

УДК [502+33]:691.17

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УТИЛИЗАЦИИ РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ ВО ВТОРИЧНОЕ СЫРЬЕ

Горячева А.А., Дярькин Р.А.

*ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный технологический университет»,
Пенза, e-mail: penza-ruslan@mail.ru*

Подавляющее воздействие на степень переработки и утилизации резинотехнических отходов оказывает высокая обеспеченность промышленности России углеводородным сырьем. Ежегодный прирост резинотехнических отходов увеличивает объемы их утилизации путем сжигания, что наносит вред здоровью населения и окружающей среде. Предложена эффективная схема сбора резинотехнических отходов, способствующая работе органов местного самоуправления в привлечении инвестиций со стороны заинтересованных инвесторов, юридических или физических лиц. Выполнено математическое и компьютерное моделирование утилизации резинотехнических отходов во вторичное материальное сырье, позволяющее усовершенствовать эколого-экономическое развитие предприятий-переработчиков. Реализация предлагаемых направлений позволяет решить не только экологическую задачу утилизации резинотехнических отходов, но также расширить сырьевую базу строительных изделий и материалов. К этому следует добавить высокий экономический эффект от создания рабочих мест до развития индивидуального и городского строительства.

Ключевые слова: сбор и утилизация резинотехнических отходов, математическое и компьютерное моделирование

ECOLOGO-ECONOMICAL EVALUATION OF UTILIZATION OF RUBBER-TECHNICAL WASTE INTO SECONDARY RAW MATERIAL

Goryacheva A.A., Dyarkin R.A.

Penza State Technological University, Penza, e-mail: penza-ruslan@mail.ru

The overwhelming impact on the degree of processing and recycling of rubber-technical waste, provide high security industry in Russia hydrocarbon feedstock. Annual growth of the rubber-technical waste increases the volume disposal by incineration, harming the health of population and environment. Propose the effective scheme of collecting rubber-technical waste, of promoting the work of local authorities in attracting investments from interested investors, legal entities or physical persons. Completed mathematical and computer modeling utilization of rubber-technical waste into secondary raw, allowing to improve the ecological and economic development enterprise-recycling. Implementation of the proposed areas enables us not only to solve the environmental problem of recycling of rubber waste, as well as expand its resource base of building products and materials. Added to this is a high economic effect from creation of workplaces to the development of the individual and urban construction.

Keywords: collection and recycling of rubber-technical waste, mathematical and computer modeling

Утилизация резинотехнических отходов (РТО) – это многочисленные физические и химические методы деструкции отработанного изделия во вторичное материальное сырье. Механическая переработка позволяет сохранить физико-химическую целостность РТО и тем самым максимально результативно осуществить их рециклинг [2]. Для увеличения эколого-экономической эффективности и качества оценки рециклинга резинотехнических отходов необходимо применение математического моделирования [4].

На сегодняшний день наблюдается рост негативного воздействия объектов экономики на окружающую среду и жизнедеятельность населения урбанизированных территорий. В связи с этим актуальным является совершенствование региональной политики, предусматривающей тесное взаимодействие экономики и экологии. Переработка различных видов техногенных отходов ведется во всех развитых странах мира и представляет собой последовательный процесс, предусматривающий анализ

и оценку образования отходов и способы их утилизации. Технологии утилизации отходов оцениваются исходя из эколого-экономической эффективности, интерес к которой возникает как со стороны органов местного самоуправления, так и со стороны отходоперерабатывающих предприятий и потребителей продуктов переработки техногенных отходов [5].

Одними из наиболее опасных техногенных отходов для окружающей среды и здоровья населения являются резинотехнические отходы (РТО), негативное воздействие которых, главным образом, проявляется в виде несанкционированного сжигания с выделением выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, захламления территорий муниципалитетов, свалок, водоохраных зон и т.д. Однако в состав большинства резинотехнических отходов входят различные материалы, такие как каучук, лом легированной стали, текстиль и кожа, применение которых после переработки возможно в промышленности строительных изделий, что позволит увеличить

использование вторичного материального сырья и уменьшить потребление природных ресурсов [3].

Сбор и временное накопление РТО на урбанизированных территориях должны осуществляться исходя из следующих основных аспектов: численности проживаемого населения; наличия постоянного транспортного сообщения и удаленности от других населенных пунктов [1]. Мероприятия, проводимые в рамках временного накопления РТО, должны включать в себя:

– сбор резинотехнических отходов от хозяйствующих субъектов, объектов инфраструктуры и населения многоквартирных жилых домов и в местах временного накопления отходов, обустроенных

а) контейнерами емкостью от 10 до 15 м³;
б) бункерами закрытого типа емкостью от 10 м³ до 15 м³;

в) спецплощадками временного накопления РТО;

– сбор резинотехнических отходов от населения частного жилищного фонда с использованием безконтейнерного сбора или позвонковой системы;

– сбор резинотехнических отходов от объектов инфраструктуры и хозяйствующих субъектов:

а) в местах сбора, расположенных на территории субъекта инфраструктуры хозяйствующего субъекта;

б) в местах сбора, расположенных рядом при наличии заключенного договора на сбор и вывоз РТО с владельцем места сбора отходов;

– сбор резинотехнических отходов, образующихся в садоводческих, огороднических и дачных некоммерческих объединениях граждан и гаражно-строительных кооперативах:

а) в местах сбора отходов, расположенных на их территории;

б) в местах сбора отходов, расположенных рядом с территорией при наличии заключенного договора на сбор и вывоз отходов с владельцем места сбора РТО;

– транспортирование резинотехнических отходов, которое осуществляется на универсальные полигоны отходов напрямую или через мусороперегрузочные станции, если это экономически выгодно для муниципалитетов;

– сортировку и ликвидацию резинотехнических отходов на универсальных полигонах отходов или на предприятиях полной линии утилизации РТО в конечные продукты [1].

Универсальный полигон отходов необходим для каждого крупного населенного пункта. Все универсальные полигоны отхо-

дов должны носить статус межмуниципальных объектов размещения отходов.

Организация сбора и утилизации резинотехнических отходов на урбанизированных территориях субъектов Российской Федерации включает в себя комплекс мероприятий: подбор клининговых компаний, введение дифференцированных ставок оплаты финансовых средств за сдачу отходов хозяйствующими субъектами и частным сектором, подбор участков для размещения специальных площадок и контейнеров сбора резинотехнических отходов и т.п. Проведение названных мероприятий должно возлагаться на органы местного самоуправления законодательно на местном уровне.

При разработке эффективной системы организации сбора резинотехнических отходов на территории конкретного субъекта Российской Федерации урбанизированные территории городов и районных центров могут разделяться на центральные, крупные, средние и малые населенные пункты.

Эффективная схема сбора резинотехнических отходов разработана по двум основным направлениям:

а) утилизация РТО на предприятиях полной или частичной линии утилизации в конечные продукты (строительные изделия и материалы);

б) поставка продуктов переработки резинотехнических отходов с территории универсальных полигонов отходов или перерабатывающих организаций на предприятия полной или частичной линии утилизации РТО (рис. 1).

Сбор и утилизация резинотехнических отходов по безотходной технологии является наиболее перспективным направлением, при этом для обеспечения принципа безотходности необходимо сохранить физико-химические и механические свойства всех составляющих компонентов РТО. Из всех известных способов переработки такому требованию удовлетворяет механический метод, позволяющий раздельно извлекать резиновую крошку от сопутствующих материалов.

Вместе с тем такие аспекты, как многокомпонентность резинотехнических отходов, широкий спектр применяемого технологического оборудования для переработки, оценка качества РТО и продуктов переработки, оценка получаемых изделий, должны быть объективно рассмотрены с точки зрения экологической (малоотходность при производстве строительных изделий за счет увеличения материалоемкости) и экономической (получение максимальной прибыли от реализации продукции и минимизации

сопутствующих затрат) составляющих. Подготовительный период утилизации РТО предполагает формулировку общих целей и задач, а также исследование существующего рынка утилизации продуктов переработки резинотехнических отходов или готовых строительных изделий, оценку требуемых ресурсов в регионе. Цикл реализа-

ции предусматривает внедрение технологий сбора и утилизации резинотехнических отходов органами местного самоуправления. Оценка результатов складывается помимо достижения поставленных задач цикла реализации из экономического обоснования процесса утилизации РТО при помощи моделирования [4].

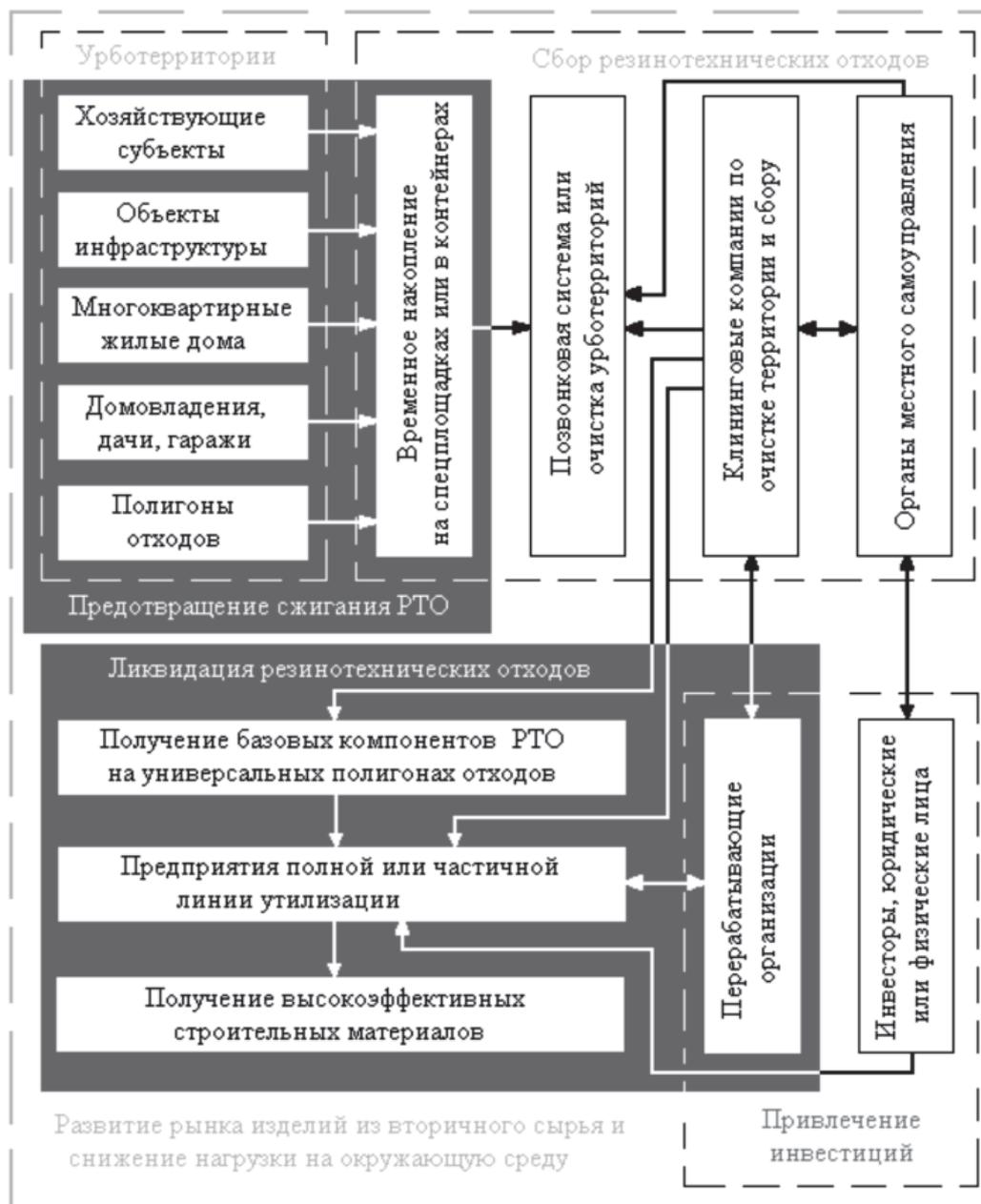


Рис. 1. Схема сбора резинотехнических отходов

Математическое моделирование утилизации исходного объема определенного вида резинотехнических отходов R_v дальнейшим использованием продуктов, получающихся после переработки в различных параллельно-последовательных технологи-

ях (например, помола на экструдерах различной мощности, фракционирования, переплавки, захоронения, товарной реализации, прессования для получения изделия и т.п.), выполнено в следующей последовательности (рис. 2).

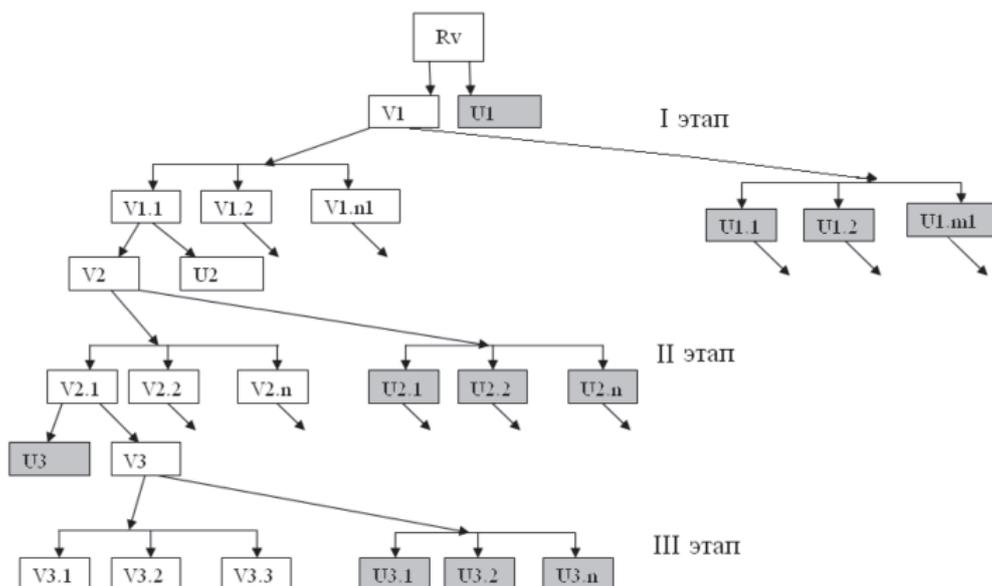


Рис. 2. Схема последовательной утилизации резинотехнических отходов

В каждом r -м рецикле ($r = 1, \dots, R$ – количество рециклов) образуется k_r – видов продуктов и m_r – видов отходов. Обозначим через V_i^r объём i -го продукта в r -м рецикле, а через U_j^r объём j -го отхода. Очевидным условием каждого r -го этапа, является выполнение материального баланса (1), прерывание которого на r -м рецикле будет зависеть от социального заказа получаемых материалов. При этом отход r -го рецикла может оказаться исходным продуктом для следующего возможного рецикла.

Предлагаемая математическая модель представлена следующим выражением процесса утилизации РТО [4]:

$$R_v = \sum_{i=0}^{i=k} V_i^{r+1+r-n} + \sum_{j=0}^{j=m} U_j^{r+1+r-n}. \quad (1)$$

$$F(x_1, x_2, \dots, x_n) = c_1 x_1 + c_2 x_2 + \dots + c_n x_n \rightarrow \max. \quad (2)$$

Обеспечение максимального значения целевой функции (2) включает набор неизвестных (x_1, x_2, \dots, x_n) , являющихся решением системы неравенств [4]. Переменные x_1, x_2 и x_n принимают положительные значения: $x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_n \geq 0$ и являются, например, показателями цены продуктов переработки РТО в отдельном регионе в зависимости от их объема и установленных фракций. Коэффициенты системы неравенств и функции $F(x_1, x_2, \dots, x_n)$ определяются условием конкретной задачи и задаются в виде известных чисел.

В соответствии с предложенной математической моделью утилизации резинотехнических отходов (1) с использованием

Определение качественно-аналитических оценок на очередном рецикле начинается с постановки основной цели в виде планирования перечня возможного получения промежуточных или конечных продуктов, а также отходов. Постановка цели определяется после содержательного качественного анализа доступных и работоспособных методов, эколого-экономической ситуации, социального заказа, стоимостных оценок и др. Очевидно, что количество рециклов и их рациональность определяет пользователь исходя из конкретных задач.

На каждом из этапов (рециклов) утилизации резинотехнических отходов, с помощью линейного приближения определяется максимальное значение целевой функции:

Microsoft Office Excel 2007 разработаны программы «Материальный баланс» и «Оптимизация составов». Численное решение находится симплекс-методом при использовании пакета MS Excel с помощью надстройки «Поиск решения» [6]. Использование данных программ и ввод имеющихся исходных данных перед началом утилизации РТО позволяет:

- 1) оптимизировать работу предприятия-переработчика;
- 2) выполнить эколого-экономическую оценку от внедрения в производство строительных изделий наиболее доступных технологий использования вторичного материального сырья.

Список литературы

1. Бабанин И.В. Организация селективного сбора отходов: методические рекомендации // Твердые бытовые отходы. – 2009. – № 9. – С. 10–17.
2. Бурцева Н.Н. Экоиндустрия в сфере отходов: планирование на территориальном уровне // Твердые бытовые отходы. – 2011. – № 3. – С. 10–12.
3. Дяркин Р.А. Применение отходов автотранспортного комплекса в качестве вторичного сырья при производстве строительных материалов // Теория и практика повышения эффективности строительных материалов: сб. трудов Международной конференции. – Пенза, 2011. – С. 70–72.
4. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование: идеи, методы. – М.: Физматлит, 2002. – 320 с.
5. Чумаченко Н.Г. Критерии оценки промышленных отходов с целью использования их в стройиндустрии // Экология и здоровье человека. – Самара, 2001. – С. 201–203.
6. Уэйн Л.В. Microsoft Office Excel 2007 // Анализ данных и бизнес-моделирование. – СПб.: БХВ – Петербург, 2007. – 446 с.

References

1. Babanin I.V. Organizatsiya selektivnogo sbora otkhodov. Metodicheskie rekomendatsii // Tverdye bytovye otkhody, 2009. no. 9. pp. 10–17.
2. Burtseva N.N. Ekoindustriya v sfere otkhodov: planirovaniye na territorialnon urovne // Tverdye bytovye otkhody, 2011. no. 3. pp. 10–12.

3. Dyarkin R.A. Primenenie otkhodov avtotransportnogo kompleksa v kachestve vtorichnogo syrya pri proizvodstve stroitelnykh materialov // Sbornik trudov Mezhdunarodnoi konferentsii «Teoriya i praktika povysheniya effektivnosti stroitelnykh materialov». Penza: 2011. pp. 70–72.

4. Samarski A.A., Mikhailov A.P. Matematicheskoe modelirovanie: idei, metody // M.: Fizmatlit, 2002. 320 p.

5. Chumachenko N.G. Kriterii otsenki promyshlennykh otkhodov s tselyu ispolzovaniya ikh v stroiindustrii // Ekologiya i zdorovye cheloveka. Samara: 2001. pp. 201–203.

6. Uein L.V. Microsoft Office Excel 2007 // Analiz dannykh i biznes-modelirovanie. SPb.: BKHV Peterburg, 2007. 446 p.

Рецензенты:

Рыжаков В.В., д.т.н., профессор, заслуженный деятель науки РФ, заведующий кафедрой «Техническое управление качеством», ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный технологический университет», г. Пенза;

Прошин И.А., д.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Автоматизация и управление», ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный технологический университет», г. Пенза.

Работа поступила в редакцию 20.09.2013.