$$\left. \begin{aligned} & \left\{ \begin{aligned} S_y = 200 \text{ м}^2 / \text{кг}; H = 5 \dots 15\% \\ S_y = 400 \text{ м}^2 / \text{кг}; H = 15\% \\ S_y = 600 \text{ м}^2 / \text{кг}; H = 5\% \end{aligned} \right\} \Rightarrow \alpha = 0,8 \\ & \left\{ \begin{aligned} S_y = 400 \text{ м}^2 / \text{кг}; H = 10\% \\ S_y = 600 \text{ м}^2 / \text{кг}; H = 10 \dots 15\% \end{aligned} \right\} \Rightarrow \alpha = 0,85 \\ & \left\{ S_y = 400 \text{ м}^2 / \text{кг}; H = 5\% \right\} \Rightarrow \alpha = 0,9 \end{aligned}$$

### Выводы

1. Экспериментально обосновано, что несущая способность, коэффициент  $\alpha$  стеновых элементов и физико-механические характеристики КТ НПБ зависят от количества наполнителя и его дисперсности.

2. С учетом анализа влияния армирования и количества и качества наполнителя на несущую способность и коэффициент  $\alpha$  предложены дифференцированные значения коэффициента  $\alpha$  для расчета несущей способности стеновых элементов, выполненных из КТ НПБ 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 КТ НПБ в конструкциях и изделиях // Вісник ОДАБА. Вип. № 10. Одеса, ОДАБА, 2003. – С. 109 – 116.



2. Постернак И.М., Костюк А.И., Постернак С.А., Постернак А.А. Конструкционно-теплоизоляционный неавтоклавный пенобетон в конструкциях и изделиях // Вісник ДонДАБА. Вип. 2004-3(45). Макіївка, 2004. – С. 89–92.
3. Костюк А.И., Постернак И.М., Постернак А.А., Постернак С.А. К методике планирования и проведения экспериментальных исследований стеновых элементов из КТ НПБ // Вісник ОДАБА. Вип. 12. Одеса, ОДАБА, 2003. – С. 143–148.
4. Постернак И.М., Костюк А.И., Постернак С.А., Постернак А.А. Влияние количества и качества наполнителя на призмную прочность КТ НПБ // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. праць, вип. № 11. Рівне, УДУВГП, 2004. – С. 88 – 92.
5. Постернак И.М., Постернак А.А., Костюк А.И., Постернак С.А. Изменение призмной прочности пенобетона во времени с учетом наполнителя // Вісник ОДАБА. Вип. № 20. Одеса, ОДАБА, 2005. – С. 316 – 319.
6. Постернак И.М., Костюк А.И., Постернак С.А., Постернак А.А. Влияние количества и качества наполнителя на начальный модуль упругости КТ НПБ // Вісник ОДАБА. Вип. № 16. Одеса, ОДАБА, 2004. – С. 181 – 187.
7. Постернак И.М., Костюк А.И., Постернак А.А., Шегера Д.А., Постернак С.А. Деформативность пенобетона с учетом изменения наполнителя // Науковий вісник будівництва: вип. № 31. Харків, ХДТУБА, 2005. – С. 97 – 103.
8. Постернак А.А. Деформативность пенобетона с учетом изменения структуры // Збірка студентських наукових праць присвячених 75-річчю ОДАБА, Одеса, ОДАБА, 2005. – С. 152 – 156.
9. Постернак И.М., Костюк А.И., Постернак А.А., Постернак С.А. Стеновые элементы из КТ НПБ // матеріали VIII міжн. наук.-практ. конф. "Наука і освіта 2005", том 55 «Будівництво та архітектура». Дніпропетровськ, 2005. – С. 33–37.
10. Постернак И.М., Постернак А.А., Костюк А.И., Постернак С.А. Теплопроводность стеновых элементов из КТ НПБ при изменении наполнителя // Вісник ОДАБА. Вип. № 20. Одеса, ОДАБА, 2005. – С. 320 – 323.
11. Костюк А.И., Постернак И.М., Постернак А.А., Шегера Д.А., Постернак С.А. Структурные аспекты разрушения стеновых элементов из КТ НПБ // Вісник ОДАБА: зб. наук. праць, вип. № 17. Одеса, ОДАБА, 2005. – С. 142 – 146.
12. Постернак И.М., Костюк А.И., Постернак А.А., Постернак С.А. Несущая способность стеновых элементов из КТ НПБ при изменении армирования // Вісник ОДАБА: зб. наук. праць, вип. № 18. Одеса, ОДАБА, 2005. – С. 217 – 220.
13. 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.
14. Постернак И.М. Влияние наполнителя на коэффициент  $\alpha$  для расчета несущей способности стеновых элементов из КТ НПБ // Коммунальное хозяйство городов: науч.-техн. сб., Вып. 63. - К.: Техника, 2005. – С. 101 – 104.
15. Постернак И.М. К расчету стеновых элементов из КТ НПБ на действие сжимающей продольной силы // Вісник ОДАБА. Вип. № 18. Одеса, ОДАБА, 2005. – С. 212 – 216.