

УДК 629.3.027.5.002.8:628.475.4

**В. А. ПЕНЧУК, Ю. А. НОВИЧКОВ**

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО УТИЛИЗАЦИИ ИЗНОШЕННЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН И ОТРАБОТАННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ МАСЕЛ**

**Аннотация.** Разработан экологически безопасный технологический комплекс для утилизации изношенных шин пневмоколесного транспорта с применением метода низкотемпературного пиролиза. В результате работы предложенного комплекса утилизируются промышленные резинотехнические отходы и отработанные технические масла, производится качественное вторичное сырье. Установлено, что предложенная технологическая линия является экологически безопасной, ресурсосберегающей и экономически эффективной.

**Ключевые слова:** изношенные автомобильные шины, вторичные продукты, технологический комплекс, экологическая безопасность, материальный баланс, эколого-экономический эффект.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Рост количества и интенсивности эксплуатации транспорта на пневмоходу как личного пользования, так и в промышленности привел к появлению большого количества отработанных шин [1]. Данные отходы специфичны: не подвергаются гниению и саморазрушению; для их хранения нужны значительные земельные площади; это источник загрязнения населенных пунктов, водоемом и лесонасаждений; при их сжигании выделяется значительное количество вредных веществ.

В то же время изношенные шины сохраняют достаточный уровень технологических свойств и могут рассматриваться как вторичное сырье для получения ценного углеводородного топлива, лома легированной стали и текстильного материала в виде натуральных и синтетических волокон [2]. Поэтому проблема утилизации изношенных шин актуальна как с экологических, так и с экономических аспектов.

Обоснование технологии переработки изношенных шин методом низкотемпературного пиролиза

При большом многообразии технических решений по переработке промышленных и бытовых отходов, приоритетными должны стать те технологии, которые обеспечивают: высокую экологическую безопасность предложенного технологического процесса; утилизацию отходов непосредственно на месте их скопления; максимально низкую энергоемкость самого процесса утилизации; безотходный технологический процесс; получение продуктов, имеющих коммерческую ценность.

Именно за счет использования пиролитической переработки отработанных шин возможно получение ряда полезных полупродуктов и энергоносителей. Процесс пиролиза органического вещества весьма сложен, кроме того, от условий его проведения зависит как количественный выход продуктов, так и их качественный и химический состав. Варьируя условия протекания процесса пиролиза, можно получать тот или иной набор продуктов, среди которых основными являются газовая смесь, горячая жидкость и твердый углеродистый остаток. Все три компонента являются ценным вторичным сырьем, которое может использоваться в качестве альтернативного топлива [3].

В настоящее время можно заказать пиролизные реакторы от разнообразных производителей, которые обещают достаточно быстрое получение экономического роста путем сбыта продуктов пиролиза. Однако реальная картина, получаемая после запуска в работу реактора, несколько другая. Причиной этому является несовершенная технология низкотемпературного пиролиза, которая

обеспечивает низкое качество полученных вторичных продуктов, при этом их характеристики очень далеки от стандартных показателей, традиционных аналогов и к тому же обладают резким неприятным запахом. Такой продукт никак нельзя считать товарным прежде всего по экологическим соображениям, и, как следствие, вложенные в проект материальные ресурсы можно считать утраченными. Многолетние исследования процессов пиролиза [4], и не только самого процесса деструкции сырья без доступа кислорода, но и технологий очистки получаемых вторичных продуктов и доведения их до товарного вида [5], позволяют утверждать, что создание эффективного пиролизного реактора представляется возможным. Примером сказанному может быть разработанный нами технологический комплекс для переработки изношенных автомобильных шин, резинотехнических изделий и отработанных технических масел. Данный комплекс позволяет получить качественное печное топливо – аналог традиционному печному бытовому топливу (ТУ 38.101656-87, ГОСТ 10585-99), технической углерод – аналог стандартному углероду марки П-803, растворитель для лакокрасочных изделий и металлолом. При этом утилизироваться может не только техническая резина, но и отработанные моторные и трансформаторные масла. Полученное печное топливо позволяет значительно экономить дефицитные энергоносители и снизить его себестоимость по сравнению с существующими стандартными видами печных топлив. Технический углерод имеет очень широкий спектр применения – начиная с металлургических процессов, применения в качестве сорбентов, и завершая применением в виде пигмента в лакокрасочных изделиях, так же как и получаемый растворитель.

В таблице 1 проведены расчеты материального баланса для наиболее распространенного пиролизного реактора периодического действия производительностью 1 т изношенных автомобильных шин в сутки.

**Таблица 1** – Основные показатели материального баланса технологического комплекса по переработке изношенных автомобильных шин, рассчитанные для пиролизного реактора периодического действия производительностью 1 т / сутки

№ п/п	Параметр	Единица измерения	Показатель
1	Производительность пиролизного реактора	т/сутки	1
2	Объем утилизируемого технического масла	т/сутки	1,04
3	Объем получаемого пиролизного углерода	т/сутки	0,25
4	Объем получаемого растворителя	т/сутки	0,101
5	Объем получаемого печного топлива	т/сутки	1,3
6	Объем получаемого металлолома	т/сутки	0,08

Экологическими исследованиями установлено соответствие способа переработки изношенных автомобильных шин требованиям экологического законодательства, санитарным и строительным нормам и правилам, работа комплекса гарантирует безопасную для жизни и здоровья людей воздушную среду. Предлагаемое производство не является резонансным и может бесконфликтно сосуществовать с окружающей средой [6]. Необходимо отметить, что для проведения оценки впервые был использован комплексный подход с применением различных методик, используемых в Украине, Российской Федерации и ряде европейских стран. Учитывались такие показатели, как: группы суммации веществ, усиливающие опасность поражения; порог участия каждого отдельного вещества и коэффициент потенцирования.

Проведен расчет комплексного показателя загрязнения по формуле:

$$P_3 = \sqrt{\sum_{i=1}^n C_{i3кл}^2}, \quad (1)$$

где  $C_{i3кл}$  – концентрации, нормированные по ПДКс.с., которые приведены к концентрации веществ 3-го класса опасности;  
 $i$  – номер вещества.

Для улучшения качества расчетов предложено принять во внимание такие показатели как порог участия каждого отдельного вещества и коэффициент потенцирования  $\gamma$ , который учитывался следующим образом:

$$\sum_{i=1}^n \left( \frac{C_i}{ГДК_{м.р.-i}} \right)^\gamma \leq 1, \quad (2)$$

где  $C_i$  – концентрация  $i$ -го вещества в воздухе, мг/м<sup>3</sup>.

Для оценивания соответствия нормам экологической безопасности предложено использовать показатель экологичности:

$$P_{\varepsilon} = \sqrt{\sum_{i=1}^n K_{i3кл}^2}, \quad (3)$$

где  $K_{i3кл}$  – концентрации, которые нормированы по ПДК и приведены к концентрациям веществ 3-го класса опасности;  
 $i$  – номер вещества.

Для оценки характера производства рассчитывали коэффициент безотходности:

$$K_B = f(K_{\varepsilon}, K_P), \quad (4)$$

где  $K_{\varepsilon}$  – коэффициент экологичности производства;  
 $K_P$  – коэффициент использования ресурсов.

Категорию опасности производства рассчитывали по формуле:

$$K_{оп} = \sum_{i=1}^n \left( \frac{M_i}{ГДК_{с.с.i}} \right)^{a_i}, \quad (5)$$

где  $M_i$  – масса выброса  $i$ -го вещества, т/год;  
 $ГДК_{с.с.i}$  – среднесуточная предельно допустимая концентрация  $i$ -го вещества, мг/м<sup>3</sup>;  
 $n$  – количество загрязняющих веществ, выбрасываемых предприятием;  
 $a_i$  – безразмерная константа, которая позволяет соотнести степень вредности  $i$ -го вещества с вредностью сернистого газа (определяется в зависимости от класса опасности вещества).

Показатель экологичности свидетельствовал об удовлетворительном экологическом состоянии предложенного технологического комплекса, коэффициент экологичности производства и коэффициент использования ресурсов – о соответствии безотходному производству. Категория опасности производства отвечает 4-ой категории опасности.

Результаты расчетов комплексной оценки экономической и экологической эффективности предложенного технологического комплекса по утилизации изношенных автотракторных шин методом низкотемпературного пиролиза [7] представлены в таблице 2.

**Таблица 2** – Результаты расчетов оценки экономической и экологической эффективности предложенного технологического комплекса по утилизации изношенных автотракторных шин методом низкотемпературного пиролиза

№ з/п	Параметр	Сумма, тыс. руб. / год
1	Ожидаемый экономический эффект от реализации вторичных продуктов при условии работы пиролизного реактора производительностью 1 т/сутки по сырью	2 667,5
2	Условный эколого-экономический убыток от загрязнения атмосферного воздуха при работе предложенного технологического комплекса	«-» 0,4
3	Размер ущерба от загрязнения земельных ресурсов отработанными шинами автотранспорта, которого можно избежать благодаря работе предложенного технологического комплекса	145,9
4	Общий условный эколого-экономический эффект	2 813,1

Рассчитанный общий условный эколого-экономический эффект, который составил 2 813,1 тыс. руб./год является «идеальным», так как он определен при условии бесперебойной работы комплекса и полной реализации полученной продукции. Привлекательность и прибыльность предложенного технологического комплекса безусловна, даже несмотря на отсутствие государственной программы поддержки такого рода проектов, которая могла бы существенно прибавить интерес к получению «зеленых» технологий с принятием ряда законодательных актов.

Кроме рассчитанного условного эколого-экономического эффекта, следует признавать социальный эффект, возможность создания новых рабочих мест благодаря реализации данного проекта. Важным

моментом являється той факт, що на нинішній момент накоплено велике кількість некондиційного вторинного сировини – піролізного вуглецю та рідини, які в зв'язі з їх низьким якістю не можуть вважатися товарним продуктом і представляють серйозну небезпеку екології та здоров'ю людей. Неудачні спроби підприємців отримати надзвичайно великий прибуток привели до повернення изношених шин з IV групи небезпеки відходів до I групи, до якої належать некондиційні вторинні продукти піролізу. Це є реальною екологічною загрозою, оцінити яку в нинішній час дуже складно. Представлений нами технологічний комплекс здатний поступово вирішити цю проблему, перетворивши відходи I групи небезпеки в якісне вторинне сировини, яке має попит.

## ВИВОДИ

1. Розроблений технологічний комплекс по переробці изношених автомобільних шин, резинотехнічних виробів та використаних технічних масел слід вважати екологічно безпечним та ефективним з економічної точки зору.
2. При низькотемпературному піролізі виробляються високоякісні вторинні енергоресурси з низькою собівартістю, а також вирішується проблема утилізації промислових відходів.
3. Результати роботи рекомендовані до практичного застосування для захисту населення від негативних впливів та забруднень міської середовища та створення умов надійної безпеки життя та діяльності людини.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Національний доповідь про стан навколишнього природного середовища України в 1999 році [Текст]. – Київ : Видавництво Раєвського, 2000. – С. 53–56.
2. Некрасов, В. Г. Изношенные автомобильные шины как вторичный энергоресурс [Текст] / В. Г. Некрасов // Промышленная энергетика. – 1992. – № 7. – С. 42–45.
3. Петренко, Т. В. Піроліз зношених гумових шин – джерело альтернативних видів палива [Текст] / Т. В. Петренко, Ю. О. Новічков // Перспективи фінансування ЕКО-будівництва та енергозбереження із зарубіжних фондів : Інформаційні матеріали Міжнародної науково-практичної конференції за проектом «ЕКО-Будівництво» енергозберігаюче та екологічне будівництво в умовах трансформації економіки, (Львів, 7–8 грудня 2006 р.) / Упорядник І. І. Кульчицький. – Львів : ЛьВЦНТЕІ, 2006. – С. 96–106.
4. Утилізація використаних автомобільних шин [Текст] / Т. В. Петренко, Ю. А. Новічков, Е. І. Позднякова, В. В. Хазіпова. – Донецьк : Цифрова типографія, 2007. – 110 с.
5. Перспективи використання продуктів піролізу використаних автомобільних шин [Текст] / Т. В. Петренко, В. В. Хазіпова, Ю. А. Новічков, Е. І. Позднякова // П'ятий міжнародний конгрес по управлінню відходами та природоохоронними технологіями «ВейстТек – 2007», м. Москва, 29 травня – 1 червня 2007 г. : збірник доповідей / Фірма «СІБІКО Інтернэшнл». – Москва : Фірма СІБІКО Інтернэшнл, 2007. – С. 153–155.
6. Екологічна оцінка викидів при комплексній утилізації автомобільних шин методом піролізу [Текст] / А. А. Сердюк, С. І. Падалко, В. В. Хазіпова, Ю. А. Новічков // Екологія та промисловість : ежеквартальний науково-виробничий журнал. – 2009. – № 2. – С. 71–75.
7. Містобудування, територіальне і стратегічне планування: організаційно-економічні, правові, суспільні та еколого-технологічні аспекти [Текст] : монографія / Під загальною редакцією д. е. н., професора С. В. Богачов. – Донецьк : Ноулідж, Донецьке відділення, 2014. – 534 с.

Отримано 29.04.2017

**В. О. ПЕНЧУК, Ю. О. НОВІЧКОВ**  
**ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ КОМПЛЕКС З**  
**УТИЛІЗАЦІЇ ЗНОШЕНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ШИН ТА**  
**ВІДПРАЦЬОВАНИХ ТЕХНІЧНИХ МАСТИЛ**  
**ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»**

**Анотація.** Розроблено екологічно безпечний технологічний комплекс з утилізації зношених шин пневмоколійного транспорту з використанням методу низькотемпературного піролізу. У результаті роботи запропонованого комплексу утилізуються промислові гумовотехнічні відходи та відпрацьовані технічні мастила, виробляється якісна вторинна сировина. Встановлено, що запропонована технологічна лінія є екологічно безпечною, ресурсоощадною і економічно ефективною.

**Ключові слова:** зношені автомобільні шини, вторинні продукти, технологічний комплекс, екологічна безпека, матеріальний баланс, еколого-економічний ефект.

VALENTYNE PENCHYK, YURII NOVICHKOV  
ECOLOGICALLY SAFE TECHNOLOGICAL COMPLEX ON UTILIZATION OF  
THREADBARE MOTOR-CAR TIRES AND EXHAUST OIL  
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

**Abstract.** Ecologically safe technological complex has been developed for utilization of threadbare tires of pneumatic-tire transport with the use of the method of low temperature pyrolysis. As a result of the offered complex work industrial rubber wastes and exhaust oil are recycled, the high-quality recovered material is produced. It has been determined that the offered technological line is ecologically safe, resource saving and economically effective.

**Key words:** threadbare motor-car tires, after products, technological complex, ecological safety, financial balance, ecological and economic effect.

**Пенчук Валентин Алексеевич** – доктор технических наук, профессор кафедры технической эксплуатации и сервиса автомобилей, технологических машин и оборудования ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: научные основы модернизации строительных машин, утилизация отходов.

**Новичков Юрий Александрович** – старший преподаватель кафедры технической эксплуатации и сервиса автомобилей, технологических машин и оборудования ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: утилизация изношенных автомобильных шин.

**Пенчук Валентин Олексійович** – доктор технічних наук, професор кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів, технологічних машин та обладнання ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: наукові основи модернізації будівельних машин, утилізація відходів.

**Новичков Юрій Олександрович** – старший викладач кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів, технологічних машин та обладнання ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: утилізація зношених автомобільних шин.

**Penchuk Valentyne** – D. Sc. (Eng.), Professor, Technical Exploitation and Service of Automobiles, Technological Machines and Equipment Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: scientific basis of modernization of building machines, recycling of wastes.

**Novichkov Yurii** – senior lecturer, Technical Exploitation and Service of Automobiles, Technological Machines and Equipment Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: utilization of threadbare motor-car tires.