

5. Клименко В.З. Расчет конструкций из клееной древесины при сложном напряженном состоянии // Сопротивление материалов и теория сооружений. № 54 – К., 1988. – С. 67–71.

6. Клименко В.З. Нова концепція проектування великопрогонових конструкцій з клеєної деревини / Збірник наук. праць УкрНДІПСК ім. Шимановського. – К.: Сталь, 2010. – С. 30–42.

7. Клименко В.З., Михайловський Д.В. Пропозиції щодо перевірки позацентрово-вирішених вузлів стерж-

ньових конструкцій з клеєної деревини при складному напруженому стані / Збірник наукових праць «Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди», Випуск 16, частина 2 – Рівне: НУВГП, 2007 – С. 203–206

8. Михайловський Д.В. Розрахункова умова міцності клеєної деревини при осьових напруженнях розтягу і складному напруженому стані / Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. науч. тр. Вып. 50, Днепропетровск, ПГАСА, 2009 – С. 375–380.

УДК 666.553.535

Алексеева Л.В., зав.сектором перлита, ГП «НИИСМИ», г. Киев

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ВСПУЧЕННОГО ПЕРЛИТОВОГО ПЕСКА КАК ЗАПОЛНИТЕЛЯ ДЛЯ ЛЕГКИХ БЕТОНОВ

Вспученный перлит – высокоэффективный тепло- и звукоизоляционный пористый материал. Производится в соответствии с требованиями межгосударственного стандарта ГОСТ 10832 «Песок и щебень перлитовые вспученные» [1] в виде песка, щебня и порошка из вулканической стекловатой водосодержащей породы кислого состава путём её термической обработки.

Применение теплоэффективных материалов и изделий на основе вспученного перлита в ограждающих конструкциях зданий позволяет успешно решать проблему энергосбережения в строительстве, особенно в настоящее время, когда ужесточены нормативные требования к теплосопротивлению (2,0-2,8 м<sup>2</sup> °С/ Вт) наружных стен отапливаемых помещений

Физико-технические характеристики таких материалов и возможность их производства напрямую зависят от свойств применяемого вспученного перлита. Наиболее широкое применение в промышленности нашёл вспученный перлитовый песок.

Однако использование его в строительстве ограничивается основным недостатком – большим водопоглощением и малой прочностью, что обуславливается наличием открытой пористой структуры зерен перлита. При использовании в качестве заполнителя для легких бетонов эти свойства вспученного перлитового песка являются главным недостатком.

Открытая пористая структура зерен обусловлена тем, что вспученный перлит получают традиционным «взрывным» способом по одностадийной технологии.

Промышленное использование перлита определяется его эксплуатационными характеристиками. Для производства перлитобетона требуется зернистый вспученный перлитовый песок однородного фракционного состава с улучшенными прочностными показателями и пониженным водопоглощением [2]. В таблице 1 представлены требуемые характеристики вспученного перлитового песка, применяемого в легких бетонах и сухих строительных смесях. Такие свойства обеспе-

Таблица 1

Свойства вспученного перлита для бетонов и сухих строительных смесей

Характеристики вспученного перлита					Перлитобетон		Сухие строительные смеси					
Наименование	Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	Фракционный состав		Теплопроводность при температуре (25±5)°С, не более Вт/(м·К)	Прочность при сжатии в цилиндре (фр. 1,25-2,5 мм), МПа	Теплоизоляционный	Конструктивно-теплоизоляционный	Штукатурные растворы	Кладочные растворы	Для изоляции кровли, теплые подготовки под полы	Тампонажные растворы	
		Фракции, мм	Содержание зерен размером менее 0,16 (0,14) мм, %, по объему, не более									
Вспученный перлитовый песок	100...150	0,16...1,25	10	0,050...0,054	-			+	+	+		
		0,63...2,5	-	0,048...0,050	-	+	+	+		+		
		0,63...5,0	-	0,046...0,048	-	+	+					
		1,25...5,0	-	0,042...0,044	-	+			+			
	150...200	0,16...1,25	10	0,054...0,060	-						+	
		0,63...2,5	-	0,052...0,056	не менее 0,10 (до 0,15 и более)	+	+				+	
		0,63...5,0	-	0,050...0,054	не менее 0,10 (до 0,2 и более)	+	+					
		1,25...5,0	-	0,048...0,050	не менее 0,10 (до 0,3 и более)	+						
Вспученный перлитовый порошок	120...180	менее 0,16 (0,14) мм	100		-							

**Основные показатели вспученного перлитового песка, полученного по усовершенствованной двухстадийной технологии НИИСМИ**

Характеристика сырья		Характеристика вспученного перлитового песка					
Фракции, мм	Остаточное количество структурной воды после термодготовки, п.п.п., %	Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	Фракция, мм	Плотность зерен, кг/м <sup>3</sup>	Водопоглощение% (капиллярное)	Прочность при сдавливании в цилиндре, МПа (для плотности более 150 кг/м)	
<b>Украинский перлит – месторождение Фогош ( п.п.п. = 4,8...5,0 % по массе)</b>							
0,16-0,63	2,5-3,8	70-120	0,16-2,5	0,9-1,34	14-15	–	
0,315-1,25	2,2-3,7	80-210	0,315-2,5	1,1-1,6	10-12	0,12-0,25	
0,63-2,5	1,9-3,6	90-230	0,63-5,0	1,0-1,65	5-6	0,15-0,35	
<b>Греческий перлит</b>							
Крупный	1-стад. технология	2,13	75	0,63-5,0	1,32	1,8	
	2-стад. технология	1,11-1,80	72-150	0,63-5,0	0,78-0,87	0,1 (γ=150)	0,172
<b>Венгерский перлит</b>							
Средний	1-стад. технология	3,25	100	0,315-5,0	2,07	83,3	0,191
	2-стад. технология	0,95-2,87	122-240	0,315-5,0	0,93-1,14	7,8-10,5	0,201-0,333
Крупный	1-стад. технология	3,15	115	0,63-5,0	1..903	74,8	0,201
	2-стад. технология	1,0-2,47	150-225	0,63-5,0	1,24-1,62	5,6-19,3	0,222-0,318
<b>Арагацкое месторождение Армении (фракция 0,16-2,5 мм)</b>							
	1-стад. технология	3,07	60-75	0,16-5,0	1,65	60-68	0,04-0,05
	2-стад. технология	1,60	200-210	0,16-5,0	0,76	12,4	0,18

чивает только преимущественно закрытая пористая структура зерен вспученного перлита

Все эти требования послужили причиной для создания усовершенствованной технологии получения перлитового заполнителя с улучшенными показателями [3, 4].

При получении вспученного перлитового песка, пригодного по своим качественным показателям для использования в легких бетонах, необходимо учитывать влияние следующих факторов:

- свойств перлитового сырья, характерных для каждого отдельного месторождения;
- фракционного состава сырья, поступающего на вспучивание;
- условий вспучивания, которые зависят от режимов термообработки и типа теплового агрегата, используемого для термообработки перлитового сырья.

НИИСМИ на протяжении многих лет проводились исследования и изучались технологические свойства перлитового сырья различных месторождений бывшего СССР и других стран Европы, Азии и Америки. На основе проведенных исследований разработана усовершенствованная двухстадийная технология, которая является универсальной для различных видов сырья, независимо от его генетического возраста [4], и, как результат, для практической реализации этой технологии создано эффективное технологическое оборудование.

Технологические разработки по двухстадийной технологии термообработки перлитового сырья были проведены в двух направлениях (рис. 1, 2):

- получение вспученного перлита с последующим оплавлением зерен;
- получение вспученного перлита, зерна которого



*Рис. 1. Усовершенствованная двух-стадийная перлитовая установка, включающая печь термоподготовки кипящего слоя и шахтную печь вспучивания*

за счет регулируемого процесса термоподготовки и вспучивания имеют преимущественно замкнуто-пористую структуру.

*Двухстадийная технология производства вспученного перлитового песка*

Реализация первого направления технологии – получение вспученного перлитового песка с оплавленной поверхностью зерен осуществлена на установке с конической печью вспучивания ПТВ [5], в которой термоподготовка узкофракционированного перлитового сырья, его вспучивание и оплавление вспученных частиц происходит в одном тепловом агрегате. По второму направлению НИИСМИ разработана универсальная 2-стадийная технология термообработки перлитового сырья различных узких фракций [3, 4], включающая для предварительной подготовки сырья отдельный тепловой агрегат – печь кипящего слоя.

Особенностью разработанных технологий является комплексная подготовка сырья перед вспучиванием, что включает предварительную термоподготовку сырья в сочетании с его узким фракционированием.

Предварительная термоподготовка позволяет регулировать свойства сырья за счет изменения количества структурной воды (парообразователя) и в результате последующего вспучивания получить перлит требуемой пористой структуры и с необходимыми качественными показателями.

В таблице 2 представлены характеристики вспученного перлитового песка, полученного из перлита различных месторождений Украины, Армении, Венгрии, Греции по усовершенствованной двухстадийной технологии НИИСМИ на промышленных линиях Калиновского завода «Будперлит» (Киевская область) и Броварского ЗСК (Киевская область). Результаты термообработки перлитов различных месторождений показывают явное преимущество двухстадийной термообработки узкофракционированного перлитового сырья по сравнению с одностадийным процессом. Вспученный перлит, полученный по усовершенствованной двухстадийной технологии по сравнению с материалом, полученным по рядовой одностадийной технологии, характеризу-



*Рис. 2. Мобильная перлитовая установка, включающая коническую печь вспучивания*

ется уменьшенным в 2–3 раза водопоглощением и увеличенной в 2–2,5 раза прочностью (0,15–0,45 МПа) и является наиболее эффективным для использования его в качестве заполнителя в легких бетонах, композиционных материалах и растворах различного назначения (штукатурных, кладочных и др.)

Необходимо отметить, что при производстве вспученного перлитового песка, отвечающего требованиям к заполнителю для легких бетонов, необходимо:

- применять индивидуальные технологические решения и соответствующее для их реализации технологическое оборудование, которые учитывают характерные свойства перлита каждого отдельного месторождения;
- исходный фракционный состав сырья, поступающего на вспучивание, должен быть в следующих требуемых пределах:
  - фракции сырья 0,63...2,5 мм и 1,25...2,5 мм – для получения заполнителя лёгких бетонов;
  - фракция сырья 0,16-0,63 мм – для производства сухих смесей.

Производство вспученного перлита улучшенного качества дает возможность расширить применение его в различных отраслях, но особенно в строительстве [3]. Основное назначение перлита в стройиндустрии – это использование в конструкциях жилых, общественных и промышленных зданиях, для утепления наружных стен, крыш, перекрытий, полов.

На основе украинского перлитового сырья НИИСМИ разработаны и внедрены в промышленность эффективные технологии получения различных материалов и изделий:

- технология производства мелкоштучных перлитобетонных изделий методом вибропрессования [6] (плотность 500–700 кг/м<sup>3</sup>, прочность на сжатие 1,0–3,5 МПа, теплопроводность 0,11–0,14 Вт/м.К). Назначение – для ограждающих конструкций жилых, гражданских и промышленных зданий (производятся ЗАО «Броварской ЗСК»);

- эффективные сухие штукатурные смеси на основе вспученного перлитового песка [6] – гипсоперлитовые (насыпная плотность 400–900 кг/м<sup>3</sup>, теплопроводность 0,08–0,20 Вт/м.К) и цементно-

перлитовые (насыпная плотность 700–900 кг/м<sup>3</sup>, теплопроводность 0,18–0,20 Вт/м.К);

- технология получения вспученных перлитовых порошков, которые предназначены для использования в качестве облегчающей добавки для тампонажных цементов.

- технология получения вспученного перлитового песка на мобильной установке [5], для засыпной изоляции в криогенной технике и для производства сухих смесей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. ДСТУ Б В.2.7-157:2011 (ГОСТ 10832-2009) «Песок и щебень перлитовые вспученные. Технические условия».
2. Алексеева Л.В. Особенности предварительной термоподготовки перлитового сырья Береговского месторождения при производстве мелкого перлитового заполнителя для легких бетонов // Строительные

материалы, изделия и санитарная техника. – Выпуск 14. – 1991. – К.: Будивельник

3. Алексеева Л.В. Рекомендации по совершенствованию производства вспученного перлита из сырья месторождения Украины и комплексному применению его в строительстве. – Киев, НИИСМИ, 1995.

4. Алексеева Л.В. Технологические особенности производства вспученного перлита из сырья различных месторождений // Строительные материалы и изделия. – 2005. – № 6. – С. 25–29.

5. Алексеева Л.В., Чмель В.Н., Новикова И.П. Мобильная установка «МПУ-5» для производства вспученного перлитового песка // Строительные материалы. – 2008. – №6. – С. 43–45.

6. Нагиевский С.Ю. Перлит в современных бетонах, сухих строительных смесях и теплоизоляционных изделиях // Строительные материалы. – 2006. – №6. – С. 78–82.

УДК 691.327

Безсмертний М.П., канд. техн. наук, професор;

Якуш Є.Ю., асистент кафедри будівельних матеріалів, Київський національний університет будівництва та архітектури, м. Київ

## ВПЛИВ КОМПЛЕКСНОЇ ДОБАВКИ НА ВОГNETРИВКІСТЬ І ТЕМПЕРАТУРУ ДЕФОРМАЦІЇ ПІД НАВАНТАЖЕННЯМ У ЖАРОСТІЙКИХ БЕТОНАХ НА ОСНОВІ МОДИФІКОВАНОГО В'ЯЖУЧОГО

При сучасних темпах будівництва і ремонту теплових агрегатів необхідне їх швидке впровадження в експлуатацію. У зв'язку з цим найбільш перспективними для виготовлення жаростійкого бетону є в'язучі з швидкими строками твердіння. До таких в'язучих можна віднести глиноземистий, високоглиноземистий цемент.

Бетони на глиноземистому цементі застосовують при температурах експлуатації до 1450 °С, а бетони на високоглиноземистому цементі – до 1700 °С. Ці цементи найбільш часто застосовують з алюмосилікатними заповнювачами, так як хімічний і мінералогічний склад глиноземистого цементу близький до широко розповсюджених заповнювачів з алюмосилікатних матеріалів.

Крім виготовлення жаростійких бетонів у виробництво також впроваджується виготовлення сухих жаростійких сумішей, що призначені для виготовлення жаростійких бетонів безпосередньо на місці використання. Пропонуються використання сухих сумішей на основі глиноземистого і високоглиноземистого цементу. Вогнетривкість таких бетонів сягає 1300...1800 °С для бетонів на основі глиноземистого і високоглиноземистого цементів.

Глиноземистий цемент, який застосовується для футерівки пічних агрегатів, повинен мати підвищену міцність як у початковій строки тужавлення, так і в наступний період експлуатації при підвищених температурах.

Глиноземистий цемент при високій температурі працює як керамічна зв'язка, його витрати на 1 м<sup>3</sup> бетону змінюються в залежності від температури експлуатації споруди і складу бетону.

Збільшення витрати в'язучого обумовлює підвищену міцність бетону в збиток вогнетривкості і навпаки.

Жаростійкі бетони на основі глиноземистого цементу відрізняються великою стійкістю до високих температур на відміну від бетонів на інших жаростійких в'язучих. Але одночасно з цим вони мають низьку термічну стійкість. Тому для покращення термічної стійкості необхідно вводити добавки. У даній роботі досліджується вплив комплексної добавки, що складається з метакаоліну і пилу виробництва марганцевих феросплавів на термічну стійкість, вогнетривкість і температуру деформації під навантаженням. За цими показниками можна зробити висновок про гранично допустиму температуру застосування та області використання отриманих жаростійких бетонів.

На кафедрі будівельних матеріалів Київського національного університету будівництва та архітектури було проведено дослідження по визначенню впливу

Таблиця 1

Термічна стійкість жаростійких бетонів

№ складів бетонів	Витрати компонентів на 1 м <sup>3</sup> , кг					Термічна стійкість водних тепломінів
	Глиноземистий цемент	Метакаолін	Пил	Шамот		
				фр. 1...3	фр. 3...6	
1	350	0	0	630	420	10
2	315	17,5	17,5	630	420	25
3	297,5	35	17,5	630	420	24
4	280	52,5	17,5	630	420	19
5	280	35	35	630	420	15