

Оценка потребительских характеристик изделий из высоконаполненного полимерно-минерального композиционного материала на основе поливинилхлорида и отходов ТЭС

*Аспирант В.В. Барахтенко,
Иркутский государственный технический университет*

Аннотация. В статье рассмотрен комплекс эксплуатационных свойств высоконаполненного золой уноса полимерно-минерального композита на основе поливинилхлорида, влияющих на долговечность строительных изделий наружного применения.

Представлены результаты исследований по определению коэффициентов теплового расширения полимерно-минерального композита на основе поливинилхлорида, наполненного золой уноса ТЭС. Также были проведены ускоренные климатические испытания и исследование устойчивости образцов к воздействию ультрафиолетового излучения с целью прогнозирования срока службы изделий из данного материала. Выявлено влияние слоистой структуры, технологических параметров производства и количества наполнителя на коэффициенты термического сжатия – расширения материала, т. е. уменьшение размеров материала по длине и ширине и увеличение в толщину, при изменении температуры от 40 до 80 °С.

Установлено, что применение отходов теплоэнергетики, а именно золы уноса ТЭС в качестве наполнителя в поливинилхлоридной композиции, не только усиливает механические характеристики материала, но и положительно влияет на совокупность свойств, от которых напрямую зависит срок службы изделий из полимерно-минерального композита.

Ключевые слова: полимерные композиционные материалы; наполнитель; долговечность; зола уноса; коэффициент теплового расширения; климатические испытания; поливинилхлорид

Введение

Исследование связанных с климатическими изменениями эксплуатационных свойств полимерных строительных материалов, используемых для наружного применения, является наиболее важным для оценки их срока службы. Среди характеристик полимерных композиционных материалов, влияющих на долговечность изделий, выделяются коэффициент линейного температурного расширения, устойчивость к воздействию ультрафиолетового излучения, морозостойкость и водопоглощение.

Объектом исследования работы является жесткий полимерно-минеральный композит (ПМК) на основе поливинилхлорида. В качестве наполнителя использовались минеральные отходы – зола уноса ТЭС-9 г. Ангарска Иркутской области (40 % или 80 массовых частей наполнителя на 100 массовых частей ПВХ), представляющая собой тонкодисперсный порошок с широким распределением частиц сферической формы по размерам (диаметр сфер от 2 до 50 микрометров). Технология производства исследуемых материалов – экструзия [1–5]. Золой уноса уже давно широко используются в дорожном строительстве, в асфальто- и цементобетонах, при стабилизации грунтов, в качестве самостоятельного вяжущего [6, 7, 8, 9].

Обзор литературы

Обратимый процесс теплового расширения – сжатия – значимая эксплуатационная характеристика строительных изделий, особенно для материалов, используемых снаружи помещений и подверженных нагреванию солнечными лучами. Это в значительной степени касается полимерных композитов, изделия из которых применяются в качестве настилов (террасная доска, садовая плита), облицовки (сайдинг, фасадные панели), а также кровли зданий (черепица, коньковые элементы) [10, 11].

Величина коэффициентов термического расширения – сжатия, т. е. относительное изменение размеров образца к единице температурной шкалы, представляет интерес для производителей строительных изделий из полимерных материалов, т. к. данный показатель у пластмасс в 6–9 раз выше, чем у металлов. Разница в тепловом расширении может негативно сказываться на контактирующих материалах, приводя к развитию внутренних напряжений и разрушению конструкции.

Барахтенко В.В. Оценка потребительских характеристик изделий из высоконаполненного полимерно-минерального композиционного материала на основе поливинилхлорида и отходов ТЭС

Решением проблемы повышения устойчивости к климатическим воздействиям, в частности снижения коэффициента теплового расширения, в полимерных материалах может в полной мере стать введение большого количества минерального наполнителя в композицию [10, 12].

Большое значение имеет то, что возникающие изменения (выкрашивание, выветривание, деформации) являются следствием совместного воздействия вышеуказанных факторов, поэтому неправильно изучать только воздействие ультрафиолетового излучения на материал [13, 14, 15]. Проведенные климатические испытания и определение коэффициентов термического растяжения – сжатия позволяют выявить соответствие материала требованиям к профильно-погонажным изделиям строительного назначения с учетом оценки долговечности в условиях климатических воздействий. Также ранее установлено, что исследуемый высоконаполненный золой уноса ПМК имеет очень низкое водопоглощение (0,2 %), а также улучшенные физико-механические характеристики по сравнению с древесно-полимерным композитом [4, 5].

В проанализированной литературе в недостаточной степени изучен вопрос влияния наполнителя в полимерном материале на комплекс свойств (устойчивость к ультрафиолетовому излучению, температурное сжатие – расширение, стойкость к климатическим воздействиям), напрямую связанный с оценкой долговечности композита.

Целью работы является анализ срока службы строительных изделий для наружного применения из полимерно-минерального композиционного материала, наполненного золой уноса тепловых электростанций.

Задачей данной статьи является изучение характеристик, влияющих на долговечность и эксплуатационные качества полимерно-минерального композита: устойчивость к климатическим воздействиям, к ультрафиолетовому излучению, коэффициент теплового расширения – сжатия.

Результаты исследований

Испытывались террасные доски из ПМК, определение коэффициентов линейного теплового расширения проводилось по ГОСТ 15173 «Пластмассы. Метод определения среднего коэффициента линейного теплового расширения» в Научно-исследовательском центре «Древесно-полимерные композиты», Москва.

Данный метод предусматривает определение линейного теплового расширения материала, связанного с изменением размеров образца, при нагреве в установленном интервале температур от +40 до +80 °С. Средний коэффициент линейного теплового расширения характеризует относительное приращение длины, ширины или толщины образца, вызванное повышением его температуры от нижней до верхней границы интервала, отнесенное к величине этого интервала.

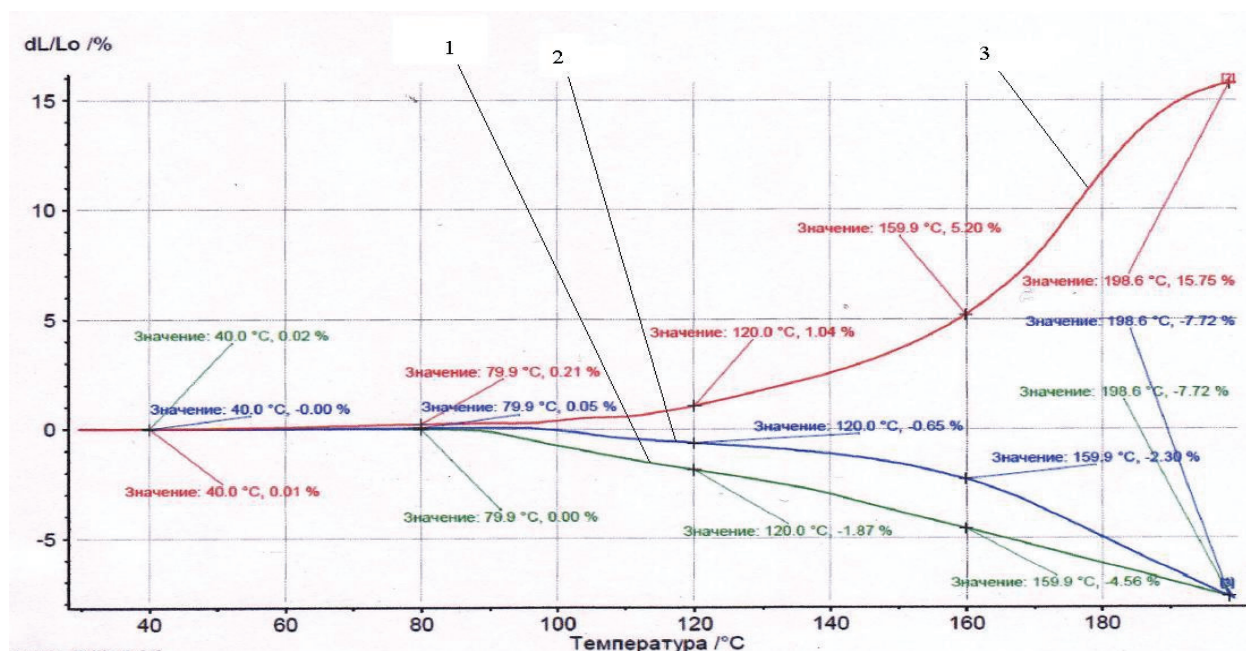


Рисунок 1. Зависимость относительного изменения линейного размера тела от температуры образцов террасной доски: 1 – по длине; 2 – по ширине; 3 – по толщине

В таблице 1 указаны значения коэффициентов линейного термического расширения исследуемых образцов ПМК.

Таблица 1. Значения коэффициентов линейного термического расширения

№	Температура, °С	По толщине	По длине	По ширине
1	80 °С	$\alpha = 5,25 \times 10^{-5} \times \text{°C}^{-1}$	$\alpha = 0$	$\alpha = 1,25 \times 10^{-5} \times \text{°C}^{-1}$
2	120 °С	$\alpha = 1,3 \times 10^{-4} \times \text{°C}^{-1}$	$\alpha = -3,12 \times 10^{-4} \times \text{°C}^{-1}$	$\alpha = -8,13 \times 10^{-5} \times \text{°C}^{-1}$
3	160 °С	$\alpha = 4,33 \times 10^{-4} \times \text{°C}^{-1}$	$\alpha = -3,8 \times 10^{-4} \times \text{°C}^{-1}$	$\alpha = -1,92 \times 10^{-4} \times \text{°C}^{-1}$

Выявлено, что террасная доска из наполненного золой уноса поливинилхлорида в диапазоне температур от +40 до +80 °С не изменяет своей длины, т. е. имеет нулевой коэффициент температурного расширения в этом направлении, что является оптимальным показателем для полимерных строительных изделий. Например, для аналога исследуемого материала, древесно-полимерного композита, этот показатель составляет от $3,5 \times 10^{-5} \times \text{°C}^{-1}$ до $4,5 \times 10^{-5} \times \text{°C}^{-1}$ [10]. При эксплуатации в жаркую погоду даже при прямых солнечных лучах настилы из ПМК не будут увеличиваться в длину, при этом не будут возникать внутренние напряжения закрепленных шурупами или гвоздями досок в настиле при постоянном расширении – сжатии, что исключит «коробление», изменение геометрии, деформации и преждевременное разрушение материалов.

Также в этом диапазоне температур отмечается незначительное увеличение размеров изделий из ПМК в ширину и толщину на 0,05 и 0,21 % соответственно.

В частности, при нагревании свыше 80 °С размер образцов в двух направлениях (по длине и ширине) уменьшается, что говорит о преобладании других процессов над термическим расширением, например деформаций, обусловленных испарением летучих веществ, химическими процессами деструкции и релаксацией внутренних напряжений под действием температуры, либо это может объясняться особенностями структуры ПМК с высоким наполнением.

Только при повышении температуры более 100 °С наблюдается некоторое изменение размеров материала во всех направлениях, как в сторону увеличения (по толщине 1,04 %), так и в сторону уменьшения (по длине 1,87 %, по ширине 0,65 %), однако при обычных условиях эксплуатации настилы из полимерно-минеральных композиционных материалов не будут подвергаться столь сильному нагреванию.

Полученные данные будут использоваться для расчета величины деформации напольных покрытий при монтаже во время нагревания, например, солнечными лучами, и для определения необходимых зазоров между досками во избежание коробления напольных покрытий [16].

Ранее проведенные исследования микрофотографий полимерно-минерального материала на основе поливинилхлорида, наполненного золой уноса, показали, что при увеличении количества наполнителя с 25 до 40 % (с 40 до 80 массовых частей на 100 поливинилхлорида) заметно изменяется структура материала. Монолитная структура с плотным обволакиванием частиц наполнителя с небольшим количеством хорошо различимых пустот (материал с 25 %-м наполнением золой уноса, рисунок 2) формируется вследствие действия вспенивающего агента. Слоисто-чешуйчатая структура композита (материалы с 40%-м наполнением золой уноса, рисунок 3) образуется в результате значительного увеличения количества наполнителя и измененных вследствие этого технологических режимов производства и процессов формирования полимерного материала [2].

Отрицательный коэффициент термического расширения исследуемого полимерно-минерального композита можно объяснить слоистой структурой. Так как технологией изготовления материала является экструзия, то структурные слои материала располагаются по длине профиля, и при нагревании материал будет увеличиваться в большей степени послойно, т. е. в толщину. Частицы золы в матрице при нагревании будут обладать большим притяжением, чем при обычных условиях, соответственно, образцы будут уменьшаться в размерах по длине и ширине в пользу толщины.

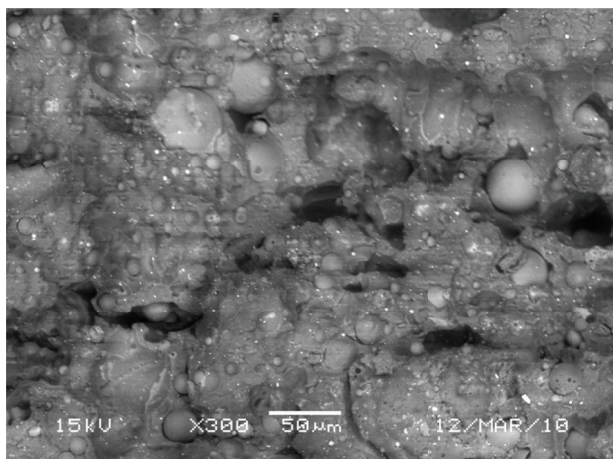


Рисунок 2. Материал с 25 % наполнителя (увеличение 300x)

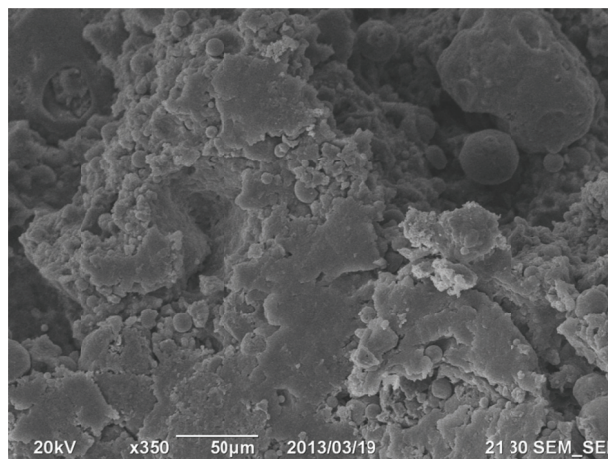


Рисунок 3. Материал с 40 % наполнителя (увеличение 350x)

Таким образом, анизотропия термического расширения, как показали наши исследования, объясняется изменением структуры материала при высоких содержаниях минерального наполнителя в композиции. Слоистость структуры объясняет и повышенные прочностные характеристики изделий из разработанного материала с высоким наполнением золой уноса, так как известно, что многослойные горные породы, например, всегда прочнее, чем породы другой структуры [17, 18, 19, 20].

С целью прогнозирования срока службы террасной доски из ПМК (описание см. выше) проводились климатические испытания путем оценки изменения декоративных свойств и потери прочности при статическом изгибе после 20 циклов ускоренных испытаний.

Испытание проводились в Научно-исследовательском центре «Древесно-полимерные композиты», Москва, в соответствии с ГОСТ 30973. Дополнительно были определены изменение массы, толщины стенок и потеря прочности при статическом изгибе образцов после проведения испытаний.

Оценка внешнего вида образцов в процессе испытаний проводилась в соответствии с ГОСТ 9.407 «ЕСЗКС. Покрyтия лакокрасочные. Метод оценки внешнего вида».

Процедура проведения испытаний на стойкость покрытий в условиях умеренно-холодного климата состоит из последовательного перемещения образцов покрытий из одного аппарата в другой, в соответствии с заданным режимом испытаний.

Последовательность перемещения образцов в аппаратах и режимы ускоренных климатических испытаний приведены в таблице 2.

Таблица 2. Последовательность перемещения образцов

Время	Вид обработки	Продолжительность, ч	Температура, °С	Примечание
9.00–10.00	Выдержка в емкости с раствором соли (NaCl)	1	22 ± 2	Концентрация раствора NaCl 3 %
После выдержки образец промыть водой, поверхность промокнуть фильтровальной бумагой и сразу поместить в морозильную камеру				
10.00–15.00	Замораживание	5	–30	
Через 5 часов образцы извлечь из морозильной камеры и поместить в емкость с водой				
15.00–16.00	Выдержка в воде	1	22 ± 2	
После окончания выдержки в воде промокнуть фильтровальной бумагой и поместить в термощкаф				
16.00–9.00	Нагрев в термощкафу	17	60 ± 2	При наличии в шкафу вентиляционных отверстий они должны быть закрыты

Результаты ускоренных климатических испытаний террасной доски из ПМК представлены в таблице 3.

Барахтенко В.В. Оценка потребительских характеристик изделий из высоконаполненного полимерно-минерального композиционного материала на основе поливинилхлорида и отходов ТЭС

Таблица 3. Результаты климатических испытаний

Показатель	Образец ПМК			
Исходные данные				
Цвет	терракот			
	1	2	3	4
Предел прочности при статическом изгибе, МПа	51,9	52	52,2	51,8
	Среднее значение			52
Конечные данные				
Количество циклов – 20	Режим испытаний – таблица 2			
Цвет	Ц1, незначительное посветление		(ΔE=1,7)	
Блеск	Б1 Блеск без изменений			
Декоративные свойства	АД1			
	1	2	3	4
Предел прочности при статическом изгибе, МПа	51,4	50,1	49,3	51
	Среднее значение			50,45
Потеря прочности при статическом изгибе, %	3,09			
Изменение массы образца, %	Увеличение на 0,14 %			
Изменение геометрических размеров профиля, %	длина, %	ширина, %	толщина, %	
	0,055	-0,1	0,065	

Образец террасной доски из полимерно-минерального композиционного материала в условиях открытой промышленной атмосферы умеренно-холодного климата (УХЛ 1) сохраняет свои декоративные свойства до балла АД1 (обобщенная оценка внешнего вида по комплексу изменений декоративных свойств покрытий), то есть остается полностью без изменений в течение 2 лет.

Прогнозируемый срок службы без существенной потери прочности при изгибе (менее 5 %) – более 10 лет. Однако оценка этого срока службы ограничена методикой исследования, при более длительных испытаниях возможен более полный и точный анализ долговечности полимерно-минерального материала. Прогноз долговечности для композитной террасной доски при использовании вне помещений, т. е. в открытом климате, составляет от 4–24 месяцев до 20 лет [10], таким образом, исследуемый материал имеет достаточно длительный срок эксплуатации.

Ультрафиолетовое излучение, наряду с такими факторами как температура и влажность, оказывает значительное влияние на промышленные изделия, в особенности на строительные материалы из полимерных композитов. Комплексное влияние этих факторов приводит к существенным изменениям поверхности изделий: выкрашиванию (поверхностному разрушению с выпадением частиц), обесцвечиванию, повышенной хрупкости, растрескиванию и др. Все это приводит к снижению долговечности и сокращению срока службы полимерных композитов [21, 22, 23, 24].

Определение устойчивости образцов к воздействию ультрафиолетового излучения (потеря цвета, «выветривание») проводилось в соответствии с методами определения условной светостойкости ГОСТ 21903. Оценка образцов производилась согласно ГОСТ 9.407-84 (визуально) и ГОСТ Р 52490-2005.

Результаты исследований представлены в таблице 4.

Таблица 4. Устойчивость террасной доски к воздействию УФ-облучения

Исходные данные	
Цвет	терракот
Изменение цвета/блеска:	
Количество часов	Результаты осмотра
24 ч	Ц1; Цвет визуально без изменений ($\Delta E = 1,38$). Блеск без изменений
240 ч	Ц2; Потемнение пятнами по всей поверхности. Измерение показателя ΔE в нескольких точках $\Delta E = 3,72-5,4$. Б2 незначительное изменение блеска (20–40 %);
500 ч	Ц2–Ц3 потемнение пятнами по всей поверхности. Цвет образца от светло-коричневого до темно-коричневого. Измерение показателя ΔE в нескольких точках $\Delta E = 3,5 - 7,06$. Б3 значительное изменение блеска (40–60 %);

На рисунке 4 представлено фото изменения внешнего вида образца после 500 часов экспонирования.

**Рисунок 4. Изменение внешнего вида террасной доски ПМК**

В правом верхнем углу рисунка первоначальный цвет доски («терракот») из полимерно-минерального композита.

При экспонировании в испытательной световой камере Suntest XLS в течение 24 часов внешний вид материала остался без изменений, показатель полного цветового различия $\Delta E = 1,38$, блеск прежний. После 240 часов выдерживания появилось незначительное потемнение образца участками, показатель полного цветового различия которых составил $\Delta E = 3,72-5,4$, а также незначительное изменение блеска.

После экспонирования в течение 500 часов в световой камере у образца террасной доски наблюдается незначительное изменение цвета ($\Delta E = 3,5-7,06$) и снижение блеска, однако на экспонируемой поверхности не обнаружено признаков разрушения материала основы (выветривания, выкрашивания поверхности). Поэтому образец террасной доски из полимерно-минерального композиционного материала считается в полной мере выдержавшим испытание согласно нормативным показателям НИЦ «ДПК» для настилов из композитных досок.

Выводы

В результате исследований по определению коэффициентов теплового расширения установлено, что образцы террасной доски из полимерно-минерального композита на основе поливинилхлорида и золы ТЭС в качестве наполнителя не изменяли своей длины при увеличении температуры с +40 до +80 °С, наблюдалось лишь незначительное увеличение в толщину и ширину образцов. Следовательно, при эксплуатации испытываемого материала вне помещений, с постоянным перепадом температур, в условиях, когда материал будет нагреваться до +60 °С и выше при попадании прямых солнечных лучей, не произойдет деформаций, изменения геометрии и преждевременного разрушения. Выявлено влияние слоистой структуры, технологических Барактенко В.В. Оценка потребительских характеристик изделий из высоконаполненного полимерно-минерального композиционного материала на основе поливинилхлорида и отходов ТЭС

параметров производства и количества наполнителя на коэффициенты термического сжатия – расширения материала, т. е. уменьшение размеров материала по длине и ширине и увеличение в толщину при изменении температуры от +40 до +80 °С.

Ускоренные климатические испытания показали, что образцы полимерно-минерального материала в условиях открытой промышленной атмосферы умеренно-холодного климата сохраняют свои декоративные свойства полностью без изменений в течение 2 лет. Прогнозируемый срок службы без значительной потери предела прочности при статическом изгибе составляет более 10 лет.

Полимерно-минеральный композит выдержал испытания устойчивости образцов к воздействию ультрафиолетового излучения и соответствует требованиям к профильно-погонажным изделиям строительного назначения с учетом оценки данного показателя.

Таким образом, применение отходов теплоэнергетики, а именно золы уноса ТЭЦ, в качестве наполнителя в поливинилхлоридной композиции не только усиливает механические характеристики материала, но и положительно влияет на комплекс свойств, от которых напрямую зависит срок службы изделий из полимерно-минерального композита.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Минобрнауки РФ (государственное задание образовательным организациям высшего образования, проект 1118).

Литература

1. Костюкова Е.О., Зелинская Е.В., Барахтенко В.В., Шутов Ф.А. Технология получения инновационного строительного материала - «пористой искусственной древесины» («винизол») в иркутском регионе // Современные наукоемкие технологии. 2010. №8. С. 162–165.
2. Костюкова Е.О., Зелинская Е.В., Барахтенко В.В., Бурдонов А.Е., Малевская Н.А., Шутов Ф.А. Вторичное использование промышленных отходов поливинилхлорида в качестве сырья для получения нового строительного материала в иркутском регионе // Промышленное производство и использование эластомеров. 2010. №2. С. 30–36.
3. Зелинская Е.В., Толмачева Н.А., Барахтенко В.В., Бурдонов А.Е., Головнина А.В. К вопросу рециклинга золы уноса теплоэлектростанций [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. 2011. №6. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: www.science-education.ru/100-5017 (дата обращения: 01.04.14)
4. Бурдонов А.Е., Барахтенко В.В., Зелинская Е.В., Сутурина Е.О., Бурдонова А.В., Головнина А.В. Физико-механические характеристики композиционных материалов на основе отходов производства с различными рецептурами // Инженерно-строительный журнал. 2012. №9(35). С. 14–22.
5. Барахтенко В.В., Бурдонов А.Е., Зелинская Е.В., Толмачева Н.А., Головнина А.В., Самороков В.Э. Исследование свойств современных строительных материалов на основе промышленных отходов // Фундаментальные исследования. 2013. №10-12. С. 2599–2603.
6. Ватин Н.И., Петросов Д.В., Калачев А.И., Лахтинен П. Применение зол и золошлаковых отходов в строительстве // Инженерно-строительный журнал. 2011. №4. С. 16–21.
7. Энтин З.Б., Стржалковская Н. Еще раз о золах-уноса ТЭС // Цемент и его применение. 2009. №2. С. 106–111.
8. Панибратов Ю.П., Староверов В.Д. К вопросу применения зол ТЭС в бетонах // Технологии бетонов. 2011. №1-2. С. 43–47.
9. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. Строительные материалы из отходов промышленности: учебно-справочное пособие. Ростов-на-Дону: Феникс, 2007. 363 с.
10. Клёсов А.А. Древесно-полимерные композиты. СПб: Научные основы и технологии, 2010. 736 с.
11. Гроссман Ф. Руководство по разработке композиций на основе ПВХ. М.: Издательство: Научные основы и технологии, 2009. 608 с.
12. Берлин А.А. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология: учеб. пособие. СПб.: Профессия, 2009. 560 с.

Барахтенко В.В. Оценка потребительских характеристик изделий из высоконаполненного полимерно-минерального композиционного материала на основе поливинилхлорида и отходов ТЭС

13. Mousa A., Al-Robaidi A., Halim N.A. Rheological and mechanical properties of clay-thermoplastic elastomers derived from pvc and nbr // Polymer - Plastics Technology and Engineering. 2006. Vol. 45. No.4. Pp. 513–518.
14. Grisa A.M.C., Simioni T., Cardoso V., Zeni M., Brandalise R.N., Zoppas B.C.D.A. Biological degradation of pvc in landfill and microbiological evaluation // Polimeros. 2011. Vol. 21. No. 3. Pp. 210–216.
15. Kim S.H., Kwak S.Y., Suzuki T. Photocatalytic degradation of flexible PVC/TiO₂ nanohybrid as an eco-friendly alternative to the current waste landfill and dioxin-emitting incineration of post-use PVC // Polymer. 2006. Vol. 47. No. 9. Pp. 3005–3016.
16. Fabiyi J.S., McDonald A.G. Effect of wood species on property and weathering performance of wood plastic composites // Composites Part A: Applied Science and Manufacturing. 2010. Vol. 41. No. 10. Pp. 1434–1440.
17. Серенко О.А., Баженов С.Л., Насруллаев И.Н., Берлин А.А. Влияние размера частиц на форму образующихся дефектов в дисперснонаполненном композите // Высокомолекулярные соединения. 2005. Т. 47. №1. С. 64–72.
18. Cheng Q., Wang J., Muszynski L., Shaler S. Microstructural changes in wood plastic composites due to wetting and re-drying evaluated by X-ray microtomography // Journal of Nondestructive Evaluation. 2010. Vol. 29. No. 4. Pp. 207–213.
19. Tsivadze A.Yu., Fridman A.Ya., Voloshchuk A.M., Morozova E.M., Sokolova N.P., Bardyshev I.I., Gorbunov A.M., Petukhova G.A., Polyakova I.Ya., Shapokhina O.P. Cellulose fabric covered with a pvc coating filled with active carbon and a porous semiconductor layer with conductivity depending on adsorption coverage and salvation // Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces. 2013. Vol. 49. No. 5. Pp. 554–558.
20. Bakraji E.H., Salman N. Properties of wood-plastic composites: effect of inorganic additives // Radiation Physics and Chemistry. 2003. Vol. 66. No. 1. Pp. 49–53.
21. Muasher M., Sain M. The efficacy of photostabilizers on the color change of wood filled plastic composites // Polymer Degradation and Stability. 2006. Vol. 91. No.5. Pp. 1156–1165.
22. Meguid S.A., Attia M.S., Monfort A. On the crush behaviour of ultralight foam-filled structures // Materials and Design. 2004. Vol. 25. No.3. Pp. 183–189.
23. Ito M., Nagai K. Degradation behavior and application of recycled pvc sheet made of floor sheet for railway vehicle // Polymer Degradation and Stability. 2007. Vol. 92. No.9. Pp. 1692–1699.
24. Ito H., Hattori H., Okamoto T., Takatani M., Endo T., Lee S.-H., Fuji M., Teramoto Y., Ago M., Imanishi Y. Effect of fibrillation on the performance of wood-plastic composites with high filler content // Sen'i Gakkaishi. 2011. Vol. 67. No.1. Pp. 1–7.

Вячеслав Валерьевич Барахтенко, г. Иркутск, Россия
Тел. моб.: +7(914)003-29-47; эл. почта: antivsyu@yandex.ru

© Барахтенко В.В., 2014

doi: 10.5862/MCE.47.2

Estimating consumer product characteristics of highly filled polymer-mineral composite material based on polyvinyl chloride and waste TPP

V.V. Barakhtenko*Irkutsk State Technical University, Irkutsk, Russia
+79140032947; e-mail: antivsyo@yandex.ru*

Key words

polymer composite materials; filler; durability; fly ash; thermal expansion coefficient; climatic tests; polyvinyl chloride

Abstract

The article describes the performance properties of highly filled polymer-fly ash mineral composite based on polyvinyl chloride which affect the durability of construction outdoor products.

The article presents the results of studies to determine the coefficients of thermal expansion of polymer-based composite mineral, filled with PVC TPP fly ash, to accelerate climatic tests, sample stability to UV radiation. The purpose of this is to predict the service life of products made from this material. We came to conclusions that the layered structure, technological parameters of production and the amount of filler affect the coefficients of thermal contraction - expansion of the material, i.e. material shrinkage along the length and width and increase in thickness at the temperature changes from 40 to 80 °.

It was found that the use of heat energy waste, namely, fly ash CHP as a filler in PVC compositions, not only enhances the mechanical properties of the material, but also improves the set of properties which affect the service life of polymer- mineral composite products.

References

1. Kostyukova E.O., Zelinskaya E.V., Barakhtenko V.V., Shutov F.A. Tekhnologiya polucheniya innovatsionnogo stroitel'nogo materiala – «poristoy iskusstvennoy drevesiny» («vinizol») v irkutskom regione [Innovative technology for producing building materials – "porous synthetic wood" ("Vinizol") in the Irkutsk region]. *Modern high technologies*. 2010. No. 8. Pp. 162–165. (rus)
2. Kostyukova E.O., Zelinskaya E.V., Barakhtenko V.V., Burdonov A.E., Malevskaya N.A., Shutov F.A. Vtorichnoye ispolzovaniye promyshlennykh otkhodov polivinilkhlorida v kachestve syrya dlya polucheniya novogo stroitel'nogo materiala v irkutskom regione [Reuse of industrial waste PVC as raw material for new construction material in the Irkutsk region]. *Industrial production and use of elastomers*. 2010. No. 2. Pp. 30–36. (rus)
3. Zelinskaya E.V., Tolmacheva N.A., Barakhtenko V.V., Burdonov A.E., Golovina A.V. K voprosu retsiklinga zoly unosa teploelektrostantsiy [On the issue of recycling of fly ash of thermal power plants]. *Modern problems of science and education*. 2011. No. 6. Pp. 281. [Online]. System requirements: AdobeAcrobatReader. URL: www.science-education.ru/100-5017 (accessed: April 1, 2014). (rus)
4. Burdonov A.E., Barakhtenko V.V., Zelinskaya E.V., Suturina E.O., Burdonova A.V., Golovina A.V. Fiziko-mekhanicheskiye kharakteristiki kompozitsionnykh materialov na osnove otkhodov proizvodstva s razlichnymi retsepturami [Physical and mechanical properties of composite materials based on waste products with different formulations]. *Magazine of Civil Engineering*. 2012. No. 9(35). Pp. 14–22. (rus)
5. Barakhtenko V.V., Burdonov A.E., Zelinskaya E.V., Tolmacheva N.A., Golovina A.V., Samorokov V.E. Issledovaniye svoystv sovremennykh stroitel'nykh materialov na osnove promyshlennykh otkhodov [Investigation of the properties of modern building materials based on industrial waste]. *Fundamental research*. 2013. No. 10–12. Pp. 2599–2603. (rus)
6. Batting N.I., Petrosov D.V., Kalachev A.I., Lahtinen P. Primneniye zol i zoloshlakovykh otkhodov v stroitel'stve [Application fly ash and waste in construction]. *Magazine of Civil Engineering*. 2011. No. 4. Pp. 16–21. (rus)
7. Entin Z.B., Strzhalkovskaya N. Yeshche raz o zolakh-unosa TES [Once again on the ash ash TPP]. *Cement and its Applications*. 2009. No. 2. Pp. 106–111. (rus)
8. Panibratov Y.P., Staroverov V.D. K voprosu primneniya zol TES v betonakh [On the question of the application in concrete TPP ash]. *Concrete technologies*. 2011. No. 1–2. Pp. 43–47. (rus)

Barakhtenko V.V. Estimating consumer product characteristics of highly filled polymer-mineral composite material based on polyvinyl chloride and waste TPP

9. Dvorkin L.I., Dvorkin O.L. *Stroitelnyye materialy iz otkhodov promyshlennosti: uchebno-spravochnoye posobiye* [Building materials from the waste industry: Training manual]. Rostov-on-Don: Feniks, 2007. 363 p. (rus)
10. Klesov A.A. *Drevesno-polimernyye kompozity* [Wood-polymer composites]. Saint-Petersburg: Nauchnyye osnovy i tekhnologii, 2010. 736 p. (rus)
11. Grossman F. *Rukovodstvo po razrabotke kompozitsiy na osnove PVKh* [Guidelines for the development of compositions based on PVC]. Moscow: Nauchnyye osnovy i tekhnologii, 2009. 608 p. (rus)
12. Berlin A.A. *Polimernyye kompozitsionnyye materialy: struktura, svoystva, tekhnologiya: ucheb. posobiye* [Polymer composite materials: structure, properties, technology. Textbook]. Saint-Petersburg: Professiya, 2009. 560 p. (rus)
13. Mousa A., Al-Robaidi A., Halim N.A. Rheological and mechanical properties of clay-thermoplastic elastomers derived from pvc and nbr. *Polymer - Plastics Technology and Engineering*. 2006. Vol. 45. No.4. Pp. 513–518.
14. Grisa A.M.C., Simioni T., Cardoso V., Zeni M., Brandalise R.N., Zoppas B.C.D.A. Biological degradation of pvc in landfill and microbiological evaluation. *Polimeros*. 2011. Vol. 21. No. 3. Pp. 210–216.
15. Kim S.H., Kwak S.Y., Suzuki T. Photocatalytic degradation of flexible pvc/tio₂ nanohybrid as an eco-friendly alternative to the current waste landfill and dioxin-emitting incineration of post-use pvc. *Polymer*. 2006. Vol. 47. No. 9. Pp. 3005–3016.
16. Fabiyi J.S., McDonald A.G. Effect of wood species on property and weathering performance of wood plastic composites. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*. 2010. Vol. 41. No. 10. Pp. 1434–1440.
17. Serenko O.A., Bazhenov S.L., Nasrullaev I.N., Berlin A.A. Vliyaniye razmera chastits na formu obrazuyushchikhsya defektov v dispersnonapolnennom kompozite [Effect of particle size on the shape of the resulting defects in dispersed filled composite]. *Polymer Science*. 2005. Vol. 47. No. 1. Pp. 64–72. (rus)
18. Cheng Q., Wang J., Muszynski L., Shaler S. Microstructural changes in wood plastic composites due to wetting and re-drying evaluated by x-ray microtomography. *Journal of Nondestructive Evaluation*. 2010. Vol. 29. No. 4. Pp. 207–213.
19. Tsivadze A.Yu., Fridman A.Ya., Voloshchuk A.M., Morozova E.M., Sokolova N.P., Bardyshev I.I., Gorbunov A.M., Petukhova G.A., Polyakova I.Ya., Shapokhina O.P. Cellulose fabric covered with a pvc coating filled with active carbon and a porous semiconductor layer with conductivity depending on adsorption coverage and salvation. *Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces*. 2013. Vol. 49. No. 5. Pp. 554–558.
20. Bakraji E.H., Salman N. Properties of wood-plastic composites: effect of inorganic additives. *Radiation Physics and Chemistry*. 2003. Vol. 66. No. 1. Pp. 49–53.
21. Muasher M., Sain M. The efficacy of photostabilizers on the color change of wood filled plastic composites. *Polymer Degradation and Stability*. 2006. Vol. 91. No.5. Pp. 1156–1165.
22. Meguid S.A., Attia M.S., Monfort A. On the crush behaviour of ultralight foam-filled structures. *Materials and Design*. 2004. Vol. 25. No. 3. Pp. 183–189.
23. Ito M., Nagai K. Degradation behavior and application of recycled pvc sheet made of floor sheet for railway vehicle. *Polymer Degradation and Stability*. 2007. Vol. 92. No. 9. Pp. 1692–1699.
24. Ito H., Hattori H., Okamoto T., Takatani M., Endo T., Lee S.-H., Fuji M., Teramoto Y., Ago M., Imanishi Y. Effect of fibrillation on the performance of wood-plastic composites with high filler content. *Sen'i Gakkaishi*. 2011. Vol. 67. No. 1. Pp. 1–7.

Full text of this article in Russian: pp. 17–24