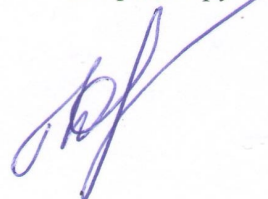


В печать  
22.02.2018г.  
С.В.А.

На правах рукописи



**Новичков Юрий Александрович**

**ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ  
РЕЦИКЛИНГА АВТОТРАКТОРНЫХ ШИН**

05.23.19 – экологическая безопасность строительства и городского хозяйства

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Макеевка – 2018

Работа выполнена на кафедре техносферной безопасности Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка.

**Научный руководитель:** доктор технических наук, профессор,  
**Пенчук Валентин Алексеевич,**  
ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», профессор кафедры технической эксплуатации и сервиса автомобилей, технологических машин и оборудования.

**Официальные оппоненты:** **Дрозд Геннадий Яковлевич,**  
доктор технических наук, профессор,  
профессор кафедры «Промышленное, гражданское строительство и архитектура» Института строительства, архитектуры и ЖКХ ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

**Калининин Олег Николаевич,**  
кандидат технических наук, доцент,  
ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет».

**Ведущая организация:** Государственный научно-исследовательский институт горноспасательного дела, пожарной безопасности и гражданской защиты «Респиратор», г. Донецк.

Защита состоится «17» мая 2018 года в 10<sup>00</sup> часов на заседании диссертационного совета Д 01.023.03 при ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры» по адресу: 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2, зал заседаний ученого совета. Тел. факс: +38 (0623) 22-77-19, e-mail: [d01.023.03@donnasa.ru](mailto:d01.023.03@donnasa.ru).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры» по адресу: 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2 (<http://donnasa.ru>).

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.

Ученый секретарь диссертационного совета Д 01.023.03

Башева Татьяна Сергеевна

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** На протяжении последних десятилетий автотракторный транспорт стал одним из факторов, значительно влияющим на экологию городов. Возрастание техногенной нагрузки на окружающую среду происходит не только из-за выхлопных газов, но и вследствие образующихся больших объемов отработанных шин. С целью решения этой проблемы Министерством природных ресурсов России 30.07.2003 г. был издан Указ, в котором изношенные и отбракованные шины, камеры и другие резинотехнические изделия признаны отходами IV-го класса опасности. В мировой практике существует ряд способов обращения с данным видом отходов, основными из которых являются сжигание, регенерация, дробление, восстановление, термоожижение, использование шин без предварительной подготовки, пиролиз. Выведенная из эксплуатации шина представляет собой ценное вторичное сырье, содержащее 65-70% резины, 15-25% технического углерода, 10-15% металла, поэтому ее эффективный рециклинг (переработка) может не только решать экологические проблемы, но и обеспечить высокую рентабельность перерабатывающих производств. Пиролиз – весьма распространенный химический способ утилизации выведенных из эксплуатации шин, при котором образуется твердый углеродный остаток, жидкость, а также газовая фаза. С экологической точки зрения он обладает неоспоримыми преимуществами и позволяет сохранить ценное углеводородное сырье с целью его последующего вторичного использования. Однако до настоящего времени недостаточно изученными являются параметры режимов пиролиза автотракторных шин, а также качественный и количественный состав получаемых с его помощью вторичных продуктов. В связи с этим возникает необходимость разработки рекомендаций по экологически безопасному применению технологии переработки изношенных и отбракованных шин с использованием потенциально перспективного способа низкотемпературного пиролиза.

### **Связь работы с научными программами, планами, темами.**

Основные исследования теоретического и прикладного характера выполнены в соответствии с государственными научно-исследовательскими темами (темы Д-2-2-03 «Эффективные технологии переработки промышленных отходов органического и минерального происхождения в высококачественные дорожные бетоны», Д-2-09-11 «Разработка новых технических и технологических решений по эффективной утилизации твердых бытовых отходов»), хозяйственными договорами с ООО «Стальмаркет» № 107-01 «Разработка технологии получения стандартного печного топлива из полимерных отходов» и с ООО «Таир» № 107-06 «Разработка технологии очистки смолы пиролиза отработанных автопокрышек», а также договором о научно-техническом сотрудничестве Харьковского национального автомобильно-дорожного университета и Донбасской национальной академии строительства и архитектуры.

**Цель работы:** проведение комплексных исследований по разработке рекомендаций экологически безопасного применения технологии низкотемпературного пиролиза для утилизации изношенных и отбракованных шин, а также способов получения качественного вторичного сырья с повышенной экологической безопасностью.

**Задачи исследования:**

- *выполнить* критический анализ экологической безопасности утилизации автотракторных шин с обеспечением ресурсосбережения в различных технологиях их переработки, *определить* основные причины, которые сдерживают широкое применение известных способов рециклинга;

- *установить* оптимальные параметры технологического процесса деструкции шинной резины без доступа кислорода для обеспечения экологической безопасности, энергоэффективности и ресурсосбережения технологического процесса переработки автотракторных шин способом низкотемпературного пиролиза;

- *определить* качественные и количественные характеристики получаемых вторичных продуктов на основании экспериментальных исследований;

- *разработать* способ повышения экологической безопасности вторичных продуктов и *изучить* варианты их возможного применения;

- *разработать* конструкцию энергоэффективной установки для пиролиза крупногабаритных автотракторных шин;

- *разработать* технологический комплекс по утилизации автотракторных шин с целью создания безопасных условий их переработки в условиях городского хозяйства;

- *провести* экологическую оценку влияния технологии низкотемпературного пиролиза шин на окружающую среду на основе лабораторно-стендовых исследований и натурных испытаний;

- *обосновать* эколого-экономическую эффективность практического применения предложенного технологического комплекса.

**Объект исследования** – технология низкотемпературного пиролиза автотракторных шин.

**Предмет исследования** – экологическая безопасность и ресурсосбережение низкотемпературного пиролиза автотракторных шин.

**Методы исследования.**

При выполнении работы использовались следующие методы: физико-химические, реологические, органолептические, методы планирования эксперимента и математического моделирования.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

- повышение экологической безопасности и эффективности переработки изношенных и отбракованных автотракторных шин способом низкотемпературного пиролиза, который обеспечивает сохранность ценного углеводородного сырья;

- комплексная эколого-экономическая оценка предприятий по переработке автотракторных шин способом низкотемпературного пиролиза.

**Научная новизна полученных результатов** состоит в следующем:

- впервые проведены комплексные исследования технологии утилизации автотракторных шин способом низкотемпературного пиролиза для повышения экологической безопасности процесса переработки и снижения негативного воздействия на окружающую среду;

- впервые предложен экологически безопасный способ очистки продуктов пиролиза, который позволяет обезвредить накопленные объемы отходов I-го класса опасности в виде некачественной пиролизной жидкости и пиролизного углерода, повышает коэффициент безотходности ( $K_B$ ) производства по рециклингу шин способом низкотемпературного пиролиза с 0,3 до 0,85, увеличивает показатели ресурсосбережения и энергоэффективности благодаря применению усовершенствованной технологии;

- впервые предложен привлекательный с экологической и экономической точек зрения технологический комплекс, позволяющий в условиях городского хозяйства перерабатывать многотоннажные промышленные отходы в качественное вторичное сырье в виде печного топлива, технического углерода и растворителя для лакокрасочной промышленности;

- получила дальнейшее развитие методика мониторинга экологической безопасности деятельности предприятий, осуществляющих переработку автотракторных шин способом низкотемпературного пиролиза.

**Практическое значение полученных результатов:**

- для обеспечения экологической безопасности, повышения энергоэффективности и ресурсосбережения, *определены* оптимальные режимы процесса пиролизной переработки изношенных и отбракованных автотракторных шин;

- *предложен* экологически безопасный способ обезвреживания промышленных резинотехнических отходов, позволяющий получить качественные вторичные продукты и обеспечить экологическую безопасность городского хозяйства;

- *разработана* на приоритетном уровне, *защищена* патентами на изобретение и *внедрена* в практику установка непрерывного действия по утилизации изношенных крупногабаритных шин и грузозачерпывающее устройство к ней в ДП «110-й Харьковский автомобильно-ремонтный завод» (г. Харьков) и в ООО «Таир» (г. Днепропетровск);

- результаты теоретических и экспериментальных исследований диссертационной работы *использованы* ЗАО «Экотехника» (г. Донецк) в качестве исходных данных при составлении задания на проектирование установки для утилизации отработанных автомобильных шин способом пиролиза производительностью 2000 т/год по сырью. Технология производства печного топлива *внедрена* в ООО «Стальмаркет» (г. Харьков). Способ технологической очистки жидких и твердых вторичных продуктов низкотемпературного пиролиза (смола пиролиза и углеродный остаток) *реализован* в ООО «Экоресурс-Центр» (г. Киев);

- на базе разработанной лабораторной модельной установки *предложена* методика изучения зависимости выхода основных продуктов пиролиза от степени дисперсности

исходного материала; результаты теоретических и экспериментальных исследований диссертационной работы *внедрены* в учебный процесс Харьковского национального автомобильно-дорожного университета и ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры» при подготовке бакалавров и магистров по направлению «Техносферная безопасность».

**Личный вклад соискателя** состоит в *выполнении* аналитических и экспериментальных исследований в лабораторных и производственных условиях, *анализе* и *обобщении* полученных результатов, *формулировании* выводов и предложений, *внедрении* разработанных технологий в производство, а также:

- *выполнении* анализа накопления изношенных автотракторных шин и экологически опасных продуктов пиролиза;
- *установлении* оптимальных параметров технологического процесса низкотемпературного пиролиза;
- *исследовании* состава и свойств полученных вторичных продуктов;
- *разработке* экологически безопасной и экономичной технологии получения качественных твердых и жидких продуктов пиролиза;
- *разработке* экологически безопасного технологического комплекса для рециклинга изношенных и отбракованных шин и *проведении* эколого-экономической оценки его эффективности.

**Апробация результатов диссертации.** Основные положения диссертационной работы были рассмотрены и одобрены на 19 научных конференциях, в том числе на: IV Международной научной конференции аспирантов и студентов «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов» (г. Донецк, 2005 г.); III Российской научно-практической конференции «Физико-технические проблемы создания новых технологий в агропромышленном комплексе» (г. Ставрополь, 2005 г.); III Международной конференции «Сотрудничество для решения проблемы отходов» (г. Харьков, 2006 г.); IX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Экология. Человек. Общество» (г. Киев, 2006 г.); Первой всеукраинской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Хімічні проблеми сьогодення» (г. Донецк, 2007 г.); II Международной конференции по вопросу обращения с отходами производства и потребления (г. Киев, 2007 г.); Пятом Международном конгрессе по управлению отходами и природоохранными технологиями «ВейстТек–2007» (г. Москва, 2007 г.); Международном симпозиуме «Межрегиональные проблемы экологической безопасности» (г. Одесса, 2007 г.); IV Международной конференции «Научно-методическое и практическое обеспечение градостроительства, территориального и стратегического планирования» (г. Макеевка, 2014 г.); Международной научно-технической конференции «Наземные транспортно-технологические комплексы и средства» (г. Тюмень, 2015 г.); II Международной научно-практической конференции «Возрождение, экология, ресурсосбережение и энергоэффективность инженерной инфраструктуры урбанизированных территорий

Донбасса: традиции и инновации» (г. Луганск, 2017 г.); Международной научно-практической конференции «Инновации в строительстве–2017» (г. Брянск, 2017 г.). Диссертация обговорена на заседании объединенного научного семинара кафедры техносферной безопасности ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры» (Протокол № 7/17 от «30» ноября 2017 г.).

**Публикации.** Основные научные результаты диссертации опубликованы в 40 печатных научных работах, общим объемом 12,47 п.л., лично автором – 6,19 п.л., в том числе 9 работ опубликованы в изданиях, входящих в перечень специализированных научных журналов, утвержденный МОН Украины, 2 работы опубликованы в изданиях, входящих в перечень специализированных научных изданий, утвержденный МОН ДНР. Технические решения, полученные автором в процессе работы, защищены патентами Украины на изобретение № 10993 (опубл. 15.12.2005, бюл. №12) и № 15093 (опубл. 15.06.2006, бюл. №6). Опубликовано в соавторстве 2 монографии.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, пяти разделов, выводов, списка использованных источников и двух приложений. Материалы диссертации изложены на 172 страницах, в том числе на 115 страницах основного текста, 25 полных страницах с рисунками и таблицами, 18 страницах списка источников, 14 страницах приложений.

**Благодарность.** Автор выражает глубокую благодарность кандидату технических наук, доценту Петренко Татьяне Валентиновне за помощь в организации экспериментальных исследований и обсуждении полученных результатов.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность темы, сформулированы цели и задачи диссертационного исследования, приведены основные научные результаты, показаны их практическое значение и область реализации.

**В первом разделе** проведен анализ экологической безопасности утилизации автотракторных шин с обеспечением ресурсосбережения в различных технологиях их переработки. Несмотря на полученные позитивные результаты в работах по данной тематике таких ученых как Пашкевич В. П., Саранчук В. И., Ошовский В. В., Булавин А. В., Шелехов В. И., Ковригина Н. В., Демина Л. А., Ошима Нобумитсу (Ohshima Nobumitsu), Детампел Ханс (Detampel Hans), Редфорд Джонатан Чарльз (Radford Jonathan Charles), Кантегрил М. (Cantegril M.) и др., в большинстве из них продолжают углубленные исследования в этой области. В настоящее время комплекс поставленных задач далек до завершения. Это ставит перед специалистами отрасли задачу разработки новых экологически безопасных и усовершенствованных способов переработки изношенных и отбракованных автотракторных шин, которые позволят не только снизить нагромождение этих отходов до минимума, но и получить на их основе

новые ценные материалы или энергоносители. Анализ существующих результатов исследований позволил сформулировать цели и задачи исследований.

**Во втором разделе** разработаны научные основы экологической безопасности переработки выведенных из эксплуатации автотракторных шин.

В качестве направления исследований выбраны: определение оптимальных, с точки зрения безопасности и эффективности, условий процесса переработки автотракторных шин способом низкотемпературного пиролиза; разработка способа получения экологически безопасных вторичных товарных продуктов.

Методы исследований разделены на две группы: 1) исследования качества исходного сырья; 2) исследования свойств, а также качественного и количественного состава продуктов пиролиза.

По результатам выполненного анализа разработана структурно-логическая схема выполнения теоретических и экспериментальных работ (рис. 1).

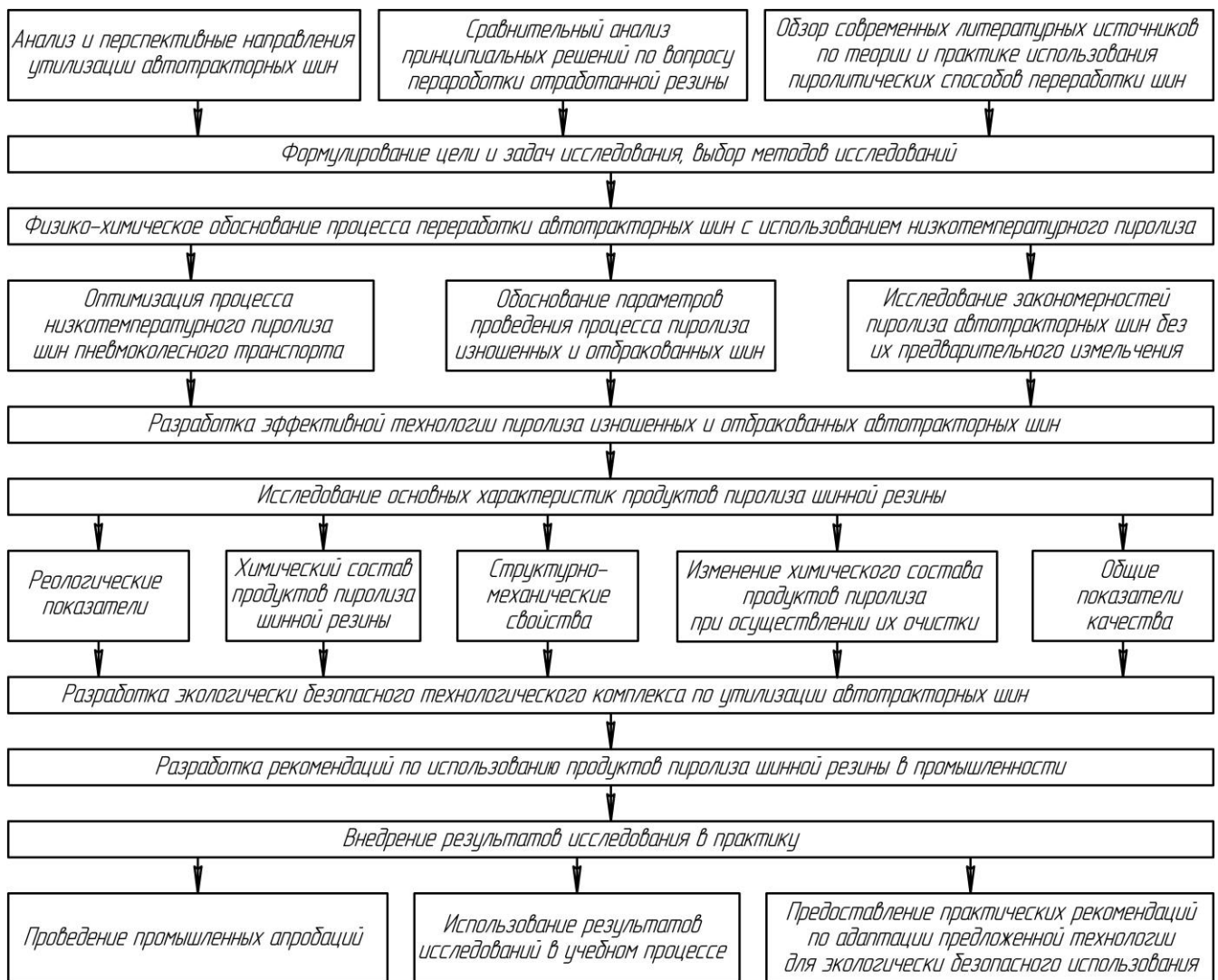


Рис. 1. Структурно – логическая схема проведения теоретических и экспериментальных работ



В третьем разделе выполнено научное обоснование экологической безопасности процесса переработки автотракторных шин способом низкотемпературного пиролиза при помощи лабораторной установки, схема которой приведена на рис. 2.

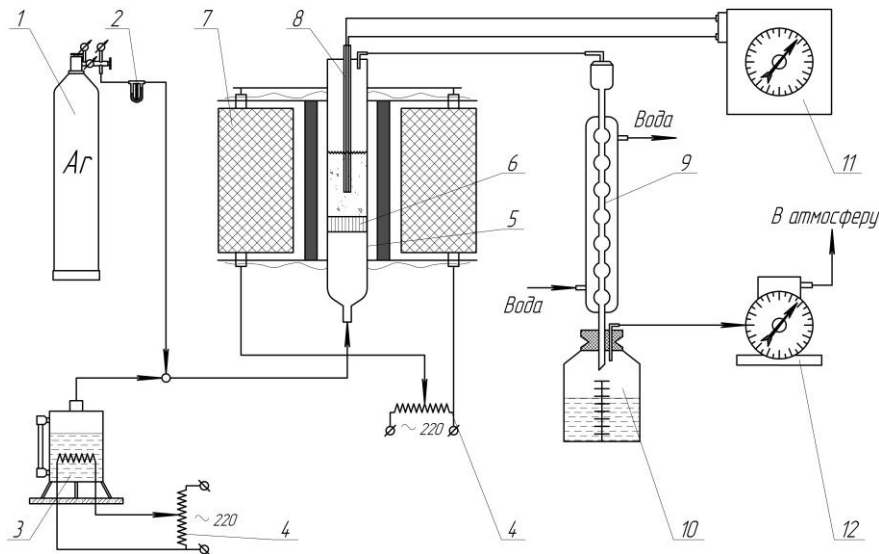


Рис. 2. Схема установки для пиролиза резиновой крошки:

1 – баллон с аргонем; 2 – реометр; 3 – паровой котел; 4 – лабораторный автотрансформатор; 5 – кварцевый реактор; 6 – решетка; 7 – печь; 8 – термопара; 9 – холодильник; 10 – сборник конденсата; 11 – потенциометр; 12 – газовый счетчик.

Проведен ряд экспериментальных исследований по пиролизу шинной резины при различных температурах. На рис. 3 и рис. 4 приведена термограмма деструкции резиновой крошки и зависимость скорости потери массы резины от температуры.

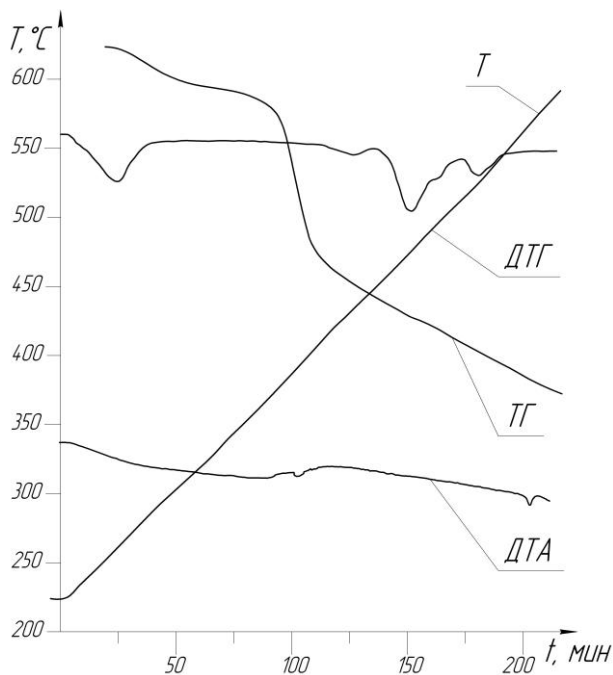


Рис. 3. Термограмма деструкции резиновой крошки:

кривая простого ( $T$ ) и дифференциального термического анализа ( $ДТА$ ), кривая потери массы ( $ТГ$ ) и кривая скорости потери массы ( $ДТГ$ )

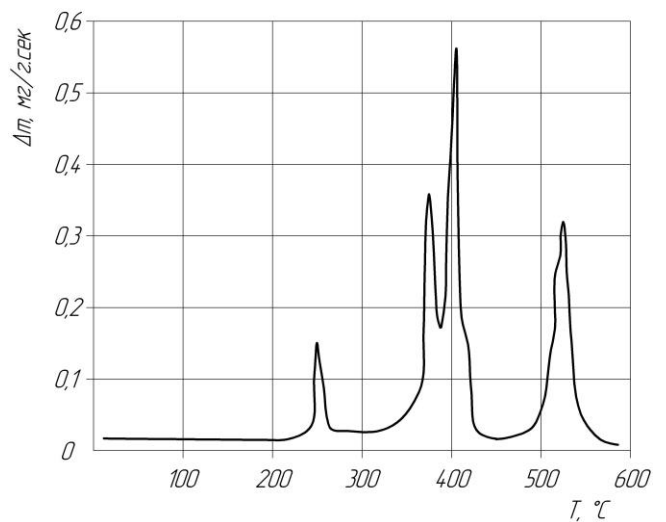


Рис. 4. Зависимость влияния температуры ( $T$ ) на скорость потери массы ( $\Delta m$ ) резиновой крошки

С использованием данных термограмм принят температурный интервал проведения реакции – 375, 450 и 525°C. Выход продуктов пиролиза при указанных температурах приведен в табл. 1.

Таблица 1 – Выход продуктов пиролиза резиновой крошки при различных температурах нагревания

Продукты пиролиза, % масс.	Температура, °С		
	375	450	525
Газ ( $\eta_G$ )	4,8 - 5,0	5,4 - 5,9	7,6 - 7,8
Смола + вода ( $\eta_{Ж}$ )	30,1 - 32,3	48,9 - 50,1	58,3 - 60,1
Твердый остаток ( $\eta_{ТВ}$ )	60,1 - 61,0	39,2 - 40,0	31 - 31,6
Потери	5 - 1,7	6,5 - 4,0	3,1 - 0,5

Оптимальная температура пиролиза шинной резины соответствует 525±10°C. При данном значении температуры выход жидкого полупродукта является максимальным, что наиболее благоприятно для получения вторичного сырья с целью последующего производства высококачественного моторного или печного топлива. В связи с повышенным интересом к жидким продуктам пиролиза как альтернативному топливу при детальном изучении экспериментальных данных выполнен анализ выхода жидких продуктов при различных температурах нагревания и получена зависимость влияния температуры деструкции шинной резины на выход жидких продуктов пиролиза (рис. 5).

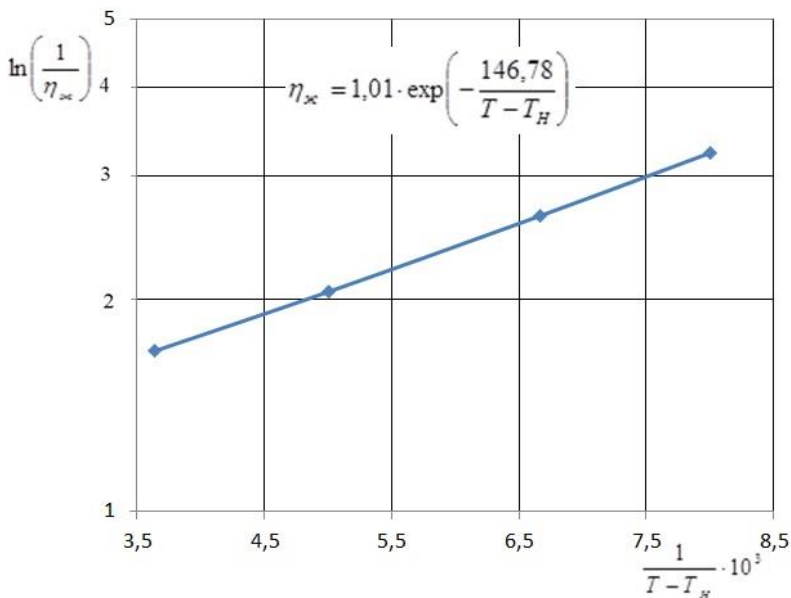


Рис. 5. Зависимость влияния температуры деструкции шинной резины ( $1/T - T_H$ ) на выход жидких продуктов пиролиза ( $1/\eta_{ж}$ )

Математический вид зависимости влияния температуры деструкции шинной резины ( $1/T - T_H$ ) на выход жидких продуктов пиролиза ( $1/\eta_{ж}$ ):

$$\eta_{ж} = 1,01 \cdot \exp\left(-\frac{146,78}{T - T_H}\right), \quad (1)$$

где  $\eta_{ж}$  – выход жидких продуктов пиролиза (% масс.);  
 $T$  – температура деструкции (°С);  
 $T_H$  – температура начала интенсивной деструкции.

На основании анализа экспериментальных данных получены зависимости влияния времени деструкции шинной резины на выход жидких продуктов пиролиза для образцов сырья толщиной  $S = 80$ мм и  $S = 160$ мм (рис. 6 и рис. 7).

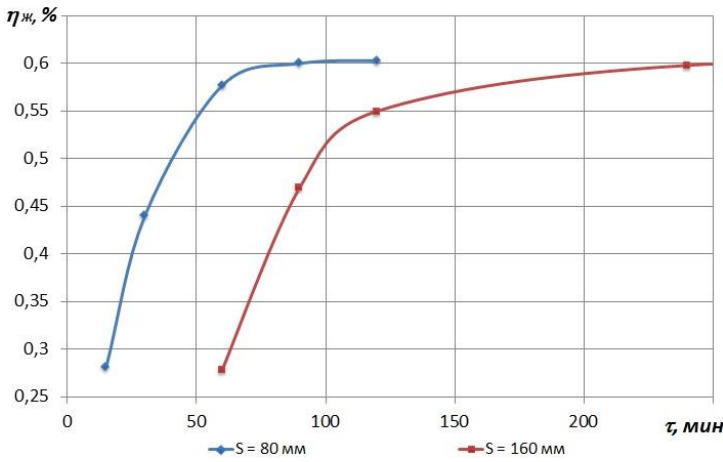


Рис. 6. Зависимость влияния времени деструкции шинной резины ( $\tau$ , мин) на выход жидких продуктов пиролиза ( $\eta_{ж}$ , % масс.)

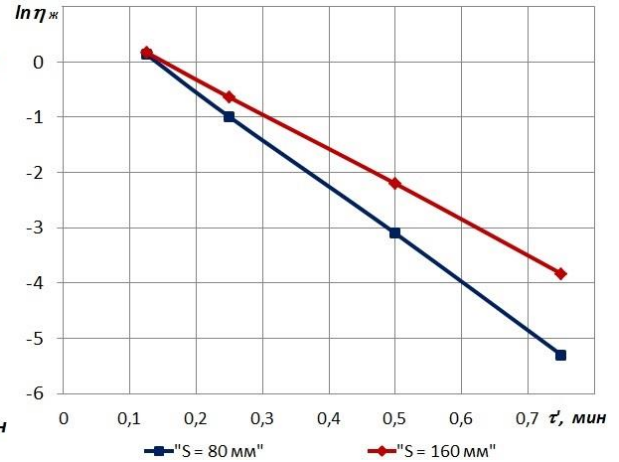


Рис. 7. Зависимость влияния времени деструкции ( $\tau'$ , мин) на выход жидких продуктов пиролиза ( $\ln \eta_{ж}$ )

Математический вид зависимости влияния времени деструкции шинной резины на выход жидких продуктов пиролиза ( $Da_i = \frac{\eta_{жi}}{\eta_{жi}^{\max} - \eta_{жi}}$ ) для образцов толщиной  $S = 80$  мм и  $S = 160$  мм:

$$Da_{80} = 0,334 \cdot \exp(7,507 \cdot \tau), \quad (2) \quad Da_{160} = 0,221 \cdot \exp(10,675 \cdot \tau), \quad (3)$$

где  $\tau$  - время деструкции, мин;

$\eta_{жi}$  и  $\eta_{жi}^{\max}$  - выход жидких продуктов и максимальный выход жидких продуктов пиролиза (% масс.).

Для установления химического состава и физико-химических свойств продуктов пиролиза использовались методы газожидкостной хроматографии и хроматомасспектрометрии, при помощи которых были выполнены исследования газообразных продуктов пиролиза и пиролизной жидкости. Экспериментальные данные дают возможность считать состав смолы пиролиза достаточно постоянным, а набор углеводородов делает ее высокоэнергетическим субстратом. Использование данного жидкого продукта в качестве полноценного топлива невозможно из-за очень резкого неприятного запаха смолы.

Установлено, что неприятный запах вызван легкими пиридиновыми основаниями и единственным способом очистки смолы пиролиза является промывка ее кислотами с последующим отделением более легкой органической фазы. В результате выполненных исследований было выбрано рациональное решение, которое заключается в промывке смолы пиролиза 2 – 5% раствором серной кислоты, нагретой до температуры 50 – 60°C в соотношении «смола : раствор кислоты» – 1:1. Перед разработкой рецептур печного топлива из смеси очищенной смолы с отработанными маслами для повышения

температуры вспышки из смолы-сырца была отогнана легкая фракция до температуры 150°C. Выбраны три варианта рецептурных смесей «отработанное масло : очищенная пиролизная жидкость» – 80:20; 70:30; 50:50 – и получены три сорта печного топлива, основные характеристики которых представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Основные характеристики экспериментальных образцов рецептурных смесей «отработанное масло (%) : пиролизная смола (%)»

Образец	Кинематическая вязкость при 20°C, мм <sup>2</sup> /с	Температура вспышки в закрытом тигле, °C	Температура застывания, °C	Содержание серы, % масс.
80:20	8,02	95	< 15	0,46
70:30	6,74	62	< 15	0,48
50:50	6,33	55	< 15	0,51
Образец	Кислотность, мг КОН/100 см <sup>3</sup>	Вязкость при 20°C, г/см <sup>3</sup>	Зольность, % масс.	Содержание воды, % масс.
80:20	1,2	0,94	0,015	следы
70:30	1,2	0,93	0,02	следы
50:50	1,2	0,93	0,02	следы

Из приведенных данных следует, что полученные экспериментальные образцы печного топлива соответствуют основным требованиям стандарта (ТУ 38.101656–87, ГОСТ 10585–99) и могут быть рекомендованы к использованию.

Анализ золы остатка показал наличие в ней девяти оксидов. Практически все неорганические вещества золы, за исключением диоксида кремния и сернистого ангидрида, – это щелочные или амфотерные окислы, которые хорошо растворяются в минеральных кислотах. При обработке пироуглерода 10% раствором серной кислоты при температуре 80°C на протяжении 30 минут получен углеродистый остаток с массовой долей общей серы 1,4%, зольностью 0,7–1,0% и массовой долей потерь при 105°C не более 0,7–0,9%. Предложенная очистка пироуглерода от неорганических компонентов позволяет получить из него технический углерод достаточно высокого качества. Установлено, что после активации пиролизного углерода при помощи водяного пара он заметно отличается по своим адсорбционным способностям по сравнению с некоторыми углеродными материалами. Значительная его удельная поверхность свидетельствует о преимущественно микропористом характере его структуры, что особенно важно для процессов очистки газовых сред. Таким образом, твердый углеродный остаток пиролиза является источником высокоактивных безопасных сорбентов. Выполненные исследования реакционной способности пиролизного углерода также подтверждают перспективу карбонизата. Все экспериментальные исследования проведены с использованием откалиброванных и поверенных приборов и средств измерения.

**В четвертом разделе** приведены результаты по разработке и применению технологического комплекса с улучшенными экологическими показателями для рециклинга изношенных и отбракованных автотракторных шин с использованием способа низкотемпературного пиролиза (рис. 8).

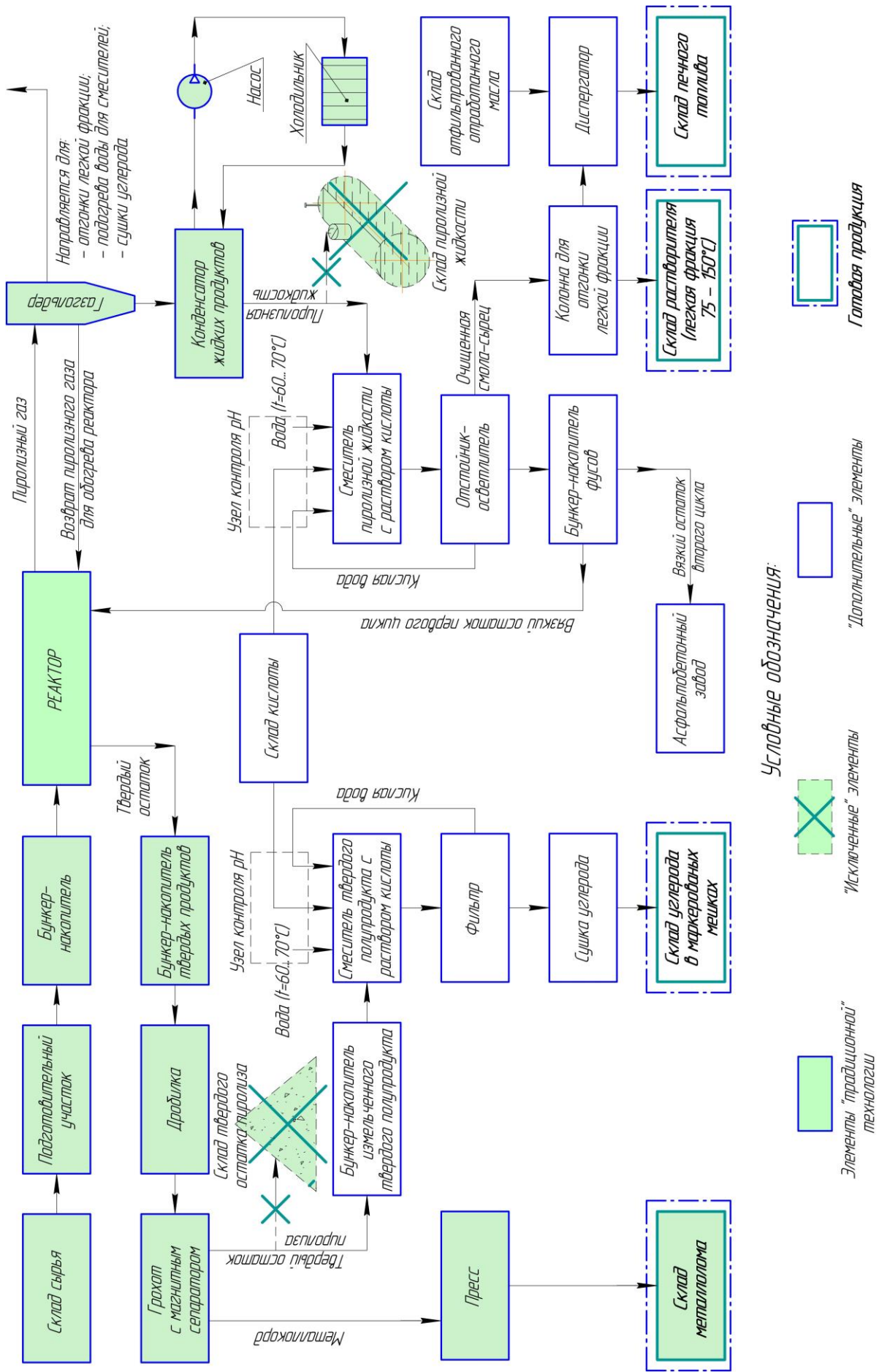


Рис. 8. Технологическая схема усовершенствованного комплекса по переработке изношенных и отбракованных автоотракторных шин

Благодаря замкнутой схеме производства влияние на водные объекты и почву сведено к минимуму, поэтому актуальной остается лишь оценка влияния работы комплекса на атмосферный воздух. Выполнены расчеты уровней загрязнения в приземном слое атмосферы по основным загрязняющим веществам. На границе санитарно-защитной зоны (СЗЗ) их расчетные значения составляют: оксида азота (по  $NO_2$ ) – 0,06 ПДК; оксида углерода ( $CO$ ) – 0,0017 ПДК; пыли неорганической – 0,02 ПДК. Определено, что в радиусе 100 м от места расположения технологического комплекса полностью соблюдаются санитарно-гигиенические нормы по качеству атмосферного воздуха.

Рассчитана кратность превышения ПДК как по отдельным веществам, так и по группе веществ в целом для двух вариантов – без учета фоновых показателей и с их учетом согласно запланированному месту расположения комплекса в г. Донецке (табл. 3).

Таблица 3 – Результаты расчета суммарного показателя загрязнения атмосферы по веществам, которые выделяются при работе технологической линии рециклинга шин

№ п/п вещества	Название вещества	Класс опасности	ПДКс.с., мг/м <sup>3</sup>	ПДКм.р., мг/м <sup>3</sup>	Максимальная расчетная концентрация на границе СЗЗ, мг/м <sup>3</sup>	Фоновая концентрация, С <sub>ф</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Кратность превышения ПДК вещества на границе СЗЗ (без учета фона)	Кратность превышения ПДК на границе СЗЗ (с учетом фона)	Кратность превышения ПДК группы на границе СЗЗ (без учета фона)	Кратность превышения ПДК группы на границе СЗЗ (с учетом фона)	Коэффициент неэффективности, n	Суммарная приведенная концентрация, С <sub>экв</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Показатель суммарного загрязнения, П <sub>з</sub>
1	Азота диоксид ( $NO_2$ )	2	0,01	0,2	0,067	0,19	0,34	1,29	0,38	4,5	1,3	0,34	3,62
2	Углерода оксид ( $CO$ )	4	3	5	0,0017	3,89	$0,34 \times 10^{-3}$	0,78			0,87	3,39	
3	Пыль неорганическая (нетоксичная)	3	0,15	0,5	0,02	1,22	0,04	2,47			1	1,24	

Для получения более полной картины относительно потенциально опасных вариантов влияния на окружающую среду учтено действие в атмосферном воздухе веществ, обладающих эффектом суммации и способных усиливать опасность поражения. Определено семь групп суммаций, представляющих потенциальную опасность при взаимодействии с диоксидом азота.

После анализа соответствующих методик исследований в Украине и Российской Федерации, при проведении экологической оценки воздействия на атмосферный воздух предложено принять во внимание такие показатели, как порог участия каждого отдельного вещества и коэффициент потенцирования  $\gamma$ , который учитывался следующим образом:

$$\sum_{i=1}^n \left( \frac{C_i}{ПДК_{м.р.i}} \right)^\gamma \leq 1, \quad (4)$$

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

Результаты расчета комплексного показателя загрязнения атмосферы с учетом эффекта суммации веществ показывают, что предложенная технология утилизации шин пневмоколесного транспорта является экологически безопасной, так как показатели кратности превышения ПДК по отдельным веществам и группам суммации без учета показателей фона ниже 1.

Принимая во внимание фоновые концентрации в месте предполагаемого расположения технологического комплекса по рециклингу шин (г. Донецк), установлено превышение ПДК по всем группам суммаций – от 1,4 до 2,33, а также по основным веществам – 4,5. Наибольшим является вклад в загрязнение атмосферы по основным веществам, выделяемым во время работы технологической линии, нежели по группам суммации. Таким образом, для предложенной территории в г. Донецке на границе СЗЗ показатели выбросов не превышают показателей фона, однако в целом существует необходимость улучшения общего экологического состояния местности.

Так как атмосферный воздух загрязнен веществами, которые относятся к разным классам опасности, проведен расчет суммарного показателя загрязнения атмосферы:

$$P_3 = \sqrt{\sum_{i=1}^n C_{i3кл}^2}, \quad (5)$$

где  $C_{i3кл}$  – концентрации, нормированные по ПДК<sub>с.с.</sub>, которые приведены к концентрации веществ 3-го класса опасности;

$i$  – номер вещества.

Показатель суммарного загрязнения воздуха для предложенной технологической линии ( $P_3 = 3,62$ ) соответствует относительно удовлетворительной экологической ситуации.

Для оценки характера производства рассчитывали коэффициент безотходности, который характеризует интенсивность влияния предприятия на окружающую среду и полноту использования природных ресурсов (сырья и энергии):

$$K_B = f(K_Э, K_P), \quad (6)$$

где  $K_Э$  – коэффициент экологичности производства;

$K_P$  – коэффициент использования ресурсов.

На основании выполненного расчета оценки безотходности предложенной технологии ( $K_B = 0,85$ ) производство считается малоотходным.

Для экологической оценки разработанной технологической линии определена категория опасности предприятия ( $K_{ОП} = 31,08$ ), которая соответствует IV категории опасности производства.

Таким образом, впервые предложено проведение расчета комплексного показателя загрязнения атмосферного воздуха при переработке автотракторных шин способом низкотемпературного пиролиза с учетом эффекта суммации веществ. Проведенная научно обоснованная экологическая оценка установила соответствие способа переработки автотракторных шин требованиям экологического законодательства, санитарным и строительным нормам и правилам, гарантирует безопасную для жизни и здоровья людей воздушную среду, а также свидетельствует о том, что производство не является резонансным и может бесконфликтно сосуществовать с окружающей средой.

**В пятом разделе** выполнена оценка экономической и экологической эффективности технологического комплекса по утилизации изношенных и отбракованных автотракторных шин производительностью 1 т/сутки по сырью.

Результаты расчетов приведены в табл. 4.

Таблица 4 – Результаты расчетов оценки экономической и экологической эффективности предложенного технологического комплекса по утилизации автотракторных шин способом низкотемпературного пиролиза

№ п/п	Параметр	Сумма, тыс. руб./год
1	Ожидаемый экономический эффект от реализации вторичных продуктов	2 309,6
2	Условный эколого-экономический ущерб от загрязнения атмосферного воздуха при работе предложенного технологического комплекса	„-“ 0,35
3	Размер ущерба от загрязнения земельных ресурсов отработанными шинами автотранспорта, которого можно избежать благодаря работе предложенного технологического комплекса	126,4
4	Общий ожидаемый эколого-экономический эффект	2 435,6

Рассчитанный общий ожидаемый эколого-экономический эффект, который составил 2,4 млн руб./год, определен при условии бесперебойной работы комплекса и полной реализации произведенной продукции. Выполненная комплексная эколого-экономическая оценка подобного технологического комплекса ранее не производилась и позволяет более детально оценить экологические риски и безопасность рециклинга шин способом низкотемпературного пиролиза в сравнении с выполнением расчетов по отдельным параметрам.

## ВЫВОДЫ

1. Обоснованы экологическая безопасность, возможность и целесообразность применения технологии низкотемпературного пиролиза изношенных и отбракованных автотракторных шин в качестве эффективного способа утилизации многотоннажных резинотехнических отходов, сохраняющего ценное углеводородное сырье.



2. Получена зависимость влияния температуры деструкции шинной резины на выход жидких продуктов пиролиза  $\eta_{жс} = 1,01 \cdot \exp\left(-\frac{146,78}{T - T_H}\right)$  и влияния времени деструкции шинной резины на выход жидких продуктов пиролиза –  $Da_{80} = 0,334 \cdot \exp(7,507 \cdot \tau)$ ,  $Da_{160} = 0,221 \cdot \exp(10,675 \cdot \tau)$ .

Аналитические зависимости позволяют определить основные параметры технологии переработки резинотехнических изделий и дают возможность обоснованного подхода к проектированию экологически безопасных установок пиролизной переработки автотракторных шин.

3. Установлены физико-химические свойства и химический состав продуктов пиролиза. Доказано, что пиридиновые основания являются источником резкого неприятного запаха пиролизной смолы и, наряду с низкой температурой вспышки (+18°C), высокими показателями зольности (0,11% масс.) и повышенным содержанием серы (1,1% масс.), превращают ее в токсичные отходы I-го класса опасности.

4. Разработан способ получения экологически безопасных продуктов пиролиза автотракторных шин, заключающийся в дополнительной технологической обработке полупродуктов пиролиза: жидких (смолы) – 2-5% раствором серной кислоты в соотношении «смола : раствор кислоты» – «1 : 1»; твердых (пиролизного углерода) – 10% раствором серной кислоты. Определены рациональные технологические режимы работы оборудования, которые позволяют обеспечить энергоэффективность переработки отходов шин способом низкотемпературного пиролиза и обеспечивают ресурсосбережение ценного углеводородного сырья. Оптимальная температура пиролиза шинной резины составляет  $525 \pm 10^\circ\text{C}$ , температура начала интенсивной деструкции –  $250 \pm 25^\circ\text{C}$ . Суммарный показатель загрязнения атмосферного воздуха –  $P_3 = 3,62$  – соответствует относительно удовлетворительной ситуации; коэффициент безотходности производства –  $K_B = 0,85$  – соответствует малоотходному производству; категория опасности производства –  $K_{ОП} = 31,084$  – соответствует IV категории опасности производства.

5. Впервые проведена оценка показателя загрязнения атмосферного воздуха при переработке автотракторных шин способом низкотемпературного пиролиза с учетом эффекта суммации веществ. Определены семь групп суммаций, для которых необходимо выполнять расчет комплексного показателя загрязнения атмосферного воздуха с целью более точной оценки воздействия подобных перерабатывающих производств на окружающую среду. Расчет рассеивания показывает, что на границе санитарно-защитной зоны и за ее пределами концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на несколько порядков ниже предельно допустимых значений: оксида азота (по  $NO_2$ ) – 0,06 ПДК, оксида углерода (CO) – 0,0017 ПДК, пыли неорганической – 0,02 ПДК.

6. Предложен усовершенствованный технологический комплекс по переработке изношенных и отбракованных автотракторных шин для внедрения в производство

эффективной экологически безопасной ресурсосберегающей технологии рециклинга многотоннажных резинотехнических отходов. Оснащение производства дополнительным оборудованием, обеспечивающим применение установленного способа очистки полупродуктов пиролиза, позволяет получать качественное печное топливо, пиролизный углерод, растворитель для лакокрасочной промышленности, металлолом, а также делает возможной утилизацию отработанного технического масла.

7. Установлено, что предложенный технологический комплекс по утилизации изношенных и отбракованных автотракторных шин является перспективным с экологической, экономической и социальной точек зрения. Рассчитанный общий ожидаемый эколого-экономический эффект от применения оборудования производительностью 1 т/сутки по сырью составил 2,4 млн руб./год. Результаты исследований внедрены в ЗАО «Экотехника» (г. Донецк), в ООО «Таир» (г. Днепропетровск), в ДП «110-й Харьковский автомобильный ремонтный завод» (г. Харьков), в ООО «Стальмаркет» (г. Харьков), в ООО «Экоресурс-Центр» (г. Киев) и в учебный процесс Харьковского национального автомобильно-дорожного университета и ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры».

## ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

– публикации в специализированных научных изданиях, рекомендованных МОН Украины:

1. **Новичков, Ю. А.** Исследование процесса бескислородного пиролиза изношенных автомобильных шин [Текст] / Ю. А. Новичков, Т. В. Петренко, В. И. Братчун // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета : Сб. научн. трудов. – Харьков : ХНАДУ, 2005. – № 29. – С. 68–70. *(Исследованы параметры пиролиза резиновой крошки, определены характеристики смолы и твердого остатка пиролиза).*

2. Петренко, Т. В. Розробка піролітичного способу переробки відпрацьованих гумових шин [Текст] / Т. В. Петренко, **Ю. О. Новічков** // Вісник Донецького національного університету. (Серія А : Природничі науки; вип. 1, Ч. 2). – Донецьк : ДонНУ, 2005. – С. 365–367. *(Установлені оптимальні параметри пиролізу і характеристики отриманих продуктів).*

3. **Новічков, Ю. О.** Одержання активованого вугілля з вуглецевого залишку після піролізу відпрацьованих гумових шин [Текст] / Ю. О. Новічков, Т. В. Петренко, В. І. Братчун, В. О. Сукманов // Вісник Донецького державного університету економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського. – Донецьк : ДонДУЕТ, 2005. – № 1 (25). – С. 101–105. *(Визначено залежність виходу активного вугля, удельної поверхності і адсорбції метиленового голубого від температури парогазової активації пиролізного вуглерода).*

4. Петренко, Т. В. Технологія одержання активованого вугілля з відпрацьованих гумових шин [Текст] / Т. В. Петренко, **Ю. О. Новічков**, В. С. Живченко // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури «Інженерні системи та техногенна безпека у будівництві»: Зб. наук. праць. – Макіївка: ДонНАБА, 2005. – № 2005–2(50). – С. 18–21. *(Даны рекомендации по пиролизу измельченных и целых шин, определены временные и температурные характеристики процесса в зависимости от степени измельчения сырья).*

5. **Новічков, Ю. О.** Зношені автомобільні шини – нова сировина для одержання вуглецевих сорбентів [Текст] / Ю. О. Новічков, Т. В. Петренко // Вісник Донецького університету. (Серія А: Природничі науки; вип. 2, Ч. 2). – Донецьк: ДонНУ, 2005. – С. 329–332. *(Разработан метод паровой активации углеродистого остатка пиролиза шинной резины, исследованы свойства полученного на его основе активного угля).*

6. **Новичков, Ю. А.** Высококачественный углеродный сорбент – продукт переработки автомобильных шин [Текст] / Ю. А. Новичков, В. А. Хазипов, Т. В. Петренко // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: Сб. науч. трудов. – Харьков: ХНАДУ, 2006. – № 34–35. – С. 199–201. *(Проведены исследования по изучению адсорбционной способности активного углеродистого сорбента из твердого остатка пиролиза шин).*

7. Ступин, А. Б. Оценка восстановительной способности карбонизата, полученного при пиролизе резиновых шин [Текст] / А. Б. Ступин, **Ю. А. Новичков**, В. А. Хазипов, Т. В. Петренко // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури «Інженерні системи та техногенна безпека у будівництві»: Зб. наук. праць. – Макіївка: ДонНАБА, 2006. – № 2(58). – С. 77–80. *(Изучена возможность применения активированного углеродистого остатка пиролиза шин в качестве восстановителя окислов железа).*

8. [Петренко, Т. В.] Использование пироуглерода в качестве активного наполнителя в рецептурах резинотехнических изделий [Текст] / Т. В. Петренко, **Ю. А. Новичков**, В. В. Хазипова, А. Н. Фроль, Ю. А. Козина, А. В. Карабак // Збірник наукових праць Луганського національного аграрного університету. (Серія: Технічні науки; вип. 81). – Луганськ: ЛНАУ, 2008. – С. 416–419. *(Исследован углеродистый остаток пиролиза шин на предмет использования в качестве наполнителя резиновых смесей).*

9. **Новичков, Ю. А.** Экологическая оценка выбросов при комплексной утилизации автомобильных шин методом пиролиза [Текст]/ Ю. А. Новичков, А. И. Сердюк, С. И. Падалко, В. В. Хазипова // Экология и промышленность. – 2009. – № 2. – С. 71–75. *(Проведен расчет рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе при пиролизной переработке шин).*

– **публикации в рецензируемых научных изданиях, утвержденных перечнем ВАК МОН Донецкой Народной Республики:**

1. Пенчук, В. А. Экологически безопасный технологический комплекс по утилизации изношенных автомобильных шин и отработанных технических масел

[Электронный ресурс] / В. А. Пенчук, **Ю. А. Новичков** // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. 2017. Вып. 2017–3(125) : Здания и сооружения с применением новых материалов и технологий. – С. 106–110. – Режим доступа : [http://donnasa.ru/publish\\_house/journals/vestnik/2017/vestnik\\_2017-3\(125\).pdf](http://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2017/vestnik_2017-3(125).pdf). *(Проведена эколого-экономическая оценка технологического комплекса по переработке изношенных шин).*

2. **Новичков, Ю. А.** Анализ количественных показателей продуктов пиролиза отработанных автотракторных шин [Электронный ресурс] / Ю. А. Новичков // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. 2017. Вып. 2017–5(127) : Инженерные системы и техногенная безопасность. – С. 33–38. — Режим доступа : [http://donnasa.ru/publish\\_house/journals/vestnik/2017/vestnik\\_2017-5\(127\).pdf](http://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2017/vestnik_2017-5(127).pdf).

– **патенты:**

1. Пат. 10993 Україна, F23G5/00, C10B53/00, C10J3/00. Установка для піролізу зношених великогабаритних гумових шин / Живченко В. С., Семикопенко Г. Г., **Новічков Ю. О.**, Петренко Т. В.; заявник Живченко В. С., Семикопенко Г. Г., **Новічков Ю. О.**, Петренко Т. В.; власники патенту Живченко В. С., Семикопенко Г. Г.; № U2005 03322; заявл. 11.04.2005; опубл. 15.12.2005, Бюл. № 12/2005. – 4 с.: іл. *(Разработана конструкция пиролизной установки с описанием принципа ее работы).*

2. Пат. 15093 Україна, МПК C10J3/00. Пристрій для завантаження в реактор зношених покришок автотранспорту / Живченко В. С., **Новічков Ю. О.**; заявник Живченко В. С., Новічков Ю. О.; власник патенту Живченко В. С. № U2005 11803; заявл. 12.12.2005; опубл. 15.06.2006, Бюл. № 6/2006. – 3 с.: іл. *(Разработана конструкция загрузочного устройства, описан принцип ее работы).*

– **публикации по материалам конференций:**

1. **Новичков, Ю. А.** Установка для утилизации изношенных резиновых шин [Текст] / Ю. А. Новичков, Т. В. Петренко, В. С. Живченко // Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів : IV Міжнародна наукова конференція аспірантів та студентів, 12–14 квітня 2005р. : зб. допов. у 2-х т. Т. 1. – Донецьк : ДонНТУ, 2005. – С. 85–86. *(Разработана конструкция установки непрерывного действия для пиролиза шин).*

2. **Новичков, Ю. А.** Утилизация изношенных резиновых шин – одна из проблем отходов агропромышленного комплекса [Текст] / Ю. А. Новичков, Т. В. Петренко // Физико-технические проблемы создания новых технологий в агропромышленном комплексе: III Российская научно-практическая конференция, 20–22 апреля 2005 г.: Сб. научн. трудов. – Ставрополь : СтГАУ «АГРУС», 2005. – С. 363–366. *(Предложено применение разработанной установки для утилизации крупногабаритных шин агропромышленного комплекса).*

3. **Новічков, Ю. О.** Активне вугілля із залишку піролізу гумових шин [Текст] / Ю. О. Новічков, Т. В. Петренко, В. А. Хазіпов, О. Б. Ступін // Екологія. Людина. Суспільство : IX Міжнародна науково-практична конференція студентів, аспірантів та

молодих учених, 17–19 травня 2006 р., м. Київ : Зб. тез доповідей. – К. : НТУУ «КПІ», 2006. – С. 110. *(Предложено использовать активированный пиролизный остаток как заменитель кокса в пирометаллургических процессах).*

4. **Новичков, Ю. А.** Высококачественный углеродный сорбент – продукт переработки автомобильных шин [Текст] / Ю. А. Новичков, В. А. Хазипов, Т. В. Петренко // Эколого-правовые и экономические аспекты техногенной безопасности регионов : Материалы I-й Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых, 20 октября 2006 г. – Харьков : ХНАДУ, 2006. – С. 82–85. *(Проанализирована возможность получения углеродного сорбента из твердого остатка пиролиза шин).*

5. 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, 7–8 грудня 2006 р. – Львів: ЛВЦНТЕІ, 2006. – С. 56–60. *(Рекомендовано использование пиролиза шин в качестве источника альтернативных видов топлива).*

6. **Новичков, Ю. А.** Разработка установки для утилизации резиновых шин методом пиролиза [Текст] / Ю. А. Новичков // Сотрудничество для решения проблемы отходов: Мат. IV Междунар. конф., 31 января – 1 февраля 2007 г. – Х. : ЭкоИнформ, 2007. – С. 132–133.

7. Петренко, Т. В. Смола піролізу відпрацьованих автопокришок – джерело високоякісного рідкого палива [Текст] / Т. В. Петренко, **Ю. О. Новічков**, В. В. Хазіпова // II Міжнародна Конференція з питань поводження з відходами виробництва та споживання, 25–27 квітня 2007 р. : Збірка тез доповідей. – Київ : Торгово-промислова палата України, 2007. – С. 91–93. *(Анализ использования смолы пиролиза в качестве жидкого топлива).*

8. Петренко, Т. В. Разработка технологии получения жидкого топлива из продуктов пиролиза отработанных автопокрышек [Текст] / Т. В. Петренко, **Ю. А. Новичков**, В. В. Хазипова // Стратегия качества в промышленности и образовании : III Международная конференция, 1–8 июня 2007 г., Варна, Болгария : Материалы конференции в 2-х томах. Т. 1. – Днепропетровск–Варна, 2007. – С. 428–431. *(Разработана технология получения жидкого топлива из продуктов пиролиза шин).*

9. **Новічков, Ю. О.** Екологічні основи розробки технології утилізації відпрацьованих шин [Текст] / Ю. О. Новічков, Т. В. Петренко, В. В. Хазіпова, О. І. Сердюк // Актуальні питання реформування житлово-комунального господарства в Україні : I Міжнародна науково-практична конференція, 14–16 травня 2008 р. : Зб. тез доповідей. Ч. 2. – Макіївка–Слов'янськ: ДонНАБА, 2008. – С. 170–172. *(Разработан технологический комплекс по утилизации автотракторных шин).*

10. Пенчук, В. А. Перспективы механизации технологического комплекса по утилизации отработанных шин пневмоколесной техники [Текст] / В. А. Пенчук, **Ю. А. Новичков** // Наземные транспортно-технологические комплексы и средства. Материалы Международной научно-технической конференции. – Тюмень : ТюмГНГУ, – 2015. – С. 243–246. (*Оценены перспективы механизации технологического комплекса по переработке шин*).

11. **Новичков, Ю. А.** Исследование параметров и продуктов пиролиза автотракторных шин [Текст] / Ю. А. Новичков // Вестник Луганского национального университета имени Владимира Даля № 3(5) Ч. 2. Материалы II Международной научно-практической конференции «Возрождение, экология, ресурсосбережение и энергоэффективность инженерной инфраструктуры урбанизированных территорий Донбасса : традиции и инновации». – Луганск : ЛугНУ, №3(5) Ч. 2. 2017. – С. 230–233.

12. **Новичков, Ю. А.** Обработка экспериментальных данных низкотемпературного пиролиза автотракторных шин [Текст] / Ю. А. Новичков // Сб. Международной научно-практической конференции «Инновации в строительстве 2017» ФГБОУ ВО «БГИТУ», (г. Брянск, 20–22 ноября. Т. 2.), 2017. – С. 231–237.

– публикации в других изданиях:

1. Ступин, А. Б. Установка для утилизации изношенных крупногабаритных резиновых шин методом пиролиза [Текст] / А. Б. Ступин, Т. В. Петренко, В. С. Живченко, **Ю. А. Новичков** // Збірник наукових праць Донецького державного університету управління : «Проблеми управління природокористуванням» : Серія «Державне управління», вип. 57, Т. 6. – Донецьк : ДДУУ, 2005. – С. 212–216. (*Разработана установка для пиролиза шин*).

2. Петренко, Т. В. Пиролиз резиновой крошки [Текст] / Т. В. Петренко, **Ю. А. Новичков** // Твердые бытовые отходы. - Москва, 2007. – №4. – С. 6–9. (*Выполнены исследования, определены характеристики продуктов пиролиза шин*).

3. Петренко, Т. В. Перспективы использования продуктов пиролиза отработанных резиновых шин [Текст] / Т. В. Петренко, **Ю. А. Новичков**, В. В. Хазипова, Е. И. Позднякова // ВейстТек–2007 : Пятый международный конгресс по управлению отходами и природоохранным технологиям, 29 мая – 1 июня 2007 г. Сборник докладов. – Москва, 2007. – С. 153–155. (*Дана оцінка перспектив використання продуктів піролізу в вигляді палива і сорбентів*).

4. Петренко, Т. В. Разработка технологии получения печного топлива из продуктов утилизации резиновых шин и отработанных масел [Текст] / Т. В. Петренко, **Ю. А. Новичков**, В. В. Хазипова, А. А. Блескин // Межрегиональные проблемы экологической безопасности, 19–21 сентября 2007 г. : Сб. тезисов международного симпозиума. – Киев–Одесса, Украина – Москва – Санкт–Петербург, Россия : Чорномор'є, 2007. – С. 54. (*Разработана технология получения печного топлива из продуктов утилизации шин*).

5. Петренко, Т. В. Утилізація відпрацьованих автомобільних шин [Текст] / Т. В. Петренко, **Ю. О. Новічков**, О. І. Позднякова, В. В. Хазіпова. В.В. Донецьк : «Цифровая типография», 2007. – 110 с. (*Проведение лабораторных и аналитических исследований, обработка результатов, разработка рекомендаций*).

6. **Новічков, Ю. О.** Оцінка економічної і екологічної ефективності технологічного комплексу з утилізації зношених автомобільних шин методом низькотемпературного піролізу в рамках процесу стратегічного планування соціального і економічного розвитку міст [Текст] / Ю. О. Новічков // Містобудування, територіальне і стратегічне планування : організаційно-економічні, правові, суспільні та еколого-технологічні аспекти : монографія / Під загальною редакцією д.е.н., професора Богачова С. В. – Донецьк : вид-во «Ноулідж» (Донецьке відділення), 2014. – С. 441–456.

7. Пенчук, В. А. Оптимизация процесса рециклинга отработанных шин пневмоколесной техники с целью создания экологически безопасных условий их утилизации [Текст] / В. А. Пенчук, **Ю. А. Новичков** // Научный вестник НИИГД «Респиратор» : науч.-техн. журн. – Донецк, 2017. – № 4(54). – С. 101–108. (*Эколого-экономическая оценка работы технологического комплекса по переработке шин*).

## АННОТАЦИЯ

Новичков Юрий Александрович. **Повышение экологической безопасности рециклинга автотракторных шин.** – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.19 – Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства. – ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». – Макеевка, 2018 г.

Диссертация посвящена повышению экологической безопасности переработки изношенных и отбракованных автотракторных шин в условиях городского хозяйства путем использования уточненных закономерностей процессов низкотемпературного пиролиза.

Во введении обоснована актуальность, сформулирована научная новизна, практическая ценность работы, дана ее общая характеристика.

В первом разделе рассмотрены особенности конструкции шин и материалов шинного производства, выполнен анализ основных существующих способов утилизации шинной резины. Окончательно сформулированы цели и задачи исследования.

Во втором разделе выбраны направления и методы исследований, составлена структурно-логическая схема выполнения теоретических и экспериментальных работ.

В третьем разделе установлены оптимальные параметры технологического процесса деструкции шинной резины без доступа кислорода. Определены качественные и количественные характеристики получаемых вторичных продуктов, их физико-

химические свойства и химический состав. Разработан способ получения экологически безопасных продуктов пиролиза шин и определены перспективы их практического применения.

Четвертый раздел посвящен разработке технологического комплекса по утилизации изношенных и отбракованных автотракторных шин с целью создания экологически безопасных условий их переработки в условиях городского хозяйства. Проведена научно обоснованная оценка соответствия предложенного технологического комплекса требованиям экологического законодательства, санитарным, строительным нормам и правилам.

В пятом разделе выполнена эколого-экономическая оценка эффективности практического применения усовершенствованного технологического комплекса по утилизации изношенных и отбракованных автотракторных шин.

Результаты исследований внедрены в ЗАО «Экотехника» (г. Донецк), в ООО «Таир» (г. Днепропетровск), в ДП «110-й Харьковский автомобильный ремонтный завод» (г. Харьков), в ООО «Стальмаркет» (г. Харьков), в ООО «Экоресурс-Центр» (г. Киев) и в учебный процесс Харьковского национального автомобильно-дорожного университета и ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры» при подготовке бакалавров и магистров по направлению «Техносферная безопасность».

**Ключевые слова:** экологическая безопасность, рециклинг, изношенные и отбракованные шины, пиролиз, вторичные продукты, технологический комплекс, технический углерод, печное топливо.

## ANNOTATION

Novichkov Yurii. **Increase of ecological safety of motor-vehicle and tractor tires recycling.** – Manuscript.

Thesis for a Candidate of Technical Sciences degree. Specialty 05.23.19 – Ecological safety of construction and municipal facilities. – Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, Makeyevka, 2018.

Dissertation is devoted to the increase of ecological safety of processing of threadbare and defective motor-vehicle and tractor tires in the conditions of municipal facilities by the use of the specified regularities of processes of low temperature pyrolysis.

In the introduction the relevance of the formulated scientific novelty and practical value of the work are substantiated and its general characteristic is given.

In the first section the peculiarities of tire structure and materials of tire production are considered, the analysis of the basic existent methods of utilization of threadbare tires is done. The purpose and objectives of the study are finally formulated.

In the second section, directions and methods of researches are chosen, the structural and-logical chart of implementation of theoretical and experimental work is made.



In the third section the optimum parameters of technological process of destruction of tire rubber without oxygen access are established. The qualitative and quantitative characteristics of the obtained afterproducts, their physical and chemical properties and chemical composition are determined. The method of tire pyrolysis for ecologically safe products is developed and the prospects of their practical application are defined.

The fourth section is devoted to the development of technological complex for utilization of threadbare and defective motor-vehicle and tractor tires with the purpose of creation ecologically safe terms of their recycling in the conditions of municipal facilities. The scientifically grounded estimation of conforming the offered technological complex to the requirements of ecological legislation, sanitary and building norms and rules is conducted.

In the fifth section, the ecological and economic assessment of efficiency of practical application of the improved technological complex for utilization of threadbare and defective motor-vehicle and tractor tires is executed.

The results of researches have been implemented at a number of enterprises: the joint-stock company «Ekotekhnika» (Donetsk), LTD «Tair» (Dnepropetrovsk), the associated company «110th Kharkov Motor-Car Repair Factory» (Kharkov), LTD «Stal'market» (Kharkov), LTD «Ecoresurs-Center» (Kiev). The results are also used in the educational process at Kharkov National Automobile and Highway University as well as for training bachelors and masters (direction «Technosphere Safety») at Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture.

**Key words:** ecological safety, recycling, threadbare and defective tires, pyrolysis, afterproducts, technological complex, technical carbon, stove fuel.