

**ТЕКСТИЛЬНЫЙ КОРД АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН – ВТОРИЧНОЕ СЫРЬЕ
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТЕПЛО- И ЗВУКОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**TEXTILE TIRE CORD FIBERS AS SECONDARY RAW MATERIALS
FOR THE PRODUCTION OF THERMAL
AND ACOUSTIC INSULATION MATERIALS**

В.С. СЕМЕНОВ, А.Ю. ГУБСКИЙ
V.S. SEMENOV, A.YU. GUBSKIY

(Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет)
(National Research Moscow State University of Civil Engineering)

E-mail: science-isa@yandex.ru

В статье рассматриваются перспективы использования волокон текстильного корда отработанных автомобильных шин в качестве сырья для производства эффективных тепло- и звукоизоляционных материалов. Обоснована экономическая, экологическая и технологическая целесообразность утилизации и использования данного вида отходов. Изучены основные свойства изоляционных материалов из переработанных полиэфирных волокон, такие как коэффициент теплопроводности, показатели прочности и сжимаемости, водопоглощение и сорбционная влажность, звукоизолирующая способность. Установлено, что разработанные строительные материалы соответствуют требованиям нормативных документов в области звуко- и теплоизоляции зданий и сооружений.

The article considers the prospects of the use of textile tire cord fibers from waste automobile tires as secondary raw materials for the production of effective thermal and acoustic insulation materials. The economic, ecological and technological expediency of recycling and use of this waste product is substantiated. The basic properties of the insulation materials with recycled polyester fibers, such as the thermal conductivity coefficient, the characteristics of strength and compressibility, the water absorption and sorption humidity, the sound-insulating ability, have been studied. It has been established that the obtained building materials meet the requirements of normative documents in the field of sound and heat insulation of buildings and structures. The article considers the prospects of the use of textile tire cord fibers from waste automobile tires as secondary raw materials for the production of effective thermal and acoustic insulation materials. The economic, ecological and technological expediency of recycling and use of this waste product is substantiated. The basic properties of the insulation materials with recycled polyester fibers, such as the thermal conductivity coefficient, the characteristics of strength and compressibility, the water absorption and sorption humidity, the sound-insulating ability, have been studied. It has been established that the obtained building materials meet the requirements of normative documents in the field of sound and heat insulation of buildings and structures.

Ключевые слова: вторичное сырье, текстильный корд, утилизация автомобильных шин, полиэфирный утеплитель, теплоизоляционные материалы, звукоизоляционные материалы.

Keywords: secondary raw materials, textile tire cord, recycling of automobile tires, polyester insulation, thermal insulation materials, acoustic insulation materials.

В настоящее время проблема ресурсосбережения является ключевой для многих отраслей народного хозяйства, среди которых строительство следует выделить как одну из наиболее ресурсоемких отраслей. Частично покрыть потребность индустрии строительных материалов в сырье возможно за счет вовлечения в их производство вторичных ресурсов. При этом обширное использование вторичного сырья для производства строительных материалов сдерживается технологическими и экономическими факторами, связанными с необходимостью подготовки и очистки техногенного сырья, достижения требуемых свойств материалов и обеспечения их безопасности, получения технической и/или экономической эффективности. Сдерживающим фактором в данном случае также служит высокая обеспеченность промышленности в нашей стране природным сырьем. В Российской Федерации 2017 г. объявлен годом экологии, и это лишний раз свидетельствует об актуальности проблемы утилизации техногенных отходов в ресурсоемких отраслях, решение которой позволило бы снизить экологическую нагрузку на окружающую среду.

Одним из наиболее распространенных видов техногенных отходов и источником длительного загрязнения окружающей среды являются изношенные автомобильные шины (ИАШ) [1], [2]. При этом объемы таких отходов ежегодно увеличиваются. Существуют различные технологии переработки ИАШ – механическая переработка, сжигание, пиролиз, термоожижение и др., однако в большинстве случаев отслужившие свой срок шины складываются на полигонах твердых бытовых отходов. Мировой уровень переработки отслуживших шин не превышает 20...25% [1]. По данным [3] лишь в России ежегодно скапливается порядка 850 тыс. т изношенных шин, при этом только 17 % от этого объема перерабатывается и 20% сжигается. Между тем, такие отходы могут быть источником вторичного

сырья, причем во всех регионах РФ. Так, в результате механической переработки ИАШ получают различные продукты – резиновую крошку (около 70%), стальную фибру (5...30%) и текстильный корд (до 15%), которые могут успешно применяться в производстве строительных материалов. При этом основная проблема состоит в разработке технологий разделения всех продуктов переработки ИАШ. Резиновая крошка используется для производства резиновой черепицы, различных покрытий (например, для детских и спортивных площадок), в составе бетонов, асфальтобетонов и для модификации дорожных битумов [4...6]. Металлический корд может сдаваться на металлолом либо применяться в качестве дисперсного армирования для получения фибробетона [7]. Области же применения текстильного корда ограничены. В ряде работ описано применение вторичных текстильных волокон для армирования гипсо- и цементосодержащих материалов [8], [9]. При этом в нашей стране такие технологии не развиты, а указанный отход остается невостребованным и имеет низкую стоимость.

Текстильный корд представляет собой вторичное полиэфирное волокно со следующими характеристиками: средний диаметр волокна 10...20 мкм, его средняя длина 5...15 мм, а насыпная плотность 40...100 кг/м³, коэффициент теплопроводности 0,038...0,048 Вт/(м·°С). Указанные характеристики схожи с характеристиками традиционно применяемых для производства теплоизоляционных материалов минеральных волокон. Поэтому перспективным можно считать применение текстильного корда, полученного при переработке ИАШ, в качестве сырья для производства тепло- и звукоизоляционных материалов.

Возросшие требования к энергоэффективности зданий определяют появление новых теплоизоляционных материалов. В настоящее время рынок строительной теплоизоляции представлен в основном пли-

тами на основе минеральных волокон, ячеистыми пластмассами, пеностеклом, в незначительных объемах – изделиями на основе растительных волокон, а также появившимися в последнее время теплоизоляционными материалами на основе полиэфирных волокон [10]. Такие материалы представляют собой спрессованные спиралевидные волокна из полиэстера, обладающие повышенной упругостью. Среди преимуществ полиэфирного утеплителя следует отметить низкий коэффициент теплопроводности – не более $0,033 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$, высокую звукоизолирующую способность, химическую и биостойкость, а также отсутствие эмиссии микроволокон и токсичных веществ в процессе эксплуатации и высокую прогнозируемую долговечность [11]. К недостаткам данного материала, в первую очередь, относится пожарная опасность, однако она может быть снижена обработкой полиэфирных волокон антипиренами и конструктивными способами огнезащиты. Сдерживающим фактором широкого применения данного утеплителя также является его относительно высокая стоимость – около $3000 \text{ руб.}/\text{м}^3$, что связано, очевидно, со стоимостью сырья. Существенно снизить стоимость полиэфирного утеплителя возможно за счет использования вторичного полиэфирного волокна.

Целью работы явилось изучение возможности применения вторичных поли-

эфирных волокон, полученных при переработке изношенных автомобильных шин, для производства тепло- и звукоизоляционных материалов.

Для изготовления образцов теплоизоляционного материала в качестве сырья были использованы волокна отработанного текстильного корда, полученные при переработке ИАШ, имеющие следующий состав: полиэфир 60%, полиамид 37%, вискоза 3,0%. В качестве связующего применялась водная эмульсия клея ПВА. Обработанные связующим волокна послойно укладывались в форму. В зависимости от усилия прессования были получены образцы теплоизоляции с различной средней плотностью – 50, 75 и $100 \text{ кг}/\text{м}^3$. Внешний вид полученного плитного материала приведен на рис. 1.

Для снижения водопоглощения и гигроскопичности образцы обрабатывали гидрофобизатором на основе кремнийорганических соединений, а для снижения показателей пожарной опасности – водным раствором тетрабората натрия (бурь). Основные свойства полученных изделий определяли в соответствии с требованиями ГОСТа 17177–94. Материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Методы испытаний. В табл. 1 представлены основные свойства теплоизоляционных изделий на основе вторичных полимерных волокон.



Рис. 1

В ходе предварительных исследований было установлено, что оптимальный расход связующего, соответствующий максимальным показателям прочности на сжатие и растяжение, а также минимальному значению сжимаемости, составил 100% массы волокон.

Также установлено, что изменение количества связующего практически не оказывает влияния на теплопроводность материала, поскольку средняя плотность остается постоянной. Коэффициент теплопроводности полученных материалов находится в преде-

лах 0,041...0,048 Вт/(м·°С), в зависимости от средней плотности, что соответствует аналогичной характеристике традиционных волокнистых теплоизоляционных материалов.

По существующей классификации полученные теплоизоляционные материалы относятся к полужестким (сжимаемость от 6

до 30%). В поперечном сечении полученные изделия имеют однородную структуру, отсутствуют пустоты и расслоения, также следует отметить равномерное распределение связующего между волокнами.

Таблица 1

Показатель	Значение, при средней плотности, кг/м ³		
	50	75	100
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С) в сухом состоянии	0,041	0,044	0,048
Прочность на сжатие при 10%-ной линейной деформации, кПа	6	11	20
Предел прочности на растяжение, кПа	2	2,5	3
Сжимаемость, %	14	9	6
Водопоглощение по массе, %	35	25	24
Сорбционная влажность, %	8	7	7

Водопоглощение по массе полученных образцов составляет 24...35 %, а их сорбционная влажность не превышает 7...8%.

Для определения эффективности применяемого антипирена образцы материала были подвергнуты воздействию открытого пламени, при этом горючесть материала с антипиреном заметно снизилась, самостоятельное горение поддерживалось не более 1...2 с, после чего происходило самозатухание.

Были проведены исследования звукоизолирующей способности материалов на основе вторичных полиэфирных волокон. Определение нормального коэффициента звукопоглощения, измеряемого в условиях падения звуковой волны под одним углом (по нормали) к поверхности материала или изделия, проводили на образцах со средней плотностью 50 и 100 кг/м³. Измерения проводили в третьоктавных полосах частот в диапазоне 125...4000 Гц. Результаты испытаний приведены на рис. 2 (частотная характеристика нормального коэффициента звукопоглощения образцов).

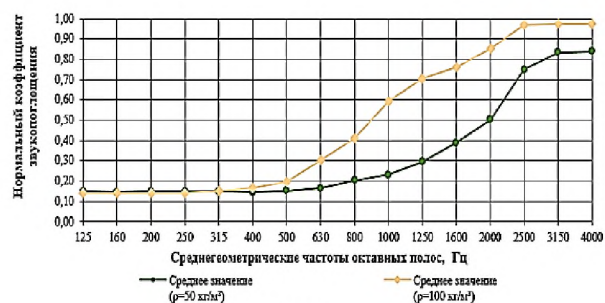


Рис. 2

Нормальный коэффициент звукопоглощения для образца толщиной 25 мм со средней плотностью 100 кг/м³ в диапазоне 500...4000 Гц составляет 0,2...0,97, что соответствует акустическим параметрам минераловатных изделий.

ВЫВОДЫ

Проведенные исследования подтверждают выдвинутую гипотезу о возможности применения вторичных полиэфирных волокон для производства тепло- и звукоизоляционных материалов. При этом основные эксплуатационные свойства полученных материалов удовлетворяют требованиям нормативных документов, а прогнозируемая себестоимость материала не превышает 1000 руб/м³.

ЛИТЕРАТУРА

1. Перлина Ж.В., Марьев В.А., Шувалов Ю.А. Переработка использованных шин: международный опыт // Твердые бытовые отходы. – 2012, № 12. С.58...63.
2. Vincenzo Torretta, Elena Cristina Rada, Marco Ragazzi, Ettore Trulli, Irina Aura Istrate, Lucian Ionel Cioca. Treatment and disposal of tyres: Two EU approaches. A review // Waste Management. –Vol. 45, 2015. P. 152...160.
3. Беседин С.А., Хабарова Е.И. Пути уменьшения отходов шинной промышленности // Вестник МИТХТ. Серия: Социально-гуманитарные науки и экология. – 2015, Т. 2, № 2. С. 55...61.
4. Иванов К.С., Сурикова Т.Б. Утилизация изношенных автомобильных шин // Мат. 65-й Междунар.

науч.-техн. конф.: Приоритеты развития отечественного автотракторостроения и подготовки инженерных и научных кадров. Т.10. – М.: МГТУ «МАМИ», 2009.

5. Serdar Marijana, Baričević Ana, Lakušić Stjepan, Bjegović Dubravka. Special purpose concrete products from waste tyre recyclates // *Gradevinar*. – № 65. P.793...801.

6. Benazzouk A., Douzane O., Langlet T., Mezreb K., Roucoult J., Queneudec M. Physico-mechanical properties and water absorption of cement composite containing shredded rubber wastes // *Cement and Concrete Composites*. – №29, 2007. P. 732...740.

7. Ozkan Sengul. Mechanical behavior of concretes containing waste steel fibers recovered from scrap tires // *Construction and Building Materials*. –Vol. 122, 2016. P.649...658.

8. Vasconcelos G., Lourenço P.B., Camões A., Martins A., Cunha S. Evaluation of the performance of recycled textile fibres in the mechanical behaviour of a gypsum and cork composite material // *Cement and Concrete Composites*. – Vol. 58, 2015. 2015. P. 29...39.

9. Parres F., Crespo-Amorós J.E., Nadal-Gisbert A. Mechanical properties analysis of plaster reinforced with fiber and microfiber obtained from shredded tires // *Construction and Building Materials*. –Vol. 23, 2009. Issue 10. P. 3182...3188.

10. Евменов С.Д., Силинина Е.Б. Получение волокнистых теплоизоляционных материалов как способ утилизации вышедшей из употребления тары из полиэтилентерефталата // *Вестник КузГТУ*. – 2009, №2. С. 186...189.

11. Полиэфирный утеплитель – [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: http://www.favoright.ru/catalog/teploizolyacionnye_mater/poliefirniy_uteplitel/ (дата обращения 05.03.2017).

REFERENCES

1. Perlina Zh.V., Mar'ev V.A., Shuvalov Ju.A. Pererabotka ispol'zovannyh shin: mezhdunarodnyj opyt // *Tverdye bytovye othody*. – 2012, № 12. S.58...63.

2. Vincenzo Torretta, Elena Cristina Rada, Marco Ragazzi, Ettore Trulli, Irina Aura Istrate, Lucian Ionel Cioca. Treatment and disposal of tyres: Two EU approaches. A review // *Waste Management*. –Vol. 45, 2015. P. 152...160.

3. Besedin S.A., Habarova E.I. Puti umen'shenija othodov shinnoj promyshlennosti // *Vestnik MITHT. Serija: Social'no-gumanitarnye nauki i jekologija*. – 2015, T. 2, № 2. S. 55...61.

4. Ivanov K.S., Surikova T.B. Utilizacija iznoshennyh avtomobil'nyh shin // *Mat. 65-j Mezhdunar. nauch.-tehn. konf.: Prioritety razvitija otechestvennogo avtotraktorostroenija i podgotovki inzhenernyh i nauchnyh kadrov*. Т.10. – М.: МГТУ «МАМИ», 2009.

5. Serdar Marijana, Baričević Ana, Lakušić Stjepan, Bjegović Dubravka. Special purpose concrete products from waste tyre recyclates // *Gradevinar*. – №65. P.793...801.

6. Benazzouk A., Douzane O., Langlet T., Mezreb K., Roucoult J., Queneudec M. Physico-mechanical properties and water absorption of cement composite containing shredded rubber wastes // *Cement and Concrete Composites*. – №29, 2007. P. 732...740.

7. Ozkan Sengul. Mechanical behavior of concretes containing waste steel fibers recovered from scrap tires // *Construction and Building Materials*. –Vol. 122, 2016. P.649...658.

8. Vasconcelos G., Lourenço P.B., Camões A., Martins A., Cunha S. Evaluation of the performance of recycled textile fibres in the mechanical behaviour of a gypsum and cork composite material // *Cement and Concrete Composites*. – Vol. 58, 2015. 2015. P. 29...39.

9. Parres F., Crespo-Amorós J.E., Nadal-Gisbert A. Mechanical properties analysis of plaster reinforced with fiber and microfiber obtained from shredded tires // *Construction and Building Materials*. –Vol. 23, 2009. Issue 10. P. 3182...3188.

10. Evmenov S.D., Silinina E.B. Poluchenie voloknistyh teploizoljacionnyh materialov kak sposob utilizacii vyshedshej iz upotreblenija tary iz polijetilentereftalata // *Vestnik KuzGTU*. – 2009, №2. S.186...189.

11. Polijefirnyj uteplitel' – [Jelektronnyj resurs] – Rezhim dostupa. – URL: http://www.favoright.ru/catalog/teploizolyacionnye_mater/poliefirniy_uteplitel/ (data obrashhenija 05.03.2017).

Рекомендована кафедрой строительных материалов. Поступила 10.05.17.