

ОДНОСЛОЙНЫЕ СТЕНОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ ИЗ КОНСТРУКЦИОННО-ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО НЕАВТОКЛАВНОГО ПЕНОБЕТОНА

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

Приводятся результаты экспериментальных исследований стеновых элементов из конструкционно-теплоизоляционного неавтоклавного пенобетона, работающих в условиях внецентренного сжатия.

Постановка проблемы. В условиях экономического кризиса, возникает вопрос о широком внедрении в сферу строительства прогрессивных энергоэкономических проектно-конструкторских решений с использованием теплоэффективных стеновых конструкций и материалов. Таким материалом может быть ячеистый бетон, который, обладая уникальными теплофизическими свойствами, обеспечит благоприятные и комфортные условия для жизнедеятельности человека. Основным направлением развития жилищного строительства является повышение уровня энергосбережения в жилищном фонде, в том числе повышение теплоэффективных качеств жилья за счет внедрения конструктивно-технологических решений, теплоэффективных строительных материалов, изделий и конструкций, современных технологий строительства. Одним из наиболее перспективных строительных материалов, признанных строителями в большинстве стран Европы, является ячеистый бетон, который в мировой строительной практике получил широкое распространение как конструкционно-теплоизоляционный материал применительно к изготовлению ограждающих конструкций в зданиях различного назначения. [1].

Пенобетон и изделия из него эффективны, востребованы и целесообразны, тем более что на законодательном уровне принято решение Кабинета Министров Украины от 26 мая 2004 года № 684 «Программа развития производства ячеистобетонных изделий и их применение в строительстве на 2005...2011 годы» [2]. Стеновые элементы из конструкционно-теплоизоляционного неавтоклавного пенобетона (КТ НПБ) обладают достаточной прочностью и деформативностью для применения в несущих и самонесущих стенах, при этом он является абсолютно экологичным материалом, а также этот материал легкий, следовательно, уменьшается нагрузка на несущие конструкции [1...3]. Характер образования и развития трещин, а также несущая способность стеновых элементов из КТ НПБ напрямую зависит от структуры ячеистого бетона.

Постановка задачи исследований. Разработка рекомендаций по расчету внецентренно сжатых стеновых элементов из КТ НПБ. Основная цель статьи заключается в оценке влияния минерального наполнителя на несущую способность стеновых элементов из КТ НПБ, работающих в условиях внецентренного сжатия.

Методика исследований. Для получения экспериментальных данных по исследованию стеновых элементов из КТ НПБ выполнен эксперимент с использованием аппарата математического планирования, который основывается на экспериментально-статистической модели:

$$\begin{aligned} \hat{Y} = & A_1w_1 + A_{12}w_1w_2 + D_{11}w_2x_1 + b_{11}x_1^2 + \\ & + A_2w_2 + A_{13}w_1w_3 + D_{21}w_2x_1 + \\ & + A_3w_3 + A_{23}w_2w_3 + D_{31}w_3x_1. \end{aligned} \quad (1)$$

Для получения статистических оценок коэффициентов модели опыты выполнены по специально синтезированному плану в системе «СОМРЕХ», включающему 10 экспериментальных точек. Для сравнения принята одиннадцатая точка внефакторного пространства [4].

В соответствии с работой [5] выполнен подбор состава пенобетонной смеси на 1 м^3 для ограждающих конструкций плотностью 800 кг/м^3 . В эксперименте применяются следующие материалы: вяжущее – портландцемент М500 Одесского цементного завода в количестве 400 кг на 1 м^3 смеси; заполнитель – речной песок в количестве 480 кг на 1 м^3 смеси; наполнитель – кварцевый песок, размолотый до удельной поверхности $200, 400, 600\text{ м}^2/\text{кг}$; пенообразователь ПБ – 2000 в количестве $1,07\text{ кг}$ на 1 м^3 смеси.

Опытные модели стеновых элементов армировались сварными пространственными каркасами из арматурной проволоки класса Вр – 1 диаметром 3 и 4 мм с процентом армирования $0,05$ и $0,15\%$, и арматуры гладкого профиля класса А240С диаметром 6 мм с процентом армирования $0,30\%$.

Результаты исследования. В соответствии с пособием по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из ячеистых бетонов к СНиП 2.03.01-84 [6] расчет несущей способности стеновых элементов, выполненных из конструкционно-теплоизоляционного неавтоклавного пенобетона, на действие сжимающей продольной силы выполняется из условия:

$$N \leq \alpha \varphi_b R_b A \psi_0, \quad (2)$$

где α – коэффициент, зависящий от вида ячеистого бетона и технологии изготовления:

$\alpha=0,85$ – для автоклавных ячеистых бетонов;

$\alpha=0,75$ – для неавтоклавных ячеистых бетонов;

φ_b – коэффициент, зависящий от сочетания нагрузки и размеров и принимаемый по таблице приложения 2 пособия [6];

R_b – призматическая прочность пенобетона;

A – площадь поперечного сечения элемента;

ψ_0 – коэффициент, учитывающий влияние эксцентриситета и принимаемый

$$\text{равным } \psi_0 = 1 - \frac{2e_b}{h}.$$

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 (2) дифференцированного коэффициента α (учет влияния вида и структуры ячеистого бетона), позволило распространить расчёт на элементы, выполненные из различных видов ячеистых бетонов.

Величина несущей способности моделей стеновых элементов в зависимости от изменения минерального наполнителя варьируется в пределах: для СП_А – от 110 до 430 кН и представлена полиномом 3 и на рис. 1; для СП_Б – от 111 до 434 кН и представлена полиномом 4; для СП_В – от 111 до 465 кН и представлена полиномом 5.

Если рассматривать призматическое факторное пространство, то N^{exp} , представленная изоплоскостями, увеличивается при изменении $N=5\ldots 10\%$. Затем при N от 10 до $12,5\%$ и $S_y=400\text{ м}^2/\text{кг}$ наблюдаем наибольшие значения N^{exp} ($423\ldots 421\text{ кН}$ – для СП_А, $427\ldots 424\text{ кН}$ – для СП_Б, $444\ldots 440\text{ кН}$ – для СП_В.) Максимальные значения находятся в области $S_y=400\text{ м}^2/\text{кг}$ при $N=11\%$ для СП_А и СП_Б и $N=11,25\%$ для СП_В. Далее при изменении N от $12,5$ до 15% наблюдаем уменьшение N^{exp} , при этом наибольшие значения находятся также в области $S_y=400\text{ м}^2/\text{кг}$.

$$\ln N_A^{\text{exp}} = 5,357w_1 + 0,881w_1w_2 + 0,356w_1x_1 - 0,301x_1^2 + 6,048w_2 - 0,252w_1w_3 + 0,138w_2x_1 + 5,922w_3 - 0,059w_2w_3 + 0,096w_3x_1. \quad (3)$$

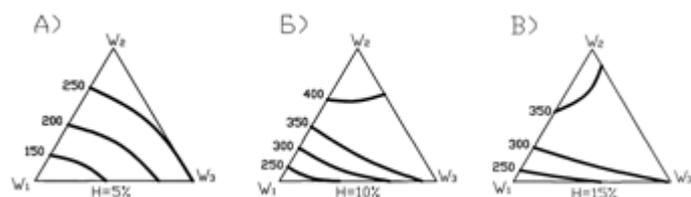


Рис. 1. Трехкомпонентные диаграммы изменения несущей способности (N_A^{exp} , кН) для разного количества наполнителя (А, Б, В).

$$\ln N_B^{\text{exp}} = 5,361w_1 + 0,903w_1w_2 + 0,358w_1x_1 - 0,303x_1^2 + 6,057w_2 - 0,203w_1w_3 + 0,137w_2x_1 + 5,928w_3 - 0,052w_2w_3 + 0,095w_3x_1. \quad (4)$$

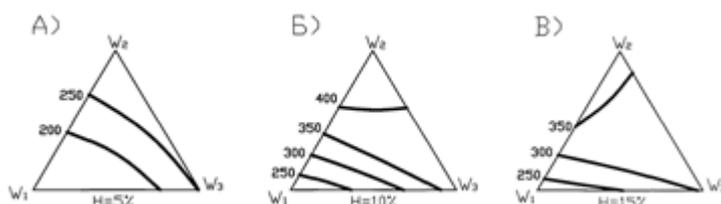


Рис. 2. Трехкомпонентные диаграммы изменения несущей способности (N_B^{exp} , кН) для разного количества наполнителя (А, Б, В).

$$\ln N_B^{\text{exp}} = 5,380w_1 + 1,021w_1w_2 + 0,356w_1x_1 - 0,315x_1^2 + 6,095w_2 - 0,074w_1w_3 + 0,142w_2x_1 + 5,935w_3 - 0,193w_2w_3 + 0,110w_3x_1. \quad (4)$$

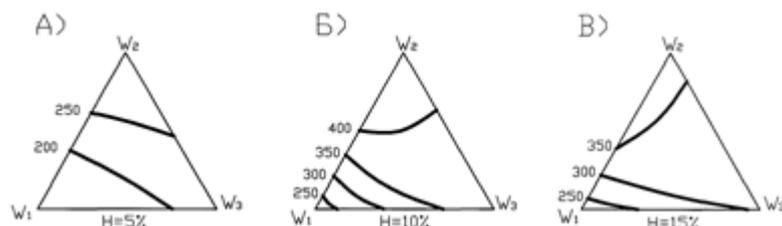


Рис. 3. Трехкомпонентные диаграммы изменения несущей способности (N_B^{exp} , кН) для разного количества наполнителя (А, Б, В).

$$\alpha_A = 0,843w_1 + 0,219w_1w_2 + 0,022w_1x_1 - 0,017x_1^2 + 0,905w_2 + 0,036w_1w_3 - 0,070w_2x_1 + 0,882w_3 + 0,036w_2w_3 + 0,026w_3x_1. \quad (5)$$

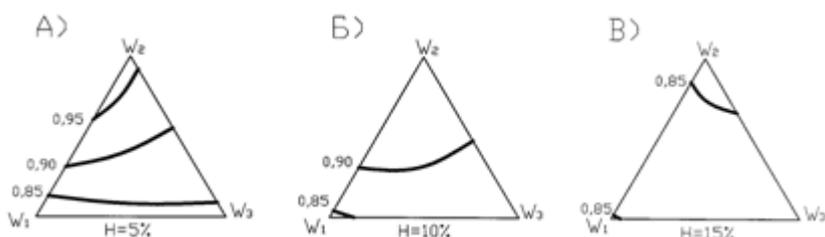


Рис.4. Трехкомпонентные диаграммы изменения коэффициента α_A для разного количества наполнителя (А, Б, В).

$$\alpha_B = 0,857w_1 + 0,227w_1w_2 + 0,008 w_1x_1 - 0,012x_1^2 + 0,912w_2 + 0,033w_1w_3 - 0,068w_2x_1 + 0,885w_3 - 0,051w_2w_3 + 0,025w_3x_1. \quad (6)$$

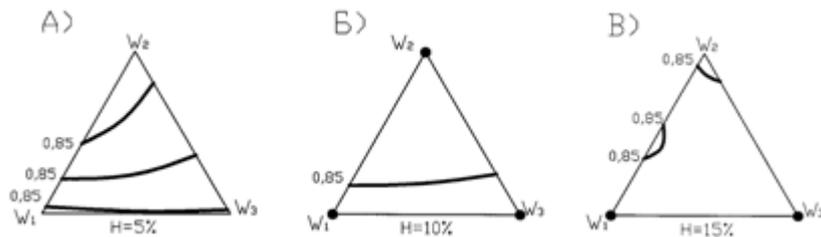


Рис.5. Трехкомпонентные диаграммы изменения коэффициента α_B для разного количества наполнителя (А, Б, В).

В результате обработки данных по несущей способности стеновых элементов, работающих в условиях внецентренного сжатия, получены экспериментальные значения структурного коэффициента α для опытных образцов (табл.1), а также полиномы 5 и 6.

Рекомендации по расчету пенобетонных стеновых элементов на действие сжимающей продольной силы

Таблица 1.

Экспериментальные и рекомендуемые значения коэффициента α

H, %	$S_y, \text{M}^2/\text{кг}$	α_A^{exp}	α_B^{exp}	Рекомендуемое значение α
5	200	0,804	0,837	0,8
	400	0,957	0,967	0,95
	600	0,838	0,848	0,8
10	200	0,843	0,857	0,8
	400	0,905	0,912	0,90
	600	0,882	0,885	0,85
15	200	0,848	0,852	0,8
	400	0,818	0,832	0,8
	600	0,891	0,899	0,85

Рекомендуемые значения структурного коэффициента α

$$\alpha = 0,85 \quad \text{при } S_y = 600 \text{ м}^2/\text{кг}; \quad H = 10 \dots 15\%$$

$$\alpha = 0,9 \quad \text{при } S_y = 400 \text{ м}^2/\text{кг}; \quad H = 5 \dots 11\%$$

Выводы:

1. Экспериментально обосновано, что несущая способность и коэффициент α зависят от количества наполнителя и его дисперсности, по которым установлены полиномиальные зависимости. При этом значения экспериментальных и нормативного коэффициента α отличаются до 22%.

2. Проанализировано влияние армирования, показавшее, что относительные изменения по несущей способности (до 7,6%) и коэффициенту α (до 3,4%) не имеют существенного влияния. Следовательно, несущая способность и коэффициент α в большей мере зависят от количества и дисперсности минерального наполнителя, чем от принятых вариантов конструктивного армирования.

3. Предложен дифференцированный коэффициент α для расчета несущей способности внецентренно сжатых стеновых элементов на действие сжимающей продольной силы, выполненных из КТ НПБ в зависимости от применяемого количества и дисперсности наполнителя.

Литература

1. Ястребцов В.В., Клименко В.Ю., Мартыненко В.А. О развитии производства ячеистобетонных изделий в Украине. Проблемы качества продукции // Вісник ПДАБтаА. №3-4-5, – Днепропетровск, 2003. – с. 179 – 183.

2. Постанова Кабинету Міністрів України від 26 травня 2004 р. №684 «Програма розвитку виробництва ніздрюватобетонних виробів та їх використання у будівництві на 2005-2011 роки» // Строительные материалы и изделия. - 2004. - №4. - с.34-37.

3. Постернак А.А., Костюк А.И., Постернак И.М., Постернак С.А. Применение конструкционно-теплоизоляционного неавтоклавно пенобетона в однослойных стеновых конструкциях, работающих на внецентренное сжатие // Вісник ОДАБА. Вип. 23, - Одесса, 2006. - с. 253-257.

4. 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. – 65с.

5. Комохов П.Г. Подбор состава легких и ячеистых бетонов. Учебное пособие. – Ленинград. 1968. – 31с.

6. 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.