

**НОВЫЕ ЛЕГКИЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ БЕТОНЫ НА
ОСНОВЕ ПЕНОСТЕКЛА**

**М. Ю. Попов, инж., Л. В. Закревская, к. т. н., доц.,
В. Е. Ваганов к. т. н., вед. спец. УНИД.**

Владимирский Государственный Университет им. А. Г. и Н. Г. Столетовых

Повышение энергоэффективности и ресурсосбережение остаются приоритетными направлениями модернизации в строительстве. Требования, установленные ФЗ №261 и регламентами Минэкономразвития, обязывают застройщиков каждые пять лет, начиная с января 2011 года обеспечивать снижение на 15% удельного расхода энергии на квадратный метр эксплуатируемого дома. Достичь таких показателей возможно только с применением высокоэффективных теплоизоляционных материалов. Кроме того с учетом современных тенденций повышения этажности строений эти материалы должны обладать еще и минимальным весом и достаточным запасом прочности. Такими свойствами, а также целым рядом других положительных качеств обладают строительные материалы на основе бетона имеющие ячеистую (пористую) структуру. К ним относятся пено-газобетоны на различных вяжущих, а также пеностекло; легкие бетоны на основе гранулированных пористых стеклянных сфер. Изделия на основе ячеистого бетона в последние годы все более широко применяются в современном строительстве. Однако, легкие бетоны на основе пеностекла на сегодняшний день не получили должного распространения. Не считая немногочисленных трудов ученых из Перми [4] и Новосибирска [5], изучавших возможность применения пеностеклянных материалов в качестве заполнителей для бетона, в России данная тема не развивалась.

Основу предлагаемого авторами легкого бетона составляет пористый заполнитель - гранулированное пеностекло. В таблице 1 представлены технические характеристики исследуемого материала:

Таблица 1.

Характеристики гранулированного пеностекла

Плотность, кг/м ³	Предел прочности при сжатии, МПа	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)
100 - 300	0,5 - 3	0,04 – 0,07

Низкая теплопроводность заполнителей способствует высоким показателям энергосбережений в жилищном и промышленном строительстве. Также одним из важных факторов является экологичность выпускаемого продукта. Усредненный химический состав пеностекла приведен в таблице 2.

Таблица 2.

Усредненный химический состав пеностекла.

Оксид	SiO ₂	Na ₂ O	CaO	MgO	Al ₂ O ₃
Масс, %	70%	13,5%	9,5%	4,5%	1,5%

Также необходимо отметить, что пеностекло может содержать примеси в количестве менее 1% (K_2O , Fe_2O_3 , SO_3 и др.). Газовая фаза в замкнутых порах пеностекла в основном состоит из углекислого газа, но его концентрации малы, чтобы представлять какую-либо опасность.

В зависимости от подбора состава возможно заранее задавать характеристики будущего композиционного материала. Так плотность бетона на основе пеностекла может варьироваться от 300 до 800 кг/м³. В зависимости от плотности, его прочность на сжатие изменяется от 1 до 5 МПа, а теплопроводность от 0,07 до 0,2 Вт/(м·К), что делает его уникальным теплоизоляционным и одновременно конструкционным материалом. На рисунках 1 приведены текстура и микроструктура бетонов на основе пеностекла, полученного авторами.

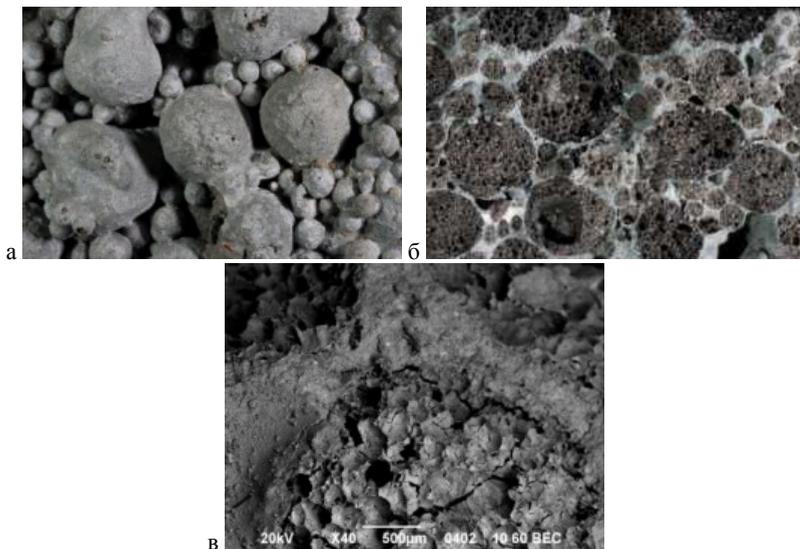


Рис. 1. Структура легких бетонов на основе пеностекла: а – распределение гранул пеностекла; б – поверхность излома образца; в – структура бетона.

Одним из недостатков легких бетонов на основе пеностекла является их невысокая прочность, что не позволяет их использовать в качестве конструкционного материала. Но в таком случае бетон будет проигрывать более дешевым исключительно теплоизоляционным рулонным и прочим материалам. В результате модификации легкого бетона на основе пеностекла за счет введения УНТ, прочность бетона может возрасти до 30%. Заполнитель в виде гранул пеностекла обладает достаточной механической прочностью при малой плотности, и при дополнительном упрочнении структуры бетона за счет углеродных наноструктур появляется возможность использовать превосходный теплоизоляционный материал в качестве конструкционного, воспринимающего умеренные нагрузки. В таблице 3 приведены характеристики бетонов, в зависимости от марочной средней плотности.

Таблица 3.

Свойства легкого бетона на основе пеностекла, модифицированного УНТ.

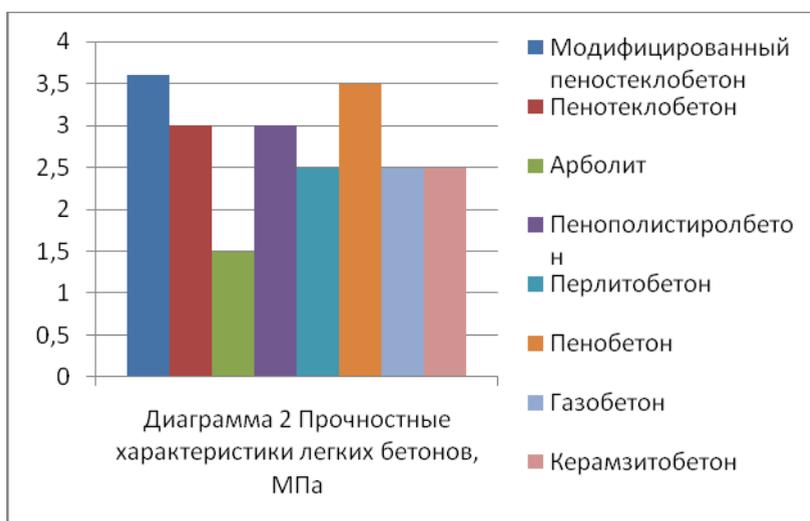
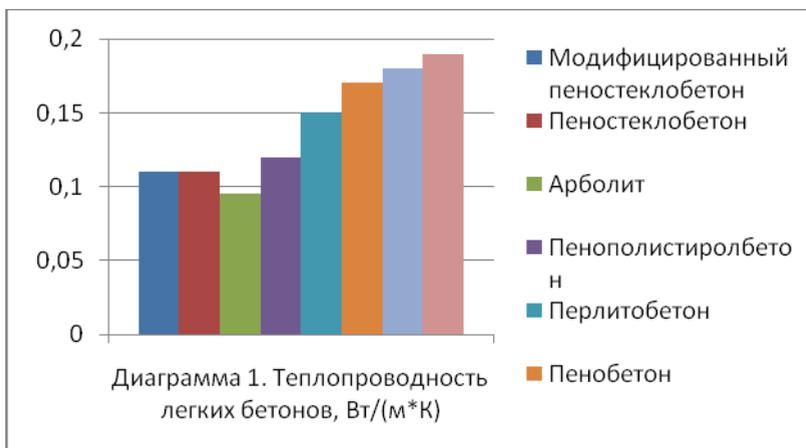
Марочная средняя плотность, кг/м ³	Предел прочности при сжатии, МПа	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м*К)
350	2,4	0,08
400	3,0	0,09
450	3,3	0,10
500	3,6	0,11

На базе ЗАО «СТЭС-Владимир» (производство теплоизоляционного пеностекла «НеоПорм») и Владимирского Государственного Университета (производство и изучение углеродных нанотрубок и фуллеренов) ведутся исследования в области легких и тяжелых бетонов. Кампанией «СТЭС» была выпущена опытная партия бетонных блоков на основе гранулированного пеностекла «НеоПорм». Также на территории предприятия была выполнена опытная монолитная стена из данного бетона (рисунок 2).



Рис. 2. Пример монолитной стены из бетона на основе пеностекла.

В сравнении с аналогами новый бетон является конкурентоспособным. Наиболее важный фактор – теплопроводность материала. В диаграмме 1 приведены основные показатели теплопроводности для легких бетонов при средней плотности 500 кг/м³. Для легких бетонов, имеющих относительно небольшую плотность, немаловажным фактором является прочность на сжатие. В диаграмме 2 приведены основные показатели прочности при сжатии для легких бетонов при средней плотности 500 кг/м³. Из этих данных можно сделать вывод, что легкие бетоны на основе пеностекла обладают одними из наилучших теплотехнических и прочностных показателей среди аналогов.



Но наиболее важный фактор для того, чтобы новый бетон получил применение на практике – это конкурентоспособность в ценовой политике. Несмотря на то, что на сегодняшний момент стоимость пеностеклянных заполнителей достаточно велика, с развитием производства наблюдается четкая тенденция к ее снижению. Другая проблема – консерватизм строителей при выборе строительных материалов. Создание механизмов и условий, способствующих внедрению инноваций является приоритетной задачей не только в области строительства.

Использованная литература

1. *Демидович Б.К.* Пеностекло / Б.К. Демидович // Минск.: Наука и Техника, 1975. – 248 с.
2. *Баженов Ю.М.* Технология бетона: Учеб. Пособие для технол. Спец строит. Вузов. 2 изд., перераб./ Ю.М. Баженов // Москва.: Высшая Школа, 1987.-415 м.:ил.
3. *Попов Л.Н.* Лабораторные испытания строительных материалов и изделий: Учеб. Пособие для строит. спец. Вузов / Л.Н. Попов // Москва.: Высшая Школа, 1984. – 168 с., ил.
4. *Пузанов С.И.* Особенности использования материалов на основе стеклобоя как заполнителей портландцементного бетона / С.И. Пузанов // Строительные материалы.- №7.- 2007.- 12-14.
5. *Иванова С.М., Чулкова. И.Л.* Композиционный цементный пено-стеклобетон / СМ. Иванова, И.Л. Чулкова // Строит, материалы. 2005. № 10. С. 22- 24.
6. *Ваганов В.Е., Захаров В.Д., Баранова Ю.В., Закревская Л.В., и др.* Структура и свойства ячеистого газобетона, модифицированного углеродными наноструктурами. / В.Е. Ваганов., В.Д Захаров , Ю.В. Баранова., Л.В. Закревская , и др.// Информационный научно-технический журнал Технологии бетонов. №9-10. 2010г. с. 53-54.
7. *Попов М.Ю., Закревская Л.В., Ваганов В.Е., Лазарев Е.В.* Разработка составов легких бетонов на основе пеностекла, модифицированного наноструктурами/ Попов М.Ю., Закревская Л.В., Ваганов В.Е., Лазарев Е.В. // Инновационные материалы и технологии: сб. докл. Международ. науч. – практ. конф., Белгород, 11-12 окт. 2011 г. / Белгор. Гос.технол. ун-т. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2011. – Ч.4. с. 185-190