УДК 677.4

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗВИТИЯ НАНОСТРУКТУРНЫХ МАТЕРИАЛОВ И КОМПОЗЦИЙ ДЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

Черунова И.В., Милютина Г.Р.

Институт сферы обслуживания и предпринимательства Донского государственного технического университета, Шахты, e-mail: i_sch@mail.ru, milyutina-g@mail.ru

В настоящей работе представлены разработки и результаты исследования наноструктурных полимерных композиций для обеспечения безопасности жизнедеятельности человека. Отражена востребованность повышения качества современных утеплителей для улучшения их потребительских свойств. Выделены основные свойства вспененного полистирола, подтверждающие его обоснование к применению в одежде и снаряжении. Экспериментально обосновано использование вспененного полистирола для производства защитной одежды и снаряжения. Установлены параметры теплопроводности и теплового сопротивления вспененного полистирола в соответствии с ГОСТ 20489-75 и выполнены сравнительные аналитические исследования ассортимента современных утепляющих материалов. В результате исследования установлено, что вспененный полистирол имеет уровень теплового сопротивления для применения в одежде, близкий к самым эффективным традиционно применяемым наноструктурным материалам, и является перспективным материалом, который может быть использован в легкой промышленности.

Ключевые слова: вспененный полистирол, теплопроводность, безопасность жизнедеятельности, наноструктурные материалы, производство одежды и снаряжения.

STUDY OF THE DEVELOPMENT OF NANOSTRUCTURED MATERIALS AND COMPOSTI FOR THE SAFETY OF HUMAN LIFE

Cherunova I.V., Milyutina G.R.

Institute of services and business of Don state university, Shachty, e-mail: i sch@mail.ru, milyutina-g@mail.ru

In the real work development and results of research of nanostructural polymeric compositions for safety of activity of the person is presented. The demand of improvement of quality of modern heaters for improvement of their consumer properties is reflected. The main properties of the made foam polystyrene confirming its justification to application in clothes and equipment are marked out. Use of the made foam polystyrene for production of protective clothes and equipment is experimentally proved. Parameters of heat conductivity and thermal resistance of the made foam polystyrene according to GOST 20489-75 are established and comparative analytical researches of the range of modern warming materials are executed. As a result of research it is established that the made foam polystyrene has level of thermal resistance for application in clothes close to the most effective traditionally applied nanostructural materials and is a perspective material which can be used in light industry.

Keywords: expandable Poly Styrene, heat conductivity, health and safety, nanostructural materials, production of clothes and equipment

На сегодняшний день известен ассортимент наноструктурных материалов для одежды и снаряжения, обладающих высокими теплозащитными показателями. На Российском рынке наблюдается повышение качества и потребительских свойств утепли-

телей благодаря применению современных технологий их производства [11]. Темпы роста теплоизоляционных материалов различного назначения позволяют отнести их в группу перспективных в производственном секторе (рис. 1), [1].



Рис. 1. Динамика объема рынка теплоизоляционных материалов [1]

Существует ряд работ, посвященных исследованию и выбору специальных материалов в теплозащитный пакет одежды и снаряжения. Однако задачи повышения эффективности такой защиты и применения новых наноструктурных композиций остается в зоне актуальных для решения задач [13].

Уже более 60 лет вспененный полистирол является основным термоизоляционным, звукоизоляционным и виброизоляционным материалом, применяемым в технических целях. Вспененный полистирол (пенополистирол) – полистироловые гранулы, наполненные пентаном и подогретые паром для расширения их в объеме [8]. Вспененный полистирол применяют в самолетостроении для облегчения конструкции беспилотных летательных аппаратов, в аграрной среде для насыщения почвы кислородом, в качестве фильтрующего материала в установках для очистки жидкостей, в качестве наполнителей мягкой мебели, изготовления одноразовой посуды, упаковки пищевых и других продуктов. Массовое использование вспененного полистирола возможно благодаря его широким характерным свойствам: нетоксичный и экологически безопасный, отвечающий всем требованиям санитарно-гигиенических норм материалов; очень дешевый, благодаря тому, что на 98% состоит из воздуха; долговечный, срок службы не менее 50 лет; пригоден для повторного использования; имеет структурную стабильность в широком диапазоне температур; обладает высокой стойкостью к биологическому воздействию и широкому ряду химических веществ; обладает высоким сопротивлением диффузии водяных паров; обладает высокой прочностью при низкой плотности; восстанавливает первоначальные размеры после деформации и сжатия; обладает низкой динамической жесткостью, обеспечивающей качественную звукоизоляцию от ударного шума; обладает очень низкой теплопроводностью, близкой к теплопроводности неподвижного воздуха. Вспененный полистирол производится, используется и утилизируется без ущерба для окружающей среды и здоровья людей, так как изделия из него не содержат хлорфторуглеродов, гидрофторуглеродов, гидрофторуглеродов, Учитывая, что только высокоэффективные материалы способны удовлетворить возрастающие требования к ним в аспекте обеспечения безопасности жизнедеятельности человека, вспененный полистирол целесообразно исследовать и обосновать к применению [8, 12].

Цель исследования

Экспериментально обосновать возможность рассмотрения вспененного полистирола в качестве эффективного утепляющего материала для специальной теплозащитной одежды и снаряжения.

Материалы и методы исследования

Определение теплопроводности исследуемого в работе материала проводилось в соответствии с ГОСТ 20489-75 «Материалы для одежды. Метод определения суммарного теплового сопротивления» [3].

Сущность метода заключается в измерении термического сопротивления R (м² °С/Вт) образца толщиной h (м) в условиях созданного теплового потока, проходящего через этот образец. Термическое сопротивление образца определяется по результатам измерений плотности теплового потока q (Вт/м²) и температуры внутренней и наружной поверхности образца $t_{g'}$ $t_{u'}$ (°С) по следующей формуле [9]:

$$R = (t_{\hat{a}} - t_i)/q \ . \tag{1}$$

Расчетный коэффициент теплопроводности образца λ (Bт/м² °C) является отношением толщины испытываемого образца h к его термическому сопротивлению R:

$$\lambda = h/R \,. \tag{2}$$

Для измерения исследуемого в работе вспененного полистирола использовался измеритель плотности тепловых потоков ИТП-МГ 4.03 «Поток» (прибор прошел государственную поверку и имеет соответствующий сертификат № 42424-09, производитель ООО «СКБ Стройприбор») [6].

Испытания проводились на образцах вспененного полистирола формы прямоугольного параллелепипеда размером 250*250*40 (мм), (рис. 2). Размер одной гранулы полистирола 1 мм.

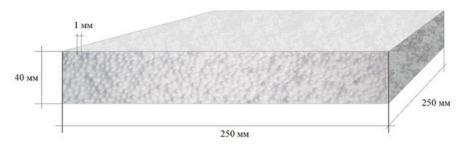


Рис. 2. Размеры образца вспененного полистирола

Измерение длины и ширины образцов проводилось с помощью линейки металлической [4] с пределом допустимой погрешности \pm 0,5 мм. За результат измерений принималось среднее арифметическое значение измерений длины (ширины) образца в трех местах: 50 ± 5 мм от каждого края и посередине образца.

Толщина образцов пенополистирола измерялась штангенциркулем [5] с пределом допустимой погрешности \pm 0,1 мм. За результат измерений принималось среднее арифметическое значение измерений толщины образца в четырех местах посередине каждой стороны.

Результаты исследования и их обсуждение

Обработка полученных данных производилась в следующих программах: Стройприбор ИТП-МГ 4 «Поток», Microsoft Office Excel 2007, Corel Draw 12.0.

Полученные экспериментальные данные были архивированы в рамках программного обеспечения оборудования и далее обработаны в компьютерной среде.

Результаты измерений теплового потока и температуры исследуемых образцов представлены в виде графика на рис. 3.

По формулам (1), (2) рассчитаны значения теплового сопротивления и теплопроводности исследуемого образца вспененного полистирола:

$$R = (36,1-28,1)/61 = 0,131$$
, $M^2 \circ C/BT$;

$$\lambda = 0.004/0.131 = 0.030$$
, B_T/M² °C.

Современный ассортимент наноструктурных утепляющих материалов для одежды представлен рядом связных и несвязных композиций, обладающих хорошими теплозащитными и эксплуатационными свойствами. Полученное значение теплопроводности исследуемого образца утеплителя было проанализировано в сравнении с известными значениями теплопроводности утепляющих материалов одежды (таблица).

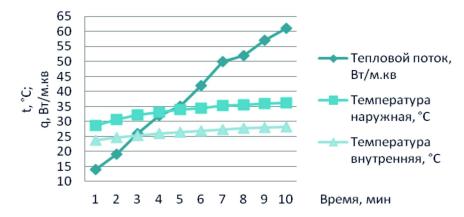


Рис. 3. Результаты измерений исследуемых образцов вспененного полистирола

Коэффициент теплопроводности современных утепляющих материалов, в порядке убывания [2, 7, 10]

№ п/п	Материал	Коэффициент теплопроводности – λ, Bт/ м ² °C
1	Шерстяной войлок	0,052
2	Хлопок	0,050
3	Ватин шерстяной	0,043
4	Вата	0,042
5	Искусственный мех	0,041
6	Лен	0,040
7	Синтепон	0,039
8	Холлофайбер	0,031
9	Вспененный полистирол	0,030
10	Тинсулейт	0,029
11	Перо-пуховая смесь	0.0286
12	Воздух	0,028*

 Π р и м е ч а н и е : * при температуре воздуха – 20 °С [2]

Выводы

Анализ полученных в работе данных показал, что развитие рынка производства и потребления теплоизоляционных материалов имеет устойчивые показатели роста и тенденции повышения качества продукции за счет расширения современных технологий использования наноструктурных полимерных композиций. В ряду многих теплозащитных материалов вспененный полистирол подтвердил свое качество экологической безопасностью, в том числе для производства товаров для детей, и проверенными в течение нескольких десятков лет теплофизическими и эксплуатационными свойствами в ряду секторов промышленности. По результатам проведенных экспериментальных и аналитических исследований были установлены характеристики теплопроводности и теплового сопротивления вспененного полистирола, который составил прямую конкуренцию по соответствующим теплофизическим показателям таким признанным материалам для одежды и снаряжения, как тинсулейт, холлофайбер, перо-пуховая смесь и другие, что позволяет сформировать рекомендации и возможности применения данного наноструктурного материала в производстве изделий обеспечения безопасности жизнедеятельности человека.

Работа выполнена в рамках Госзадания (№ 2838) Министерства образования и науки РФ в Донском государственном техническом университете.

Список литературы

- 1. Анализ рынка теплоизоляционных материалов в России (демо) [Электронный ресурс] / Агентство маркетинговых исследований DISCOVERY RESEARCH GROUP // Код доступа: http://www.drgroup.ru/279-issledovanie-rossiiskogorinka-teploizolyacionnix-materialov.html. 2014.
- 2. Бринк И.Ю. Методологические основы проектирования одежды с пуховым наполнителем: Дисс. на соиск. уч. степ, д.т.н. / И.Ю. Бринк. // Москва: МГУДТ. 1995. 306 с.
- 3. ГОСТ 20489-75 «Материалы для одежды. Метод определения суммарного теплового сопротивления» [Текст] / Государственный комитет Союза ССР по стандартам. Введен в действие 01.01.1976 // Москва: Издательство стандартов. 1986. 12 с.
- 4. ГОСТ 427-75 «Линейки измерительные металлические. Технические условия» [Текст] / Государственный комитет Союза ССР по стандартам. Введен в действие 01.01.1977 // Москва: Издательство стандартов. -1992. -7 с.
- 5. ГОСТ 166-89 «Штангенциркули. Технические условия» Технические условия» [Текст] / Государственный комитет Союза ССР по стандартам. Введен в действие 01.01.1991 // Москва: Издательство стандартов. 1992.-10 с.
- 6. Измеритель плотности тепловых потоков и температуры ИТП-МГ4.03/X(У) «Поток». «Руководство по эксплуатации. Технические характеристики» [Текст] / ООО «СКБ Стройприбор: Челябинск, 2011.-26 с.
- 7. Какой утеплитель выбрать для защиты от холода? [Электронный ресурс] // Код доступа http://rustm.net/catalog/article/615.html. 2002.
- 8. Метелев А. Что такое вспененный полистирол [Электронный ресурс] / HANGZHOU FANGYUAN PLASTICS MACHINERY CO., LTD // Код доступа http://fang-yuan.su/chto-takoe-eps.

- 9. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи [Текст] / М.А.Михеев, И.М.Михеева // Москва: Энергия. Издание 2-е (перераб). 1977. 344с.
- $10.\,\rm Oб$ оценке качества нетканых утеплителей [Электронный ресурс] // Код доступа http://www.lp-magazine.ru/lpmagazine/2011/08/348. 2011.
- 11. Сидоров И.А. Российский рынок теплоизоляции [Текст] / Эффективная теплоизоляция. 2007. №4. С. 39–43.
- 12. Черунова И.В. Новые технологии расчета конструкций теплозащитной одежды [Текст] / И.В. Черунова // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. 2009. Т. 4. № 2. С. 51–54.
- 13. Черунова И.В. Развитие технологических решений для теплозащитной одежды [Текст] / И.В. Черунова, Е.Б. Стефанова, А.В. Меркулова // Современные наукоемкие технологии. 2013. № 8-1. С. 34–36.

References

- 1. The analysis of the market of heat-insulating materials in Russia (demo) [An electronic resource] / Agency of market researches of DISCOVERY RESEARCH GROUP//an access Code: http://www.drgroup.ru/279-issledovanie-rossiiskogorinka-teploizolyacionnix-materialov.html.-2014 .
- 2. Brinck I.Yu. Methodological bases of design of clothes with a down filler: Diss. on soisk. uch. step, Dr.Sci.Tech. / I.Yu. Brinck. // Moscow: MGUDT. 1995 . 306 p.
- 3. GOST 20489-75 «Materials for clothes. Method of determination of total thermal resistance» [Text] / State committee of USSR on standards. It is put into operation 01.01.1976//Moscow: Standards Publishing House. 1986. 12 p.
- 4. GOST 427-75 «Rulers the measuring metal. Specifications» [Text] / State committee of USSR on standards. It is put into operation 01.01.1977//Moscow: Standards Publishing House. 1992. 7 p.
- 5. GOST 166-89 «Callipers. Specifications» Specifications» [Text] / State committee of USSR on standards. It is put into operation 01.01.1991//Moscow: Standards Publishing House. 1992. 10 p.
- 6. Measuring instrument of density of thermal streams and ITP-MG4.03/H(U) temperature «Potok». Rukovodstvo po ekspluatatsii. Tekhnicheskiye harakteristiki [Text] / JSC «special design bureau Stroypribor//Chelyabinsk. 2011. 26 p.
- 7. What heater to choose for protection against cold? [An electronic resource]//Code of access of http://rustm.net/catalog/article/615.html. 2002.
- 8. Metelev A. Chto such the made foam polystyrene [An electronic resource] / HANGZHOU FANGYUAN PLASTICS MACHINERY CO. LTD//Code of access of http://fang-yuan .su/chto-takoe-eps.
- 9. Mikheyev M.A., Mikheyeva I.M. Bases of a heat transfer [Text] / M.A. Mikheyev, I.M. Mikheyeva//Moscow: Energy. Edition 2e (reslave). 1977. 344 p.
- 10. About an assessment of quality of nonwoven heaters [An electronic resource]//access Code http://www.lp-magazine.ru/lpmagazine/2011/08/348. 2011.
- 11. Sidorov I.A. Rossiysky market of thermal insulation [Text] / Effective thermal insulation. 2007. no. 4. pp. 39–43.
- 12. Cherunova I.V. New technologies of calculation of designs of heat-shielding clothes of [Text] / I.V. Cherunova // News of higher educational institutions. Technology of light industry. 2009. T. 4 . No. 2. pp. 51–54.
- 13. Cherunova I.V. Development of technological decisions for [Text] / I.V. Cherunova, E.B. Stefanova, A.V. Merkulova heat-shielding clothes // Modern high technologies. 2013. no. 8-1. pp. 34–36.

Репензенты:

Бринк И.Ю., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Моделирование, конструирование и дизайн» Института сферы обслуживания и предпринимательства (филиала) ФБГОУ ВПО «Донской государственный технический университет», г. Шахты;

Алиева Н.З., д.ф.н, профессор кафедры «Естественно-научные дисциплины» Института сферы обслуживания и предпринимательства (филиала) ФБГОУ ВПО «Донской государственный технический университет», г. Шахты.

Работа поступила в редакцию 02.09.2014.