

## МОДИФИКАЦИЯ ПЕНОПОЛИУРЕТАНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ПОЛИОРГАНОСИЛОКСАНОМ

Михайлов В.А.

*Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых, Владимир, Россия (600000, г. Владимир, ул. Горького, 87), e-mail: vit9991@yandex.ru*

В работе представлены исследования по модификации пенополиуретанового теплоизоляционного материала полиорганосилоксаном, в частности, полиметилфенилсилоксаном. Обладая хорошими теплоизоляционными свойствами, пенополиуретановые материалы имеют ряд существенных недостатков: малую устойчивость к воздействию влаги, температуры, ультрафиолетового излучения. Модификация полиметилфенилсилоксаном позволяет значительно улучшить физико-механические свойства пенополиуретанового материала, такие как водопоглощение, теплостойкость, ударная прочность. Водопоглощение композиции при модификации полиметилфенилсилоксаном снижается независимо от содержания исходных компонентов теплоизоляционного материала. Наличие у полиметилфенилсилоксана реакционноспособных гидроксильных групп приводит к образованию соединений, придающие материалу дополнительные гидрофобные свойства. Теплостойкость образцов теплоизоляционного материала, за счет модификации полиметилфенилсилоксаном, повышается на 30–40 °С, существенно увеличивается ударная прочность. Модификация полиметилфенилсилоксаном позволяет значительно поднять устойчивость теплоизоляционного материала к воздействию неблагоприятных природных факторов и продлить срок службы пенополиуретанового материала. Проведенные исследования показывают реальную возможность использования модифицированных пенополиуретанов для высокоэффективной теплоизоляции гражданских и промышленных объектов.

Ключевые слова: пенополиуретан, полиметилфенилсилоксан, модификация.

## MODIFICATION OF MATERIALS POLYURETHANE POLYORGANOSILOXANE

Mikhailov V.A.

*Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs, Vladimir, Russia (600000, Vladimir, Gorky Str., 87), e-mail: vit9991@yandex.ru*

The paper presents the research on the modification of polyurethane foam insulation material polyorganosiloxane, in particular, polymethylphenylsiloxanes. With good insulation properties, polyurethane materials have a number of disadvantages: low resistance to moisture, temperature and UV radiation. Modification polymethylphenylsiloxanes can significantly improve the physical and mechanical properties of polyurethane foam material, such as water absorption, heat resistance, impact resistance. Water absorption of the composition by modification polymethylphenylsiloxanes reduced regardless of the content of initial components thermally insulating material. The presence of a polymethylphenylsiloxane reactive hydroxyl groups leads to the formation of compounds that give the material additional hydrophobic properties. Heat resistance of insulating material samples, by modifying polymethylphenylsiloxanes increases 30-40 0C, toughness increases significantly. Modification polymethylphenylsiloxanes significantly raise the stability of the heat-insulating material to adverse environmental factors and prolong the life of polyurethane foam material. Studies have shown the real possibility of using modified polyurethane for high thermal insulation of civil and industrial projects.

Keywords: polyurethane foam, polymethylphenylsiloxane, modification.

В строительстве пенополиуретаны (ППУ) нашли широкое применение в качестве теплоизоляционных материалов. Использование материалов из ППУ для теплоизоляции позволяет во много раз сократить тепловые потери, обеспечить высокоэффективное и безаварийное теплоснабжение в коммунальном хозяйстве, теплоэнергетике и других областях промышленности. У ППУ материалов отличные теплоизоляционные свойства,

за счет наименьшего коэффициента теплопроводности из всех применяемых в настоящее время теплоизоляционных материалов, достаточно простая технология получения и относительно невысокая стоимость. Изделия из ППУ обладают малым весом, что значительно снижает массу теплоизолируемых конструкций, технологически легко обрабатываются. В то же время у них есть ряд существенных недостатков: малая устойчивость к воздействию влаги, температуры, ультрафиолетового излучения.

**Целью** работы является модификация пенополиуретановой композиции полиорганосилоксаном и, в частности, полиметилфенилсилоксаном (ПМФС), позволяющим улучшить эксплуатационные характеристики пенополиуретановых теплоизоляционных материалов и значительно увеличить срок их службы.

### **Материалы и методы исследования**

Для исследований была выбрана промышленная композиция для получения пенополиуретановой теплоизоляции, на основе простого полиэфира Лапрола 5003-2-15, изготовленного по ТУ 2226-006-10488057-94 и полиизоцианата (ПИЦ) марки РМ-200, представляющего смесь 4, 4' - дифенилметандиизоцианата (MDI) с изомерами и гомологами, с содержанием NCO - групп 32 %. Для модификации композиции использовали полиметилфенилсилоксан ПМФС-4, изготовленный по ГОСТ 15866-70. Полиметилфенилсилоксан, как кремнийорганический продукт, обладает рядом ценных свойств, таких как высокая термостабильность, влагостойкость, морозостойкость, стабильность физических характеристик в широком интервале температур, что обусловило его широкое применение в полимерных композициях в качестве модифицирующей добавки [3-7,9].

Физико-механические свойства пенополиуретанового теплоизоляционного материала, полученного путем модификации его полиметилфенилсилоксаном, были исследованы следующими методами: водопоглощение – по ГОСТ 2678-94, ударная прочность – по ГОСТ 19109-84, теплостойкость – по ГОСТ 15088-2014, теплопроводность – по ГОСТ 7076-99.

### **Результаты исследования и их обсуждение**

На первом этапе исследований изучалось влияние полиметилфенилсилоксана на водопоглощение пенополиуретановой теплоизоляционной композиции, так как этот показатель является наиболее важным при эксплуатации теплоизоляционных изделий в неблагоприятных природных условиях и во многом определяет срок службы теплоизоляционного изделия. Были изготовлены образцы с различным содержанием исходных компонентов и модифицирующей добавки – ПМФС. Водопоглощение ( $W$ ) в % по массе вычисляли по формуле:

$$W = \frac{m_3 - m_2}{m_1} \cdot 100$$

где:  $m_1$  – масса сухого образца, г;

$m_2$  – масса образца после одномоментной выдержки в воде, г;

$m_3$  – масса образца после заданной выдержки в воде, г.

Исследования показали, что введение в теплоизоляционную композицию полиметилфенилсилоксана приводит к снижению водопоглощения (рис. 1).

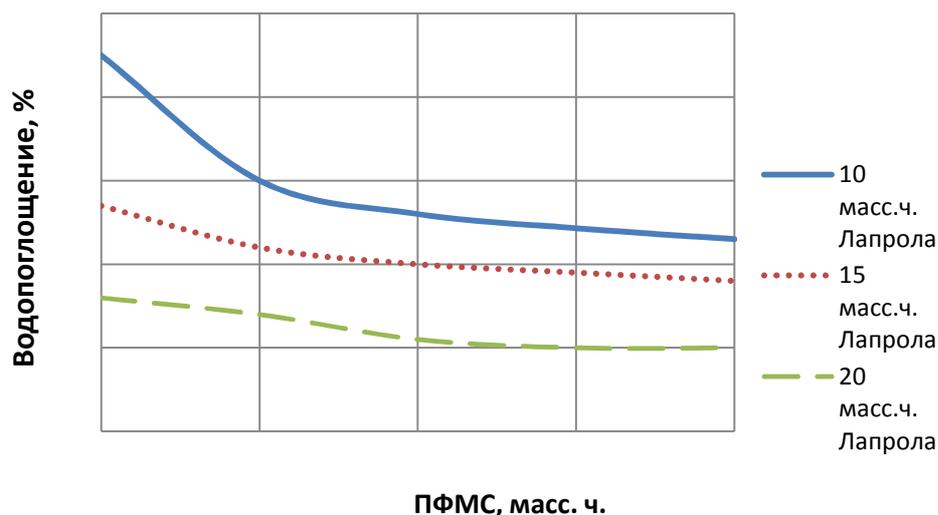


Рис. 1. Зависимость водопоглощения образцов теплоизоляционной композиции от содержания исходных компонентов и ПМФС

Снижение водопоглощения в образцах теплоизоляционной композиции, модифицированных ПМФС, обусловлено сильными гидрофобными свойствами кремнийорганических соединений, в том числе и ПМФС. Наличие у ПМФС реакционноспособных групп, в данном случае гидроксильных групп [1,8], приводит к образованию соединений, придающих материалу дополнительные гидрофобные свойства. Значительное снижение водопоглощения наблюдается при добавлении ПМФС до 1,5-2 масс.ч. Дальнейшее добавление модифицирующей добавки в рецептуру теплоизоляционной композиции существенного влияния на уровень водопоглощения не оказывает.

Важным показателем теплоизоляционных материалов является их теплостойкость. Теплостойкость модифицированных полиметилфенилсилоксаном образцов определяли путем установления температуры, при которой в процессе нагрева начинается изменение размеров разработанных образцов [2]. Результаты исследований показали, что введение ПМФС в количестве 2,5–4 масс.ч. в рецептуру приводит к возрастанию теплостойкости материала в среднем на 30–40 °С, при этом значительно снижаются деструкционные процессы [10]. Потери массы модифицированного

полиметилфенилсилоксаномпенополиуретана при температуре деструкции снижаются в 1,5–2,5 раза по сравнению с немодифицированным.

Основные физико-механические показатели разработанного теплоизоляционного материала приведены в таблице.

Физико-механические показатели теплоизоляционного пенополиуретанового материала, модифицированного ПМФС

Показатели материала	Значения	
	Немодифицированный	Модифицированный
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	220-240	210-230
Водопоглощение, %	4,5	2,3
Теплостойкость, °С	140-160	180-210
Ударная прочность, кДж/м <sup>3</sup>	1-1,3	1,3-1,5

### Выводы

Проведенные исследования по модификации пенополиуретанового теплоизоляционного материала полиметилфенилсилоксаном показали, что введение модифицирующей добавки значительно снижает водопоглощение композиции, повышает теплостойкость на 30–40 °С, увеличивает ударную прочность. Модификация ПМФС позволяет значительно поднять устойчивость теплоизоляционного материала к воздействию неблагоприятных природных факторов и продлить срок службы пенополиуретанового материала.

### Список литературы

1. Брык М.Т. Деструкция наполненных полимеров. – М.: Химия, 1989. – 192 с.
2. Харитонов Н.П., Островский В.В. Термическая и термоокислительная деструкция полиорганосилоксанов. – Л.: Наука, 1982. – 208 с.
3. Чухланов В.Ю., Дуденкова Л.А., Акчурина И.С. Термическая деструкция синтактных пенопластов с полиорганосилоксановым связующим // Пластические массы. – 1999. – № 12. – С. 26-27.
4. Чухланов В.Ю., Селиванов О.Г. Диэлектрические свойства герметизирующей композиции на основе эпоксидиановой смолы, модифицированной полиметилфенилсилоксаном, в сантиметровом СВЧ-радиодиапазоне // Клеи. Герметики. Технологии. – 2015. – № 3. – С. 6-10.

5. Чухланов В.Ю., Селиванов О.Г. Связующие для радиопрозрачных композиционных материалов на основе эпоксидной смолы модифицированной алкоксисиланами // *Материаловедение*. – 2015. – № 6. – С. 31-36.
6. Чухланов В.Ю., Сысоев Э.П. Применение полых микросфер в кремнийорганических синтактных пенопластах // *Стекло и керамика*. – 2000. – № 2. – С. 11-12.
7. Чухланов В.Ю., Колышева Н.А. Новые полимерные связующие на основе олигопипериленистирола и алкоксисиланов // *Пластические массы*. – 2007. – № 6. – С. 15.
8. Чухланов В.Ю., Селиванов О.Г. Теплофизические свойства синтактных пенопластов на основе полидиметилсилоксанового связующего // *Пластические массы*. – 2015. – № 1-2. – С. 45-46.
9. V. Yu. Chukhlanov, E. N. Tereshina. Polyorganosiloxane-Based Heat-Resistant Sealant with Improved Dielectric Characteristics // *Polymer Science Ser. C*. 2007. Vol. 49. No 3. P. 288–291.
10. K-Y. Lee, Y. Aitomaki, L. Berglund, K. Oksman, A. Bismarck. On the use of nanocellulose as reinforcement in polymer matrix composites // *Composites Science and Technology*. 2014. Vol. 105. No.10. P.15–27.

**Рецензенты:**

Кухтин Б.А., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой химии, Институт прикладной математики и информатики, био- и нанотехнологий (ИПМИБН), ВлГУ, г. Владимир;  
Татмышевский К.В., д.т.н., профессор кафедры приборостроения и информационно-измерительных технологий, Институт инновационных технологий, ВлГУ, г. Владимир.