

## Вопросы производства ячеистого бетона с использованием местного сырья

*Я.А. Савина, В. В. Вовко, С.В. Лукьяница*

*Волгоградский государственный технический университет*

**Аннотация:** В статье предлагается пенобетон на основе цемента и электросталеплавильных шлаков, который получен и разработан на кафедре строительных материалов и специальных технологий ИАиС ВолгГТУ. Цель изысканий заключалась в получении эффективного теплоизоляционного материала для стеновых ограждающих конструкций, как в высотном домостроении, так и материала для применения в малоэтажном строительстве, при изготовлении, которого были бы максимально использованы местные сырьевые и производственные ресурсы.

**Ключевые слова:** пенобетон, электросталеплавильные шлаки, теплоизоляционный материал, энергетическая эффективность зданий, строительные материалы.

Требования, предъявляемые к тепловой защите зданий и сооружений, постоянно ужесточаются и являются важным предметом госрегулирования.

Принятый в 2009 г. федеральный закон № 261-ФЗ «Об энергосбережении...» разъясняет требования по энергосбережению и повышению энергетической эффективности. Цель этого закона - формирование правовых, экономических и организационных основ направленных на стимулирования энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

Согласно требований энергетической эффективности зданий, строений и сооружений, показатели, характеризующие удельную величину расхода энергетических ресурсов должны соответствовать требованиям установленным постановлением правительства РФ от 25.01.2011 N 18 (ред. от 26.03.2014, с изм. от 07.03.2017) «Об утверждении Правил установления требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений и требований к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов».

На наш взгляд, основной возможностью, позволяющей соблюдать вышеприведенные требования, является эффективная теплоизоляционная ограждающая конструкция. Сегодня вопрос эффективной теплоизоляции решается достаточно просто, существует огромный спектр теплоизоляционных материалов и конструктивных решений типа вентилируемого фасада. Наряду с этим, первоначальная эффективность, теплоизоляции вполне может оказаться кажущейся, в первую очередь из-за стоимости и часто сложности её устройства. Другими вопросами применения и эффективности теплоизоляции является долговечность, сложность ремонта, слабая защищённость от вандализма и не в последнюю очередь компетентность рабочих её устанавливающих. Возможным решением подобных вопросов может стать применение традиционных теплоизоляционных материалов – ячеистых бетонов или точнее одного из его видов, а именно – пенобетона [1 - 4].

На кафедре, строительных материалов и специальных технологий ИАиС ВолгГТУ разработан и получен пенобетон на основе цемента и электросталеплавильных шлаков (рис.1).

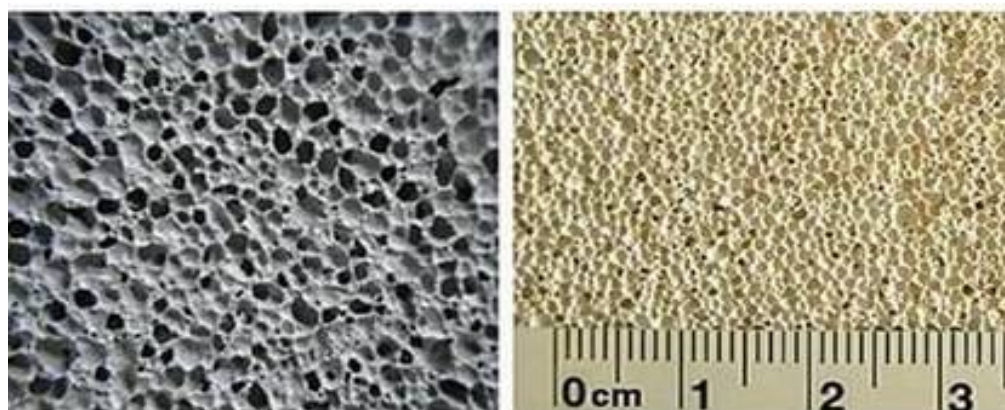


Рис.1. – Образец пенобетона

Цель изысканий заключалась в получении эффективного теплоизоляционного материала для стеновых ограждающих конструкций, как в высотном домостроении, так и материала для применения в

малоэтажном строительстве, при изготовлении, которого были бы максимально использованы местные сырьевые и производственные ресурсы. Материал должен был сочетать в себе как теплоизоляционные, так и конструкционные свойства, производство не должно быть энергоемким. Работа носила как теоретический, так и экспериментальный характер.

При подборе компонентов особое внимание было уделено сырьевой базе существующих производств г. Волгограда, проводился анализ продукции местных производителей. Испытания проводились в лабораторных условиях и на производственной линии.

Известно, что применяется шлак в производстве строительных материалов редко, обычно просто вывозится в отвалы грузовым транспортом. На заводах, из мартеновских цехов, шлак с помощью шлаковозных ковшей вывозят и выливают как расплав в шлаковые ямы. Применяют орошение водой для измельчения шлака, за счет термоудара при перепаде температур.

Агрегатные образования, составляющие шлак, представлены первичными и конечными шлаками, образующимися при смешивании расплавленного первичного и остывшего порошкообразного конечного шлака, содержание которых колеблется от 10% до 15% от массы всего шлака.

По гранулометрическому составу в шлак представлен частицами размером до 5 мм, в количестве до 60% и частицами размером более 5мм в количественном соотношении до 40-45%. При этом, более крупные частицы, свыше 5мм представлены первичными и промежуточными (агрегированными) шлаками. И наоборот, частицы менее 5мм - это в основном, конечные шлаки серо-белого и белого цвета. Химический состав электросталеплавильных шлаков, как правило, не стабилен и представлен  $Fe_2O_3$ ,  $FeO_2$ ,  $SiO_2$ ,  $CaO$ , S и пр.

---

Основные характеристики и гранулометрический состав электросталеплавильных шлаков представлены в таблице № 1 и таблице № 2.

Таблица № 1

Основные характеристики электросталеплавильных шлаков

№ п/п	Наименование показателя	Един. измер.	Показатели
1	2	3	4
1	Прочность при сжатии до (частицы более 5 мм)	МПа	400
2	Прочность при расколе до (частицы более 5 мм)	МПа	20
3	Дробимость шлака (частицы более 5 мм)	%	13,8
4	Износ в полочном барабане	%	16,6
5	Водопоглощение по массе в куске, (Wm)	%	7,6
6	Потери по массе (частицы 5-10; 10-20мм) после 25 циклов замораживания и оттаивания	%	3,3
7	Потери при силикатном распаде (частицы более 5 мм)	%	1,78
8	Устойчивость структуры	%	4,69

Таблица № 2

Гранулометрический состав электросталеплавильных шлаков

Наименование показателя	Размер частиц, мм							
	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	0,071	>0,071
Частные остатки, %	5	24,1	30,9	6,3	11,3	10,3	4,4	7,7

Получение пенобетонной смеси основано на получении однородной массы газ-жидкость-твердое тело. Известны следующие методы получения пенобетона:

1. Классическая схема - специально приготовленную технологическую пену смешивают с цементной массой или цементно-песчаным раствором, вслед за этим, при интенсивном перемешивании массы, получают ячеистобетонную смесь, в которой последующее схватывание и твердение вяжущего фиксирует структуру материала [5 - 8].

2. Метод «сухой минерализации» - приготавливание смеси производят посредством совмещения сухих компонентов с низкократной пеной, непрерывно подаваемой пеногенератором. При этом, по точке зрения А. П. Меркина, происходит «бронирование единичного воздушного пузырька частицами твердой фазы и отсасывание воды из пены». Так образуется высокоустойчивая пенобетонная масса с наименьшим количеством свободной воды

На поверхности пенных пузырьков сорбируются (втягиваются в пленку ПАВ) мелкие и гидрофильные частицы твердой фазы. Высокая концентрация ПАВ поверхности раздела «воздушная пора – дисперсионная среда» предопределяет образование гладкой глянцевой поверхности стенок пор. Формируется плотный припоровый слой толщиной 12-30 мкм – слой, называемый зоной подкрепления.

В условиях эксплуатационных нагрузок на пенобетон объем единичной поры работает как арка и плотный припоровый слой пенобетона «сухой минерализации» может рассматриваться как армированный нижний пояс конструкции.

3. Баротехнология производства ячеистобетонной смеси, предусматривает концентрирование массы в герметичном смесителе сжатым воздухом и последующую выгрузку смеси в формы, где в результате

---

перепада давлений происходит вспучивание. По этому способу в смесь вводят воздухововлекающие добавки ПАВ и применяют особенный герметичный смеситель [9 - 11].

Смесь приготавливалась тщательным смешиванием всех компонентов (гипс, цемент, опока) до однородной массы. В качестве способа получения пенобетона был выбран двустадийный способ. Он известен, так же, как метод сухой минерализации. Пенообразователем был выбран «Сульфонат» Т.У. 6484 – 64, производства ЗАО «Химпром» г. Волгограда.

В результате был получен пенобетон со средней плотностью 600, 800, 1000 кг/м<sup>3</sup> и низкой теплопроводностью. Полученные образцы показали удовлетворительную морозостойкость.

Оптимизированный расход пенообразователя был подобран с учетом технологического процесса, кратности пены, а также его поведением со всеми компонентами формовочной смеси. Он составил 3% от водного раствора, идущего на приготовление пенообразователя. В данной работе количество воды для получения пенобетона во всех случаях было 0,6 л на 1 кг вяжущего.

Полученный материал может использоваться при производстве различных строительных изделий: блоки стеновые, плиты перегородочные (пазовые или пазогребневые), панели стеновые перегородочные, плиты теплоизоляционные.

В некоторых случаях может понадобиться дальнейшая модификация материала, в зависимости от назначения изделия.

С учетом нормативно-технической документации и предварительной характеристикой материала, разработанная технология получения пенобетона может быть использована при изготовлении камней бетонных стеновых ГОСТ 6133-84 на действующем оборудовании Волгоградского гипсового завода.

---

## Литература

1. Рябинин А.В. Пенобетон в современном строительстве // Наука ЮУрГУ. Секции технических наук Материалы 67-й научной конференции. 2015. С. 1781-1784.
2. Бартеньева Е.А., Машкин Н.А. Неавтоклавный пенобетон с минеральными добавками // Современное строительство и архитектура. 2017. №1 (140). С. 24-29.
3. Джалалов Ш.Г., Оцоков К.А. Способы повышения эффективности пенобетона // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2016. Т. 42. №3. С. 167-174.
4. Даужанов Н.Т., Крылов Б.А., Аруова Л.Б. Повышение конкурентоспособности пенобетона и перспективы его применения в строительстве // Промышленное и гражданское строительство. 2015. №1 (90). С. 19-23.
5. Вовко В.В. Пенобетон на основе гипсоцементно-пуццоланового вяжущего // Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов. 2005. №10 (128). С. 16-20.
6. Портник А.А., Савиных А.В. Всё о пенобетоне // СПб.: 2003. 400 С.
7. Моргун В.Н. Роль расширяющих добавок в управлении свойствами пенобетонов // Инженерный вестник Дона. 2008. №3. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n3y2008/90](http://ivdon.ru/magazine/archive/n3y2008/90).
8. Оглоблин Н.И., Невский В.А. История развития газобетона // Инженерный вестник Дона, 2013, №4 URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2099](http://ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2099).
9. Ansari P., Chandak P. Durability of concrete containing basalt fiber // Engineering research and applications. 2015. 130 p.



10. Shokrie mm. The influence of thermal cycles on the mechanical properties of an optimized polymer concrete // Construction and building materials. 2011. 3550 p.

11. Sachin BK, Amol DM. The strength of concrete with different fine aggregates // Int J Scientific RES Eng 3. 2010. 540 p.

### References

1. Rjabinin A.V. Nauka YUUrGU. Seksii tekhnicheskikh nauk. Materialy 67th nauchnoy konferentsii (Rus). 2015. pp. 1781-1784.

2. Barteneva E.A. Neavtoklavnyy penobeton s mineralnymi dobavkami. 2017. No 1 (140). pp. 24-29.

3. Dzhahalov Sh. G. Vestnik Dagestanskogo universiteta (Rus). 2016. Vol. 1. No 3. pp. 167-174.

4. Dauzhanov N. T., Krylov B.A., Aruova L.B. Povyshenie konkurentosposobnosti penobetona i perspektivy ego primeneniya v stroitelstve, 2015. No 1(90). pp. 19-23.

5. Vovko V. V. Tekhnologiya silikatnykh i tugoplavkiy nemetallicheskiy materialov. 2005. No 10 (128). pp. 18-23.

6. Portik A. A., Savinyh A.V. Vsyo o penobetone [All about foam]. SPB. : 2003. 400p.

7. Morgun V.N. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus). 2008. No 3. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n3y2008/90](http://ivdon.ru/magazine/archive/n3y2008/90).

8. Ogloblin N.I., Nevskij V.A. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus). 2013. No 4. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2099](http://ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2099).

9. Ansari P., Chandak P. Durability of concrete containing basalt fiber. Engineering research and applications. 2015. 130 p.

10. Shokrie mm. The influence of thermal cycles on the mechanical properties of an optimized polymer concrete. Construction and building materials. 2011. 3550 p.





11. Sachin BK, Amol DM. The strength of concrete with different fine aggregates. Int J Scientific RES Eng 3. 2010. 540 p.