

**АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ЭФФЕКТИВНЫХ  
СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ  
НАРУЖНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ**

г. Тольятти, Тольяттинский государственный университет

Проблемы энерго – и ресурсосбережения выдвигают ряд требований к технологии производства, качеству, экономическим, теплотехническим и другим показателям современных строительных материалов. Обеспечение теплом зданий с минимальными потерями теплоты при транспортировке является актуальной задачей. Поэтому необходимо развивать производство эффективных полносборных или комплектных теплоизоляционных конструкций и изделий заводского изготовления при более широком вовлечении в хозяйственный оборот вторичных материальных и топливо – энергетических ресурсов.

Согласно [1] для теплоизоляции трубопроводов с положительными температурами содержащихся в них веществ для всех способов прокладки, кроме бесканальной, следует применять материалы и изделия со средней плотностью не более 400 кг/м<sup>3</sup> и теплопроводностью не более 0,07 Вт/(м<sup>2</sup>°С).

Рядом авторов разработана новая технология получения сверхлегких теплостойких пеноволоконитов из асбеста с использованием дешевых отечественных пенообразователей и отходов нефтепереработки [2]. Из таких материалов можно изготавливать теплоизоляцию наружных трубопроводов любой формы: в виде рулонов, плит, матов толщиной от нескольких миллиметров до нескольких сантиметров. По жесткости: мягкие, полужесткие и формованные жесткие скорлупы. Для защиты от влаги материал гидрофобизируют или покрывают защитными экранами. Данные теплоизоляционные изделия абсолютно негорючи и нетоксичны. Обладают малой плотностью (5 – 20 кг/м<sup>3</sup>) и низким коэффициентом теплопроводности (0,016 – 0,3 Вт/(м<sup>2</sup>°С)).

Другим высокоэффективным теплоизоляционным материалом является неавтоклавный ячеистый бетон. За счет пористой структуры он имеет пониженные показатели средней плотности и коэффициента теплопроводности. Ниже приведена сравнительная характеристика неавтоклавногo ячеистого бетона низкой плотности с известными бетонами по [3].

Таблица 1

**Теплотехнические показатели теплоизоляционных материалов**

Материал	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Коэффициен т теплопровод ности, Вт/(м <sup>2</sup> °С)	Коэффициен т паропрониц аемости, мг/(м <sup>2</sup> ч <sup>2</sup> Па)
Неавтоклавногo ячеистогo бетон	250	0,068	0,265
Газо – и пенобетон	300	0,11	0,26
Пеносиликат	400	0,14	0,23
Вермикулитобетон	300	0,09	0,23
Пенополимербетон	400	0,07	0,26
Для сравнения: Плиты минераловатные на синтетическом связующем по ГОСТ 9573 – 82, марки 175	210	0,071	0,49

Как видно из табл. 1, ячеистый бетон обладает меньшей плотностью, значительно эффективнее по теплосбережению по сравнению с известными бетонами при практически одинаковой паропроницаемости и удовлетворяет современным требованиям [1].

Ячеистый бетон плотностью 250 кг/м<sup>3</sup> получается путем поризации смеси, состоящей из цемента, песка, воды, специальных добавок – модификаторов и пенообразователей при нормальной (комнатной) температуре воздуха. Экономическая эффективность ячеистых бетонов и сверхлегких пеноволоконитов [2] повышается при использовании для их получения недефицитных пенообразователей.

Наиболее перспективным является пенообразователь на основе отходов лесохимической промышленности (СДО) как с точки зрения снижения стоимости теплоизоляционных материалов, так и улучшения состояния окружающей среды [4].

Технические пены характеризуются рядом свойств: пенообразующая способность, кратность, стойкость.

Наряду с известными ПАВ (ОП – 7, ПО – 1, АОС и др.) наибольшей кратностью и стойкостью пены в щелочной среде и в цементном тесте обладают растворы на основе СДО. Так как СДО является гидрофобизирующим ПАВ, то для повышения его пенообразующей способности он может быть использован в комбинациях с другими ПАВ, например УПБ. Определены оптимальные составы пенообразователей:

I СДО 3,2...4,4%; Ca(OH)<sub>2</sub> 1,8...2,6%; вода 93...96% ( $\bar{X}$  = 0,214 мм).

II СДО 3,0...3,5%; УПБ 0,5...0,6%; Ca(OH)<sub>2</sub> 1,5...2,2%; вода 93,7...95% ( $\bar{X}$  = 0,169 мм).

II состав характеризуется лучшими показателями кратности (к), стойкости (С<sub>п</sub>) и коэффициента прочности (К<sub>R</sub>).

Наряду с подбором составов пенообразователей исследовались и теплофизические характеристики ячеистого бетона. В бетоне отмечают 3 вида пор: ячеистые с преобладающим размером 10<sup>-4</sup> ... 0,35 см; капиллярные 10<sup>-5</sup>...10<sup>-4</sup> и гелевые поры размером менее 10<sup>-6</sup> см межпоровых стенок поризованного материала. Преобладающее влияние на свойства бетона оказывают ячеистые поры. От величины пористости зависит межпоровая структура, ведущая к изменению прочности и теплопроводности бетона. Установлена зависимость коэффициента теплопроводности пенобетона  $\lambda$  от средней плотности, вида кремнеземистого компонента (табл. 2) и влажности (табл. 3).

$$\lambda_I = a_1 + c_1 \cdot \rho_1^2 \quad (1.1)$$

$$\lambda_{II} = a_2 + c_2 \cdot \rho_2^2 \quad (1.2)$$

где  $a_1 = 0,052$ ;  $c_1 = 0,273$

$a_2 = 0,051$ ;  $c_2 = 0,251$

$\rho_1$ ;  $\rho_2$  – плотность пенобетона состава I и II, г/см<sup>3</sup>.

Таблица 2

**Зависимость теплопроводности ячеистого бетона от плотности и вида наполнителя**

№ состава	Вид кремнеземистого компонента в пенобетоне	Теплопроводность, Вт/ м <sup>2</sup> °С при плотности, кг/м <sup>3</sup>		
		250	300	400
I	Песок молотый речной	0,069	0,077	0,096
II	Мелкодисперсные отходы камнедробления (полевошпатовый песок)	0,067	0,073	0,092

Пенобетон с использованием мелкодисперсных отходов камнедробления характеризуется меньшим значением коэффициента теплопроводности. Использование в качестве кремнеземистого компонента мелкодисперсных отходов камнедробления позволит исключить из технологии энергоемкий передел – помол кварцевого песка.

Форма и размеры воздушных включений оказывают большое влияние на теплопроводность ячеистого бетона. Сопротивление тепловому потоку возрастает с увеличением числа и уменьшением

толщины воздушных прослоек. Так, уменьшение размера ячеек пор с 2 до 0,1 мм снижает теплопроводность на 40 %. Размер пор пенобетона на пенообразователе СДО находится в пределах 0,17...0,2 мм, что меньше размера пор на клееканифольном (ККП) пенообразователе ( $\bar{X} = 0,365$  мм).

В процессе изменения относительной влажности воздуха изменяется и сорбционная влажность материала. В табл. 3 приведены сравнительные характеристики двух составов пенобетонов по сорбционной влажности и водопоглощению при равной плотности.

Таблица 3

**Зависимость водопоглощающей способности от состава пенобетона**

№ состав а	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Водопоглощение, %	Сорбционная влажность бетона по массе, %, при влажности среды			
			40	60	80	90
I	300	17,5	4,5	7,1	10,6	19,7
II	300	13,5	3,8	5,7	8,1	12,1

Как видно, пенобетон состава II обладает меньшей сорбционной влажностью и водопоглощением, чем состав I.

Анализ морозостойкости теплоизоляционного материала после 30 циклов замораживания показал, что ячеистые бетоны обладают повышенной морозостойкостью по сравнению с традиционными.

Ячеистый бетон низкой плотности ( $\rho = 250$  кг/м<sup>3</sup>) обладает прочностью на сжатие 2,5 кгс/см<sup>2</sup> (0,25 МПа), малой усадкой, противопожарной устойчивостью, долговечностью, нетоксичностью.

При необходимости поверхность можно обрабатывать комплексным гидрофобизатором, который обеспечит изделию высокую водонепроницаемость.

Себестоимость компонентов для получения 1 м<sup>3</sup> бетона плотностью 250 кг/м<sup>3</sup> составляет 150 руб. на начало 2001 г. Кроме того, трудоемкость операций при монтаже на трубопроводах значительно меньше, чем, например, у минераловатных изделий, на которые надо дополнительно наносить покровный слой (фольга, стеклопластик и т.д.).

Применение полносборной конструкции из ячеистого бетона для теплоизоляции наружных трубопроводов на открытом воздухе, например, диаметром 820 9 мм при перепаде температур 150 – 70 °С позволит снизить удельные теплотери на 4% по сравнению с теплоизоляцией из минеральной ваты, что составляет 5,3 Вт. При этом толщина конструкции из ячеистого бетона равна толщине теплоизоляции из минеральной ваты.

Общий анализ физико – технических свойств и эксплуатационных качеств ячеистого бетона, приготовленного на основе пенообразователя СДО – УПБ - Ca(OH)<sub>2</sub> и мелкодисперсного кремнеземистого наполнителя (состав II), показывает, что он является эффективным теплоизоляционным материалом, который можно применять в виде сборных конструкций для изоляции трубопроводов.

**Литература:**

1. СНиП 2.04.14 – 88\*. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. М.: Госстрой России, 1998.
2. А.А. Смоликов, Д.Н. Солодовников, В.М. Давыдов, А.В. Афанасьева. Сверхлегкие теплостойкие пеноволокниты/Материалы ХХІХ научно – технической конференции. Пенза, 1997, с. 117.
3. СНиП II – 3 – 79\*\*. Строительная теплотехника. М.: Госстрой СССР, 1986.
4. Е.Г. Баргов, В.Ф. Смирнов, В.Т. Ерофеев, В.И. Соломатов. Биологическое сопротивление пенобетонов/VI международная научно – практическая конференция «Вопросы планировки и застройки городов». Пенза, 1999, с. 140.