

УДК 502.174:69

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА УТИЛИЗАЦИИ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ИЗНОШЕННЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН В ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В.С. Демьянова

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой*

В.Г. Камбург

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой

Кафедра прикладной математики и информатики**

Р.А. Дярькин

Аспирант*

*Кафедра «Инженерная экология»**

**Пензенский государственный университет архитектуры и строительства
ул. Г. Титова, 28, г. Пенза, Россия, 440028

Зношені автомобільні шини, накопичуючись в місцях їх експлуатації тривалий час, забруднюють навколишнє середовище внаслідок високої стійкості до впливу зовнішніх факторів (сонячного світла, кисню, мікробіологічних впливів та ін.)

Ключові слова: зношені автомобільні шини, гумова крихта, металокорд, текстильний корд, гумова черепиця

Изношенные автомобильные шины, накапливаясь в местах их эксплуатации длительное время загрязняют окружающую среду вследствие высокой стойкости к воздействию внешних факторов (солнечного света, кислорода, микробиологических воздействий и пр.)

Ключевые слова: изношенные автомобильные шины, резиновая крошка, металлокорд, текстильный корд, резиновая черепица

Worn tires, accumulating in areas of their operation for a long time, pollute the environment because of its high resistance to external factors (sunlight, oxygen, and microbiological effects, etc.)

Key words worn tires, crumb rubber, steel, textile cord

В условиях реализации концепции устойчивого развития стран и регионов особую актуальность приобретает проблема рециклинга отходов природного и техногенного происхождения. Это обусловлено глобальными нарушениями экологических условий и ухудшением качества окружающей среды.

Одними из наиболее распространённых техногенных отходов являются изношенные автомобильные шины (далее - ИАШ). Активное распространение во всём мире автомобильного транспорта влечёт за собой накопление значительных объёмов ИАШ. В странах Европейского Союза ежегодно образуется более 1500 млн. кг амортизационных автомобильных шин, в Соединённых Штатах Америки более 2500 млн. кг/год, в Японии более 500 млн. кг/год. В России в настоящее время объёмы образования ИАШ достигают 1000 млн. кг/год. В Мире же ежегодно образуется свыше 3000 млрд. кг, что наносит существенный ущерб окружающей среде и здоровью человека, в основном, вследствие сжигания шин в топках заводов и захламления земель.

Конструктивная особенность автомобильной покрышки показывает, что практически все её элементы после переработки могут быть востребованы различными отраслями промышленности в достаточном объёмах. Несмотря на то, что интерес к утилизации продуктов переработки изношенных ав-

томобильных шин возрастает и активно исследуются различные пути переработки этих отходов, радикального решения проблемы не существует. Одной из главных причин, сдерживающих их использование, является, во-первых, непостоянство состава и свойств этого вида вторичного сырья, что не позволяет при заданных технологических параметрах процесса обеспечить стабильно высокое качество готовой продукции, во – вторых - отсутствие промышленных способов переработки ИАШ. Между тем, анализ существующих методов переработки свидетельствует о возможности утилизации продуктов переработки изношенных шин в качестве вторичных ресурсов. В современных покрышках содержится: не менее 60% резины, 20% металлического и 20% текстильного корда. Высокая степень использования именно этих продуктов должна явиться экономическим стимулятором дальнейшего развития способов переработки автомобильных шин. Однако, несмотря на очевидные преимущества, увеличивающееся ежегодно количество непригодных к употреблению автомобильных покрышек, отправляемых на пункты хранения (свалки), или просто закапываемых в землю, свидетельствует о слаборазвитой сфере переработки. Существующие технологии переработки ИАШ не в состоянии справиться с громадными и, постоянно пополняющимися объёмами их образования.

Современные шины состоят из разнородных материалов, обладающих большой устойчивостью к механическим повторно-переменным нагрузкам и разрушающим факторам внешней среды и характеризуются повышенным качеством применяемого для их изготовления сырья.

Производство по переработке шин для последующего использования продуктов переработки в качестве экологически безопасного вторичного материального сырья в Пензенском регионе, в промышленном масштабе, отсутствует. В тоже время, анализ существующих методов переработки [1] свидетельствует о возможности получения и использования продуктов переработки изношенных шин в качестве вторичных ресурсов. Наиболее эффективным в экономическом и экологическом плане является механическая переработка изношенных автошин. Переработка автомобильных покрышек механическим способом позволяет сохранить физико-химические и механические свойства составляющих покрышек. В настоящее время на базе ОАО «Пензмаш» (г. Пенза) создана пилотная линия КПШ-1 по переработке шин. Преимуществом данной линии перед многими аналогами является возможность полной переработки покрышек, как от легковых, так и грузовых автомобилей. Производительность установки КПШ-1 составляет 3 тонн покрышек за смену. В результате образуется резиновая крошка фракции 1...4 мм, металлоруд и текстиль. Однако, данные продукты в настоящее время остаются практически не востребованными, в результате чего происходит их скопление на складах. Результатом служит экономическая не заинтересованность бизнеса в переработке шин и, как следствие, экологическая не стабильность.

Для реализации направлений рециклинга автомобильных шин необходимы материалы и технологии, которые в большой степени вмещали бы в себя продукты переработки и при этом превосходили аналоги не только в ценовом показателе, т.к. это не всегда является критерием рыночного успеха, но и по количественным и качественным характеристикам. Оценка рынка сырья, комплексный анализ продуктов переработки изношенных шин, позволили выявить их качественные и количественные характеристики, сравнить с аналогичной продукцией и сформулировать предпосылки для дальнейшего применения данных продуктов в качестве основного или дополнительного компонента при создании ресурсосберегающих строительных материалов.

Предложен комплексный материальный рецилинг природных и техногенных отходов, осуществляемый по следующим направлениям:

- создание эффективной отечественной черепицы и дисперсноармированных бетонов с использованием в качестве сырьевых компонентов продуктов переработки изношенных автомобильных шин [2];

- использование измельчённых отходов камнедробления нерудных каменных материалов месторождений Пензенской области в качестве наполнителя цементной матрицы дисперсноармированного фибробетона [3].

Для реализации предложенных направлений использовалось математическое и компьютерное моделирование, являющиеся непрерывным итерационным процессом приближения модельных представлений к свойствам объекта, базирующимся на использовании экспериментальных данных, теоретических предпосылок, информационных технологий и системных знаний содержательной области, к которой принадлежит конкретная задача [4]. Постановка цели и задач моделирования процесса утилизации определяется после содержательного качественного анализа используемых методов переработки ИАШ, эколого-экономического обоснования, социального заказа, стоимостных оценок и пр.

Следуя нижеописанной последовательности моделирования, рассматриваются и формализуются общие схемы возникающих практических задач и их математические модели в виде задач линейного программирования (нахождение условного экстремума функции многих переменных). В каждом конкретном случае утилизации изношенных автомобильных шин ставится задача оптимизации, приводится пример её решения.

Конкретизация смысла искомым неизвестных модели приводится в тексте по мере постановки условия задачи.

Процесс утилизации изношенных автомобильных шин объёма V с дальнейшим использованием продуктов, образуемых в результате переработки в различных параллельно-последовательных технологиях (например, помола на экструдерах различной мощности, фракционирования, переплавки, захоронения, товарной реализации, прессования для получения резиночерепицы и т.п.) осуществлялся поэтапно в следующей последовательности.

В каждом r -том рецикле ($r=1, \dots, R$ - количество рециклов) образуется k_r - видов продуктов и m_r - видов отходов. Обозначим через V_i^r объём i -ого продукта в r -том рецикле, а через U_j^r объём j -ого отхода. Очевидным условием каждого r -того этапа, является выполнение материального баланса (1), прерывание которого на r -том цикле будет зависеть от социального заказа получаемых материалов. При этом, отход r -того рецикла может оказаться исходным продуктом для следующего возможного рецикла. Материальный баланс процесса утилизации ИАШ может быть представлен в виде следующего выражения:

$$V_r = \sum_{i=0}^{i=k} V_i^{r+1} + \sum_{j=0}^{j=m} U_j^{r+1}, \quad (1)$$

На основе предлагаемого алгоритма утилизации ИАШ с использованием е компьютерной программы Microsoft Office Excel 2007, разработано программное обеспечение «Материальный баланс ИАШ и продуктов их переработки».

Предлагаемая модель и программное обеспечение необходимо для выбора оптимальных вариантов использования различных видов ресурсов, в том числе вторичных, на базе техногенных отходов с целью развития экоиндустрии в строительстве. Предлагаемые направления утилизации обеспечат создание и вывод на рынок высокоэффективных инновационных отечественных строительных материалов из продуктов переработки изношенных автомобильных шин, создание современного высокотехнологического

го комплекса, включающего в себя: оборудование по безотходной переработке изношенных автомобильных шин и производству высококачественной про-

дукции на основе резиновой крошки и металлокорда, систему организации сбора и сортировки отходов в регионах России.

Литература

1. Демьянова В.С. Комплексное использование промышленных отходов. // Экология и промышленность России. – 2008- С.12-14.
2. Демьянова В.С., Гусев А.Д., Дярькин Р.А. Черепица на основе резиносодержащих отходов // Материалы международной научно-технической конференции «Актуальные вопросы строительства» в 2 частях, часть 1. Изд-во Мордовского университета. - 2009. с. 10-13.
3. Демьянова В.С., Макаров М.М., Дярькин Р.А., Кураков П.А. Снижение техногенной нагрузки на окружающую среду путём использования отходов автопромышленного комплекса // Экология урбанизированных территорий. – 2008. - № 4. с. 86-90.
4. Уэйн Л.В. Microsoft Office Excel 2007. // Анализ данных и бизнес-моделирование. - СПб.: БХВ - Петербург, - 2007.

Отримані інтегральні рівняння, які описують розсіяння пружних хвиль на неоднорідності кінцевого розміру, що знаходиться в безмежному анізотропному середовищі. Показано, що вони еквівалентні диференціальним рівнянням

Ключові слова: інтегральні рівняння, функція Гріна, пружні хвилі

Получены интегральные уравнения, которые описывают рассеяние упругих волн на неоднородности конечного размера, находящейся в безграничной анизотропной среде. Показано, что они эквивалентны дифференциальным уравнениям

Ключевые слова: интегральные уравнения, функция Грина, упругие волны

Integral equations, describing the scattering of elastic waves on homogeneities of finite size, located in an infinite anisotropic medium are given. It is shown that they are equivalent to differential equations

Keywords: integral equations, Grin function, elastic waves

УДК 548.4, 517.958:532.72

ВЫВОД ИНТЕГРАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ, ОПИСЫВАЮЩИХ РАССЕЯНИЕ УПРУГИХ ВОЛН В АНИЗОТРОПНОЙ СРЕДЕ

Е. М. Прохоренко

Кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник
Институт электрофизики и радиационных технологий
НАН Украины
ул. Гуданова, 13, г. Харьков, 61002
Контактный тел.: (057) 700-41-11

Введение

Одним из методов исследования материалов есть воздействие на них пучком заряженных частиц. При попадании в кристалл иона происходит создание различных дефектов. Дефекты могут иметь как точечную, так и протяженную структуру. При создании этих дефектов контроль осуществляется посредством подбора параметров легирования. Особенности уже созданных нарушений могут исследоваться ядерно-физическими методами, в частности методом обратного рассеяния. Во время создания дефекта происходит изменение структуры облучаемого

материала, и соответственно изменяются поля упругих напряжений. При их описании используются дифференциальные уравнения. Однако в настоящее время многие краевые задачи, возможно, решить с использованием уравнений поля в интегральной форме, которые эквивалентны дифференциальным уравнениям.

Интегральные уравнения широко применяются для решения задач распространения электромагнитных волн в волноводах различной конфигурации, их рассеивания на неоднородностях [1]. Также, использование интегральных уравнений позволило решить ряд задач диффузии [2]. Переход от дифференци-