

**Ф.А. Шутов<sup>1</sup>, Д. Ярборо<sup>2</sup>**

(<sup>1</sup>Научно-производственная Компания "Пеноком", <sup>2</sup>R&D Services, Inc.,  
Cookeville, TN, USA; e-mail: fashutov@mail.ru)

## **ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОГНЕСТОЙКОГО ПОЛИМЕРНОГО ПЕНОКОМПОЗИТА PENOCOM®**

*Представлены результаты изучения теплоизоляционных и экологических характеристик нового огнестойкого материала PENOCOM®. Установлено, что значения теплопроводности материала при различных температурах близки к лучшим теплоизоляционным материалам на основе пенополистирола.*

*Ключевые слова: пенокомпозит, теплоизоляционный материал, теплопроводность, экологическая безопасность.*

**F.A. Shutov, D. Yarbrough**

## **INSULATION AND ENVIRONMENTAL SPECIFICATIONS FLAME RETARDANT POLYMER FOAM COMPOSITES PENOCOM®**

*Presents the results of a study of thermal insulation and environmental characteristics of the new fire-resistant material PENOCOM®. It is established that values of the thermal conductivity of the material at different temperatures close to the best insulation materials based on polystyrene.*

*Key words: foam composite, insulation material, thermal conductivity, environmental safety.*

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 21 мая 2014 г.

Важнейшей народно-хозяйственной задачей России является энергосбережение, в частности снижение тепловых потерь при эксплуатации жилых и общественных зданий, при транспортировке теплоносителей от производителя к потребителю посредством тепловых сетей и т.д. Эти проблемы рассматриваются Правительством РФ как приоритетные в Государственной программе РФ "Энергосбережение и повышение энергоэффективности на период до 2020 года (ГПЭЭ-2020)".

Эффективной стратегией энергосбережения является использование материалов и конструкций с высокими теплоизоляционными свойствами, то есть с низким коэффициентом теплопроводности. Наиболее эффективными энергосберегающими теплоизоляционными строительными материалами являются пористые материалы и, в частности, газонаполненные полимерные материалы – пенопласты [1, 2]. На рынке Российской Федерации до сих пор в качестве полимерного теплоизоляционного строительного пеноматериала доминирует **пенополистирол (ППС)** и в 2013 году его было произведено порядка 7 млн тонн. Однако ППС является легкогорючим материалом (при этом горит с напалмовым эффектом). Объёмы применения в строительстве другого тепло-

изоляционного пенопласта – *пенополиуретана (ППУ)*, также легкогорючего, малы ввиду необычайной токсичности газов, выделяющихся при его горении (цианиды и фосген). Именно горючесть ППС и ППУ стала причиной пожаров в зданиях и сооружениях различного функционального назначения с большим материальным ущербом и многочисленными человеческими жертвами [3].

Авторами разработаны рецептуры и технология изготовления нового полимерного пеноматериала PENOCOM<sup>®</sup>, который характеризуется уникальным сочетанием технических и экологических свойств: высокой огнестойкостью и отсутствием тления, низким коэффициентом теплопроводности, экологической безопасностью при производстве и применении, а для его изготовления используются заливочная энергосберегающая технология и только отечественное сырье. Исходные композиции для получения PENOCOM<sup>®</sup> состоят из смеси жидких компонентов и специальных добавок (компоненты композиции являются эксклюзивной интеллектуальной собственностью НПК "Пеноком"), выпускаемых отечественной промышленностью. Для получения материала смешивают два жидких компонента и полученную смесь заливают в открытые или закрытые формы любых размеров и конфигураций, где она вспенивается (даже при отрицательных температурах) в течение 2-3 мин без подвода тепла и давления извне. Данная заливочная технология является энергосберегающей [3].

В отличие от некоторых видов полимерных теплоизоляционных материалов, пенокомпозит PENOCOM<sup>®</sup> соответствует требованиям Федерального закона ФЗ-123 и относится к группе горючести Г1; при длительном (до 2 часов) воздействии пламени пропановой горелки он не разрушается (1500 °С), а только коксуется.

Авторами подробно изучены две важнейшие для эксплуатации характеристики разработанного материала PENOCOM<sup>®</sup>: теплоизоляционные и экологические.

Образцы материала PENOCOM<sup>®</sup> толщиной 26 мм и плотностью 55 кг/м<sup>3</sup> помещались в термокамеру аппарата для измерения теплопроводности в диапазоне температур образца от 0 до +50 °С. Измерения проводились по стандартам ASTM (American Society of Testing and Materials) фирмой R&D Services, Inc., США [4-6]. В табл. 1 суммированы полученные данные.

Таблица 1

**Значения коэффициента теплопроводности образцов материала PENOCOM<sup>®</sup> в диапазоне температур от 0 до +50 °С**

| Температура образцов, °С             | 0      | 10     | 20     | 30     | 40     | 50     |
|--------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Коэффициент теплопроводности, Вт/м·К | 0,0326 | 0,0339 | 0,0352 | 0,0365 | 0,0378 | 0,0391 |

Полученные данные сравнивались с коэффициентом теплопроводности двух лёгких образцов пенополистирола – экструзионного (ППС-Э) плотностью  $26 \text{ кг/м}^3$  и блочного (ППС-Б) плотностью  $38 \text{ кг/м}^3$ . Обращает на себя внимание, что значения коэффициента теплопроводности открыто-ячеистого материала PENOCOM® лишь на 10-12 % выше аналогичного показателя для закрыто-ячеистого пенопласта ППС-Б, хотя плотность PENOCOM® на более чем 30 % выше ППС-Б. Последнее обстоятельство указывает на высокие теплоизолирующие свойства разработанного материала, поскольку ППС-Б – один из лучших теплоизоляторов среди пенопластов.

Данные, полученные Федеральным агентством РФ по метрологии, по выделению летучих компонентов в процессе изготовления (вспенивания) материала PENOCOM® представлены в табл. 2, а по выделению летучих компонентов спустя 24 часа после изготовления в табл. 3.

Таблица 2

**Содержание летучих в процессе вспенивания материала PENOCOM®**

| Определяемые компоненты       | Результаты, | ПДК рабочей зоны |
|-------------------------------|-------------|------------------|
| Фенол, $\text{мг/м}^3$        | 0,0071      | 0,3              |
| Формальдегид, $\text{мг/м}^3$ | 0,0002      | 0,5              |
| Толуол, $\text{мг/м}^3$       | < 0,0001    | 150              |
| Бензол, $\text{мг/м}^3$       | < 0,0001    | 5/15             |
| Стирол, $\text{мг/м}^3$       | < 0,0046    | 10/30            |

Таблица 3

**Выделение летучих компонентов из материала PENOCOM®  
спустя 24 часа после изготовления**

| Показатели, единицы измерения | Нормативы ПДК | Результаты экспертизы |
|-------------------------------|---------------|-----------------------|
| Фенол, $\text{мг/м}^3$        | 0,01*/0,003** | 0,003                 |
| Бензол, $\text{мг/м}^3$       | 0,3*/0,1**    | 0,1                   |
| Стирол, $\text{мг/м}^3$       | 0,02*         | < 0,02                |
| Толуол, $\text{мг/м}^3$       | 0,6*          | 0,1                   |
| Этилацетат, $\text{мг/м}^3$   | 0,1*          | < 0,1                 |

\*максимальная разовая ПДК в атмосферном воздухе;

\*\*средняя суточная ПДК в атмосферном воздухе

Представленные данные доказывают, что материал PENOCOM® экологически безопасен и при изготовлении, и при применении.

Теплопроводность материала PENOCOM® в диапазоне 0 до +50 °С близка к лучшим теплоизоляционным материалам на основе пенополистирола.

Материал PENOCOM® экологически безопасен как при изготовлении, так и при применении, так как концентрация летучих компонентов ниже ПДК.

Разработанный материал PENOCOM® принадлежит к инновационным материалам, поскольку в комплексе объединяет ряд уникальных свойств и призван удовлетворить потребность строительного рынка России в огнестойком, энергосберегающем теплоизоляционном материале, изготавливаемом по экологически безопасной технологии и на основе отечественного сырья.

## Литература

1. **Берлин А.А., Шутов Ф.А.** Химия и технология газонаполненных высокополимеров. М.: изд-во "Наука", 1980. С. 229-240.
2. **Берлин А.А., Шутов Ф.А.** Пенополимеры на основе реакционно-способных олигомеров. М.: изд-во "Химия", 1979. С. 141-209.
3. **Брушлинский Н.Н., Кленко Е.А., Попков С.Ю., Соколов С.В.** Анализ обстановки с пожарами в городах и сельской местности субъектов Российской Федерации // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. № 1, 2009. С. 92-99.
4. **ASTM C 518** "Standard Test Method for Steady-State Thermal Transmission Properties by Means of the Heat Flow Meter Apparatus" // Annual Book of ASTM Standards. Vol. 04.06 (2010). Pp. 152-166.
5. **ASTM C 578** "Standard Specification for Rigid, Cellular Polystyrene Thermal Insulation" // Annual Book of ASTM Standards. Vol. 04.06 (2010). Pp. 210-216.
6. **Shutov F., Scherbanev I., Yarbrough D.** Development of an advanced foam insulation based on thermosetting resins // Next Generation Thermal Insulation Challenges and Opportunities. ASTM USA, 2014, STP 1571. Pp.11-16.