

**ВЛИЯНИЕ КОЛИЧЕСТВА И КАЧЕСТВА НАПОЛНИТЕЛЯ
НА НАЧАЛЬНЫЙ МОДУЛЬ УПРУГОСТИ
КОНСТРУКЦИОННО-ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО
НЕАВТОКЛАВНОГО ПЕНОБЕТОНА**

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

Приводятся результаты экспериментальных исследований влияния количества и качества (дисперсности) минерального наполнителя на начальный модуль упругости конструкционно-теплоизоляционного неавтоклавного пенобетона в возрасте 28 суток при естественном твердении.

С увеличением объемов жилищного строительства в Украине, что не в последнюю очередь вызвано выходом страны из экономического кризиса, возникает вопрос о 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. Наиболее перспективным строительным материалом, признанным строителями в большинстве стран Европы, являются изделия и конструкции из ячеистых бетонов. Основными их преимуществами является широкий диапазон технических показателей и теплоизоляционных свойств, вследствие чего ячеистый бетон может быть использован в строительстве в качестве конструкционно-теплоизоляционного ($\gamma=500...900 \text{ кг/м}^3$) материала [1, 2].

Развитие строительной индустрии и коммунального хозяйства направляется и регулируется экономическим, энергетическим и экологически факторами. В этих условиях необходимо широко применять легкие, экономичные, энергоэффективные, экологические, негорючие, долговечные и технологичные строительные материалы, изделия и конструкции, которыми являются ячеистые бетоны, в частности пенобетон. В современных социально-экономических условиях большую актуальность приобретают работы по повышению качества и обеспечению стабильности, использования местного сырья, снижения стоимости производства неавтоклавного пенобетона [3...6].

Регулирование процессами организации структуры композиционных строительных материалов (КСМ) на различных уровнях неоднородностей связано с изменением качественного и количественного составов минерального вяжущего. Организация микроструктуры как высококонцентрированной грубодисперсной системы сопровождается образованием дискретных структурных блоков; размер, форма и количество которых зависит от механизмов межчастичного контактирования. К наполнителям относят частички произвольных форм и поверхностной активности, размер которых не позволяет им создавать в окружающем вяжущем поля деформаций и напряжений и вызывает их участие в процессах организации структуры элементарных структурных элементов вяжущего (ЭСЭВ), то есть молекулярных или надмолекулярных структур способных взаимодействовать между собой с образованием материала, обладающего определенными свойствами [7...9].

Основная цель статьи заключается в оценке влияния количества и качества наполнителя на начальный модуль упругости конструкционно-теплоизоляционного неавтоклавного пенобетона (КТНПБ) и выделении области с начальным модулем упругости выше нормативного [10 и таблица 1].

Таблица 1

Марка по средней плотности, кг/м ³	Начальный модуль упругости E_b , МПа, при классе бетона по прочности на сжатие			
	В 2,5	В 3,5	В 5	В 7,5
800	2320	2720	3200	-
900	-	3040	3600	4400

Для получения статистических оценок коэффициентов модели опыты выполнены по специально синтезированному в системе «СОМРЕХ» плану «Смесь (три компонента), технология (один фактор) – свойство» включающий 10 экспериментальных точек [11]. Для сравнения принята одиннадцатая точка вне факторного пространства. Графическая интерпретация модели представлена в виде диаграммы (рис.1) [11, 12]. В качестве переменных приняты дисперсность наполнителя ($S_y = 400 \pm 200 \text{ м}^2/\text{кг}$) и количество наполнителя ($H = 10 \pm 5\%$) от массы вяжущего. Методика проведения эксперимента, состав смеси, характеристики используемых материалов, технология приготовления смеси, размеры образцов и их количество приведены в работе [11].

По экспериментальным данным в системе «СОМРЕХ» была получена модель в виде приведенного полинома второго порядка (1).

Величина начального модуля упругости бетона в зависимости от количества и качества наполнителя изменяется в пределах от 2300 до 4200 МПа (на 82,6%) и представлена в табл. 2 и на рис. 1.

Таблица 2

Начальный модуль упругости КТ НПБ

№ опыта	E_b , МПа	№ опыта	E_b , МПа
1	2750	7	2300
2	4200	8	2900
3	3800	9	2850
4	3900	10	2650
5	3250	11	3600
6	2600		

При фиксированном количестве наполнителя $H=5\%$ и изменении дисперсности от 200 до 600 $\text{м}^2/\text{кг}$ начальный модуль упругости бетона увеличивается от 2301 до 2902 МПа (на 26%), при этом направление увеличения начального модуля упругости направлено в сторону дисперсности 400 $\text{м}^2/\text{кг}$. Максимальное значение 2902 МПа получено при дисперсности 400 $\text{м}^2/\text{кг}$, а минимальное 2301 МПа при дисперсности 200 $\text{м}^2/\text{кг}$ (рис. 1. А).

При фиксированном количестве наполнителя $H=10\%$ и изменении дисперсности от 200 до 600 $\text{м}^2/\text{кг}$ начальный модуль упругости бетона увеличивается от 2599 до 3605 МПа (на 39%), при этом направление увеличения начального модуля упругости направлено в сторону

дисперсности $400 \text{ м}^2/\text{кг}$. Максимальное значение 3605 МПа получено при дисперсности $400 \text{ м}^2/\text{кг}$, а минимальное 2599 МПа при дисперсности $200 \text{ м}^2/\text{кг}$ (рис. 1.Б).

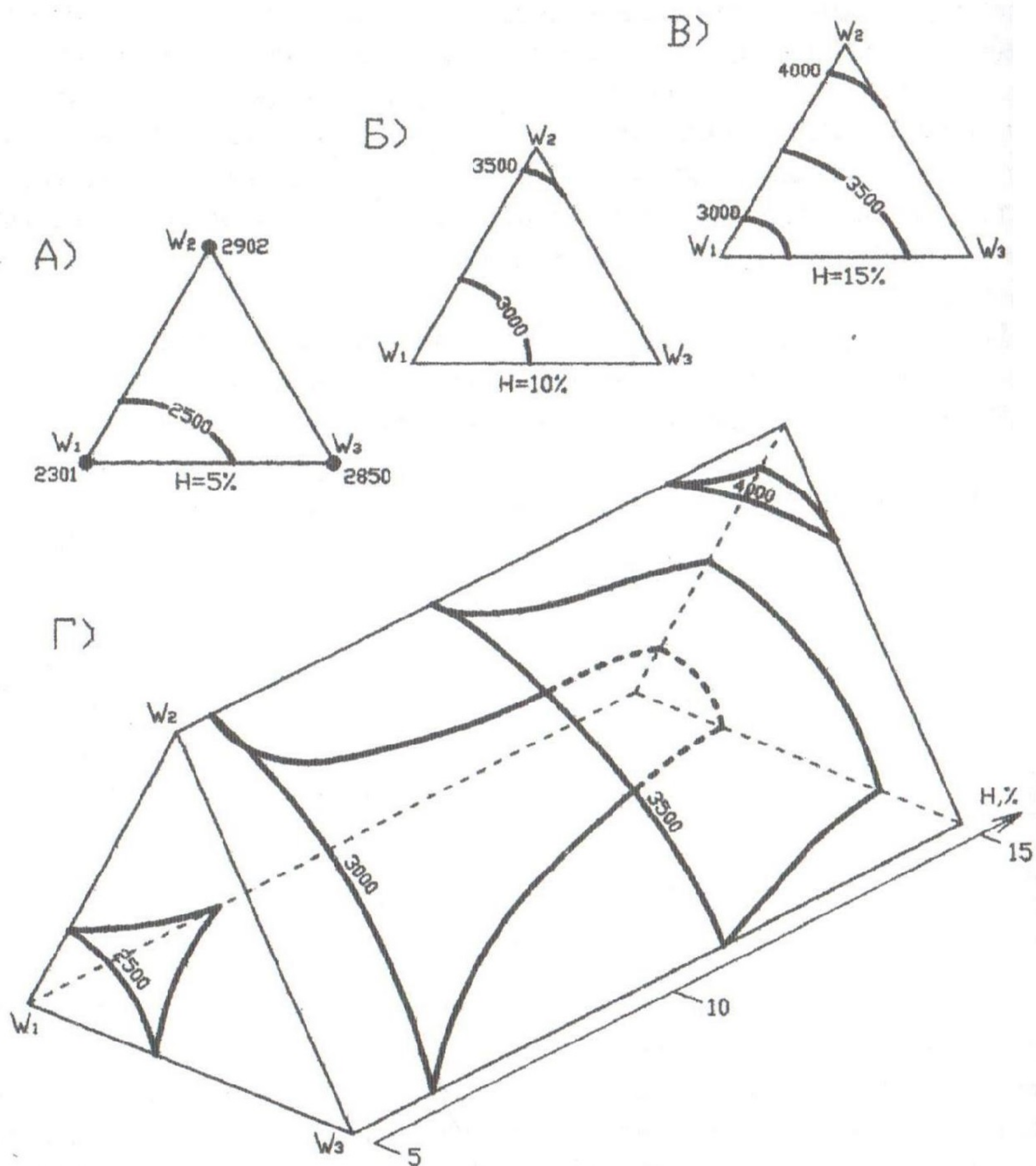


Рис. 1. Трехкомпонентные диаграммы изменения начального модуля упругости (на 28 сутки) для разного количества наполнителя (А, Б, В) и их объединение изоплоскостями в призматическом факторном пространстве (Г)

$$\begin{aligned} \ln E_b = & 7,863w_1 + 0,102w_1w_2 + 0,090w_1x_1 - 0,032x_1^2 \\ & + 8,190w_2 \pm \quad 0w_1w_3 + 0,185w_2x_1 \\ & + 8,131w_3 - 0,098w_2w_3 + 0,144w_3x_1 \end{aligned} \quad (1)$$

При фиксированном количестве наполнителя $H=15\%$ и изменении дисперсности от 200 до 600 м²/кг начальный модуль упругости бетона увеличивается от 2755 до 4201 МПа (на 52,5%), при этом направление увеличения начального модуля упругости направлено в сторону дисперсности 400 м²/кг. Максимальное значение 4201 МПа получено при дисперсности 400 м²/кг, а минимальное 2755 МПа при дисперсности 200 м²/кг (рис. 1.В).

При фиксированной дисперсности 200 м²/кг и изменении количества наполнителя от 5 до 15% начальный модуль упругости бетона увеличивается от 2301 до 2755 МПа (на 19,7%). Максимальное значение 2755 МПа получено при $H=15\%$, а минимальное 2301 МПа при $H=5\%$ (рис. 1.Г).

При фиксированной дисперсности 400 м²/кг и изменении количества наполнителя от 5 до 15% начальный модуль упругости бетона увеличивается от 2902 до 4201 МПа (на 44,8%). Максимальное значение 4201 МПа получено при $H=15\%$, а минимальное 2902 МПа при $H=5\%$ (рис. 1.Г).

При фиксированной дисперсности 600 м²/кг и изменении количества наполнителя от 5 до 15% начальный модуль упругости бетона увеличивается от 2850 до 3801 МПа (на 33,4%). Максимальное значение 3801 МПа получено при $H=15\%$, а минимальное 2850 МПа при $H=5\%$ (рис. 1.Г).

Если рассматривать призматическое факторное пространство то начальный модуль упругости, представленный изоплоскостями, увеличивается при изменении количества наполнителя от 5 до 15%, сохраняя направление увеличения к дисперсности 400 м²/кг. Максимальное значение $E_b=4201$ МПа наблюдаем при дисперсности 400 м²/кг (рис. 1.Г).

Область с начальным модулем упругости больше 3500 МПа будет при изменении H от 10 до 15% и S_y от 400 до 600 м²/кг.

Выводы

1. Анализ полученных результатов показывает, что подтверждается участие наполнителей в организации структуры. Направленное применение наполнителей дает возможность в достаточно широких пределах изменять начальный модуль упругости бетона, что позволяет более полно использовать потенциальные свойства пенобетона, в частности и для производства стеновых элементов. Минеральные наполнители являются эффективным методом управления структурообразованием микроструктуры композиционных строительных материалов и структуры на уровне неоднородности «растворная часть – заполнители».
2. Проанализировав результаты влияния количества и качества (дисперсности) кварцевых наполнителей на начальный модуль упругости КТ НПБ перейдем к анализу влияния количества и качества наполнителей на следующие деформативные свойства КТ НПБ.

Литература

1. Проект Середньострокових пріоритетних напрямків інноваційної діяльності в будівельній галузі України на 2003 – 2007 роки. Інформаційний бюлетень Держбуду – 2003. № 8. – С.23 – 25.
2. 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.
3. Семченко А.С., Семечкин А.Е., Литвиненко Д.В., Антонов И.М. Проектирование ЛЭЭЭНДТ стеновых ограждений для условий России // Строительные материалы. 2004. №1. С. 31 – 32.
4. Международная научно-практическая конференция «Пенобетон – 2003» // Строительные материалы. 2003. №6. С. 8 – 9.

5. Чудновский С.М., Гудзий В.С., Погореляк А.А., Панчук Т.П. Оценка основных факторов, приводящих к возникновению трещин в неавтоклавном пенобетоне // Будівельні конструкції: Зб. наук. праць. – К.: НДІБК. – 2002. вип. 56. – С.291 – 296.
6. 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 .
7. Композиционные строительные материалы и конструкции пониженной материалоемкости / В.И. Соломатов, В.Н. Выровой, В.С. Дорофеев, А. В. Сиренко. - К.: Будивельник, 1991. – 144 с.
8. Дорофеев В.С., Выровой В.Н., Соломатов В.И. Пути снижения материалоемкости строительных материалов и конструкций: Учебное пособие.–К.:УМК ВО, 1989. – 79с.
9. Современные методы оптимизации композиционных материалов / Вознесенский В.А., Выровой В.Н., Керш В.Я. и др.; Под ред. Вознесенского В.А. - К.: Будивельник, 1983. – 144с.
10. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из ячеистых бетонов (к СНиП 2.03.01 – 84. Бетонные и железобетонные конструкций) / НИИЖБ, ЦНИИСК им. Кучеренко Госстроя СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР. 1986. С. 92.
11. 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.
12. ЭВМ и оптимизация композиционных материалов / Вознесенский В.А., Т.В. Ляшенко, Я.П. Иванов, И.И. Николов. - К.: Будівельник, 1989. – 240с.