

УДК 504.064

**ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННОГО ТОПЛИВА НА ОСНОВЕ
ТЕХНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА ПИРОЛИЗА АВТОШИН****Папин Андрей Владимирович**кандидат техн. наук, доцент кафедры ХТТТ, e-mail papinandrey@rambler.ru**Игнатова Алла Юрьевна**кандидат биол. наук, доцент кафедры ХТТТ, e-mail allaignatova@rambler.ru**Макаревич Евгения Анатольевна**

старший преподаватель кафедры ХТТТ

Неведров Александр Викторовичкандидат техн. наук, доцент кафедры ХТТТ, e-mail nevedrov78@rambler.ru

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачёва, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

Аннотация

Рассмотрена проблема переработки изношенных автошин, утилизации твердого углеродсодержащего остатка пиролиза автошин. Показана возможность переработки технического углерода пиролиза автошин в высококачественный концентрат, который может служить сырьем для производства композиционных видов топлив. Приведены результаты технического анализа твердого пиролизного остатка. Способ обогащения и окусковывания пиролизного остатка. Приведены данные, характеризующие полученный при обогащении концентрат. Полученный концентрат гранулировали, размеры гранул при этом составили 1,5-2 см, наносили на поверхность гранул водостойкое, поглощающее запах покрытие из нефтяных продуктов. Приведены технические характеристики полученного формованного топлива. Показана зависимость прочности гранул от содержания связующего вещества. Установлено оптимальное содержание связующего.

Ключевые слова.

Пиролиз, углеродсодержащий остаток, обогащенный концентрат, формованное топливо

Одним из видов резиновых отходов являются вышедшие из эксплуатации автомобильные шины. Объемы образования и накопления отработанных автошин в мире достигают огромных размеров. Выброшенные на свалки, либо закопанные шины разлагаются в естественных условиях не менее 100 лет. Контакт шин с дождевыми осадками и с грунтовыми водами сопровождается вымыванием ряда токсичных органических соединений: дифениламина, дибутилфталата, фенантрена и др., которые попадают в почву. Кроме того, даже если резина не эксплуатируется, она выделяет некоторое количество химических веществ (до 100) [1].

Вместе с тем, изношенные автомобильные шины являются ценным источником вторичного сырья: резины, технического углерода, металлического корда и т. д. Изношенная шина представляет собой ценное вторичное сырье, содержащее 65-70 % резины (каучук), 15-25 % технического углерода, 10-15 % металла [1]. Экономическое значение использования отработанных шин определяется тем, что добыча природных ресурсов становится все более дорогостоящей, а в ряде случаев – ограниченной. Утилизация изношенных автошин позволит существенно снизить потребление некоторых дефицитных природных ресурсов. Поэтому использование отработанных шин приобретает все

большую значимость. Методам утилизации шин посвящены работы ряда авторов [2-7].

Наиболее экологичным способом утилизации является пиролиз изношенных шин. В реакторе сырье подвергается разложению при температуре примерно 450°C, в процессе которого получают полупродукты: газ, жидкотопливная фракция, углеродсодержащий остаток и металлокорд. Пиролиз перспективен в силу возможности переработки целых шин.

Преимуществом пиролиза является его экологическая безопасность, в следствие протекания процесса в отсутствии атмосферного воздуха, в результате чего в пиролизных газах в низких концентрациях содержатся такие токсичные соединения, как диоксид серы, оксиды азота и оксид углерода. Важным аргументом в пользу пиролиза служит образование твердого углеродного остатка, в виде кусков и частиц широкого фракционного состава, представляющего интерес в качестве вторичного сырья в отдельных отраслях химической промышленности.

Газ частично возвращается в топку реактора для поддержания процесса. Оставшаяся часть газа сжигается на свече или поступает на котел-утилизатор.

Углеродсодержащий остаток после гашения и

охлаждения подвергается магнитной сепарации (или просеивается через сито) с целью отделения проволоки металлокорда. Жидкое топливо и металлокорд отправляются на склад для дальнейшей отгрузки потребителю.

Жидкие продукты, состоящие из смеси бензина, дизельного топлива и мазута могут перерабатываться котельными без изменений технологического режима.

Получаемый твердый остаток – низкокачественный углерод, практически не может найти своего применения напрямую и складывается на промплощадке предприятия.

Жидкие и газообразные продукты пиролиза можно использовать не только как топливо, но и в качестве пленкообразующих растворителей, пластификаторов, смягчителей для регенерации шин. Пек пиролизной смолы является хорошим смягчителем, который может использоваться самостоятельно или в смеси с другими компонентами. Тяжелая фракция пиролизата как добавка к битуму, используемому в дорожном строительстве, может повысить его эластичность, устойчивость к холоду и влаге.

Из газообразной фракции пиролиза можно выделять ароматические масла, пригодные для применения в производстве резиновых смесей. Низкомолекулярные углеводороды могут быть использованы в качестве сырья для органического синтеза и в качестве топлива.

Вопросам пиролиза автошин и исследованию продуктов пиролиза в последнее время посвящено много работ [8-12]. Так, Яцун А.В. и др. проводили пиролиз автошин в электромагнитном поле микроволнового диапазона на опытной СВЧ-установке. Ими доказано, что продукты пиролиза – это ценное химическое сырье [10]. Макитра Р.Г., Мидяна Г.Г. и др. предлагают совместный пиролиз отработанных автомобильных покрышек в смеси с углем для получения жидкого топлива [11]. В работе [8] показана возможность добавки пиролизного шлака в угольную шихту для коксования.

Пихль О.А. и др. исследовали продукты гидрогенизации изношенных автомобильных шин и показали, что методом гидрогенизации можно получить более качественное жидкое топливо, чем методом пиролиза [12].

Наибольший интерес из продуктов пиролиза, пригодных к дальнейшему использованию, вызывает именно технический углерод. Однако большинство из существующих методов пиролиза не дает высококачественного технического углерода.

Пиролизная сажа характеризуется высокой зольностью, низким усиливающим действием и загрязнена серой.

Технический углерод чаще всего имеет неприемлемую для прямого использования зольность ($V^{daf} = 12-15\%$ мас.), из-за присадок в резине, может быть весьма токсичен, из-за нарушений технологического режима, напрямую он не годится ни как сорбент, ни в электродную промышленность, ни как топливо. У предприятия может возникнуть сложность с его реализацией.

В тоже время использование технического углерода перспективно в разных отраслях промышленности. Твердый остаток может быть использован в качестве исходного материала при получении активированного угля, пироуглерода, а также в качестве топлива в специальных топочных устройствах. Кроме того, в настоящее время во всем мире остро стоит проблема поиска новых эффективных заменителей дорогостоящих металлургических коксов и полученный в результате пиролиза технический углерод, при условии надлежащей обработки, может послужить сырьем для получения углеродных восстановителей. Однако, серьезным препятствием этому решению может послужить загрязненность остатка пиролиза серой, содержание которой в металлургических коксах недопустимо. Решение вопроса о дополнительной обработке технического углеродного остатка после пиролиза с его активацией, увеличивающей удельную поверхность, и обессериванием, может открыть новую страницу в технологии получения углеродных восстановителей металлов, крайне необходимых для металлургической промышленности страны. Одним из перспективных путей может стать каталитическая гидродесульфуризация, имеющая важнейшее значение в переработке нефти и жидкого топлива в целом. Задачей каталитической гидродесульфуризации является практически полное гидрирование и удаление серы из различных фракций топлива, а также из сырья для каталитического риформинга.

В наших исследованиях были выявлены возможности переработки технического углерода – твердого остатка пиролиза автошин в композитные виды топлив.

Нами был проведен технический анализ углеродсодержащего остатка. Выход летучих веществ определяли по ГОСТ 6382-2001 [13], зольность – по ГОСТ 11022-95 [14].

Полученные данные представлены в табл. 1.

В результате анализа выяснили, что углеродсодержащий остаток имеет высокие значения

Таблица 1. Результаты технического анализа углеродсодержащего остатка пиролиза автошин

Объект испытания	Определяемый компонент	Содержание компонента, % мас.
Низкокачественный технический углерод	Содержание влаги	2,2
	Зольность: A^d	11,7
	Выход летучих веществ: V^{daf}	8,6

зольности и выхода летучих веществ.

Целью наших исследований стало получение формованного топлива с низкой зольностью и сернистостью, приготовленного из концентрата твердого углеродного остатка пиролиза автошин, что позволит более полно утилизировать отработанные автошины и улучшить экологическую обстановку в регионах.

В настоящее время известны способы окускования шламов и мелких классов каменных углей, например, способ, включающий перемешивание угля, шлама со связующим веществом, которым служит гумат натрия, прессование смеси в брикеты при влажности смеси до 25 % последующую сушку и отверждение брикетов [15]. Другой способ предполагает брикетирования каменных углей и антрацитов, включающие обезвоживание и сушку исходного угля до влажности 2-3 %, смешивания его с жидкими или твердыми связующими (нефтебитумы, каменноугольный пек, сульфат-спиртовая барда, твердые глины, цемент), прессование смеси давлением 20-50 МПа, и последующее охлаждение [16].

Однако, существующие технологии брикетирования каменных углей и антрацитов не предназначены для использования в качестве исходного сырья твердого остатка пиролиза автошин (класс крупности 0-10,0 мм) и тонкодисперсных угольных шламов (класс крупности 0-1,0 мм), образующихся при добыче и переработке каменных углей.

Наиболее близким к проводимым исследованиям по технической сущности является способ получения топливных брикетов, включающий смешивание коксовой пыли, предварительно обогащенной методом масляной агломерации до зольности 5,0-5,5 % мас. и сернистости 0,05 % мас. со связующим, в качестве которого используют карбамид в количестве 4,0-6,0 % к массе исходного концентрата, дальнейшее брикетирование смеси [17].

В нашем случае предлагается окусковывание

твердого углеродного остатка, который является отходом пиролиза отработанных автошин.

Твердый остаток пиролиза автошин с исходной зольностью 11,40-11,66 %, сернистостью 1,2 % мас. измельчали до крупности частиц 0,1 мм, обогащали на установке методом масляной агломерации для получения глубоко обогащенных концентратов.

Твердый остаток пиролиза автошин тонкодисперсный, крупностью менее 1 мм. По количеству зольности твердый углеродный остаток пиролиза автошин относится к среднезольным отходам, что препятствует его использованию.

Так как твердый остаток пиролиза автошин тонкодисперсный (<1 мм), то оптимальный метод его обогащения – масляная агломерация. К основным достоинствам метода масляной агломерации относят высокую селективность при разделении частиц менее 100 мкм (что и характерно для твердого остатка пиролиза автошин), широкий диапазон зольности обогащаемого угля, возможность вести процесс при плотности пульпы до 600 г/л, дополнительное обезвоживание концентрата вытеснением воды маслом при образовании углемасляных гранул.

На первом этапе смешивали твердый остаток пиролиза автошин с технической или питьевой водой в течение 1-2 мин. при помощи лопастной мешалки, соединенной с двигателем. Перемешивание более 3 мин. нецелесообразно. Во избежание образования «воронки», снижающей интенсивность перемешивания, в ёмкость устанавливали специальные преградители. Затем добавляли жидкую фракцию пиролиза автошин в количестве 8,0-9,0 % к массе углеродного остатка и перемешивали еще в течение 5-8 мин. Перемешивание менее 5 мин. не приводит к образованию масляных агломератов, так как углеводородный реагент не успевает полностью смочить поверхность пылевых частиц. Увеличение времени перемешивания свыше 8 мин. нецелесообразно, так как расходуется дополнительная энергия.

Таблица 2. Характеристики концентрата

A^d , % (зольность)	W^a , % (влажность)	V^{daf} , % (выход летучих веществ)	Q_s^r , ккал/кг (теплота сгорания)	S^d , % мас. (сернистость)
4,0-5,5	8,5-10,5	8,0-9,0	6600-6800	0,2

Таблица 3. Технические характеристики полученного формованного топлива

Физические испытания			Топливные характеристики		
сжатие, кг/см ²	стирание, % содержание кусков размером >25 мм	сбрасывание % содержание кусков размером >25 мм	A^d , % мас. (зольность)	Q_s^r , ккал/кг (теплота сгорания)	S^d , % мас. (сернистость)
18-20	60-90	85-99	4,0-5,9	7000-7500	0,1-0,2

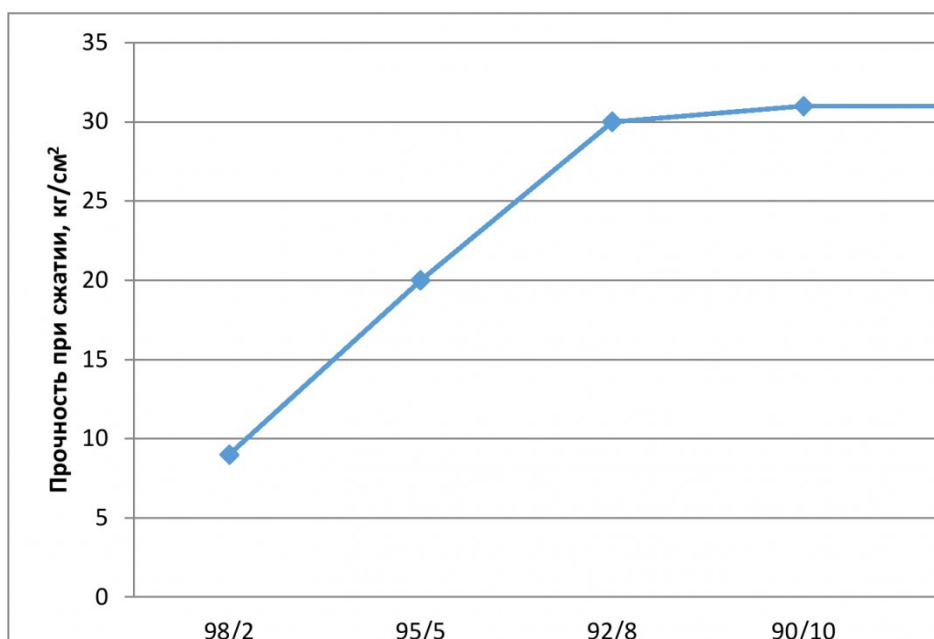


Рис. 1. Зависимость прочности гранул от содержания связующего

В результате турбулизации пульпы (смеси воды, твердого остатка пиролиза автошин и реагента) происходит селективное образование масляных агрегатов, которые уплотняются, структурно преобразуясь в прочные гранулы сферической формы, при этом топливо избавляется от балласта – минеральных примесей. Зольность полученных концентратов не превышает 4,5-5,5 % мас., сернистость – 0,2 % мас., что говорит о приемлемости полученных концентратов для применения в энергетике; высокий выход продукта (до 84 % мас.) и более низкая зольность и сернистость концентратов обусловлены полнотой разделения органической и минеральной частей твердого остатка пи-

ролиза автошин в процессе обогащения методом масляной агломерации.

На выходе с установки получают концентрат со следующими характеристиками (табл. 2). Теплотворную способность полученного концентрата определяли по ГОСТ 147-95 [18], определение серы проводили по ГОСТ 2059-95 [19], определение массовой доли влаги – по ГОСТ 11014-10981 [20]. Из низкокачественного технического углерода был получен низкозольный концентрат.

Полученный концентрат гранулировали, размеры гранул при этом составили 1,5-2 см, наносили на поверхность гранул водостойкое, поглощающее запах покрытие из нефтяных продуктов

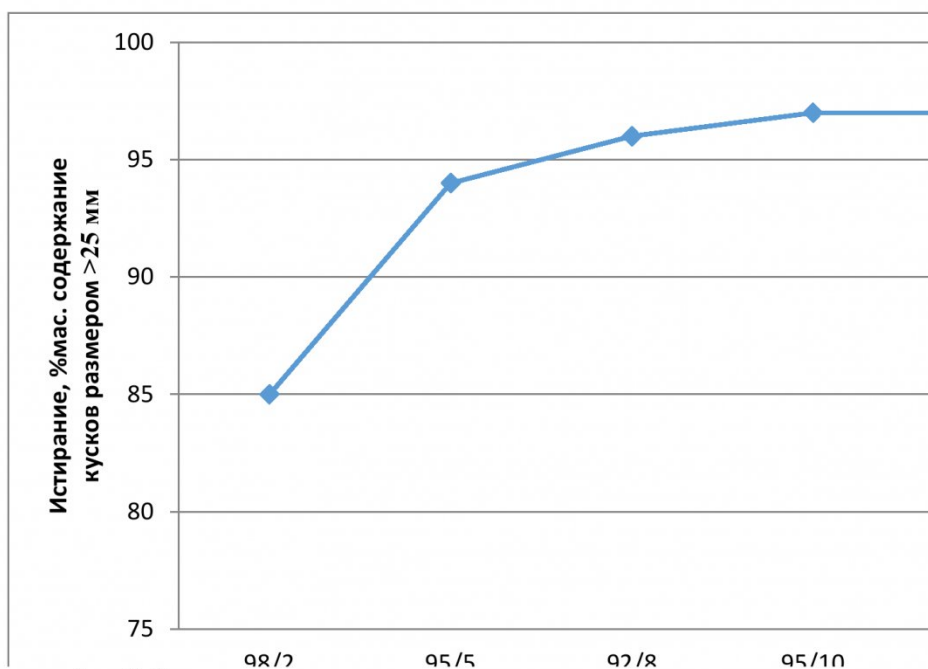


Рис. 2. Зависимость истираемости гранул от содержания связующего

(например, парафин).

На выходе получили формованное топливо со следующими техническими характеристиками (табл. 3).

Изучена зависимость прочности гранул от содержания связующего (рис. 1). Прочность гранул была оптимальна при добавлении связующего от 8,0 до 10,0 % мас.

Зависимость истираемости гранул от содержания связующего представлена на рис. 2. Прочность гранул на истирание была оптимальна при добавлении связующего также от 8 до 10 % мас.

Предложенный способ переработки твердого остатка пиролиза автошин позволяет получить из отходов качественную продукцию – формованное топливо. Утилизация твердого остатка пиролиза автошин позволит улучшить экологическую об-

становку, расширить сырьевую базу для энергетики за счет использования альтернативных видов топлив.

Полученные данные показывают эффективность процесса обогащения низкокачественного технического углерода методом масляной агломерации и, соответственно, возможность получения низкосольного, с низким содержанием серы концентрата, который в дальнейшем может служить сырьем для производства композитных видов топлив.

Полученное формованное топливо может быть использовано в качестве топлива для сжигания в бытовых и промышленных топках.

Работа выполнена в рамках проектной части государственного задания Минобрнауки РФ № 10.782.2014К.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Тарасова Т.Ф.* Экологическое значение и решение проблемы переработки изношенных автошин / Т.Ф. Тарасова, Д.И. Чапалда // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2006. – № 2-2. – С. 130-135.
2. *Вольфсон С.И.* Методы утилизации шин и резинотехнических изделий / С.И. Вольфсон, Е.А. Фафурина, А.В. Фафурин // Вестник Казанского технологического университета. – 2011. – № 1. – С. 74-79.
3. *Пат. № 2111859* Россия МПК: 6В 29В 17/00 А, 6С 08J 11/10 В Способ переработки резинотехнических изделий / Е.В. Даньшиков, И.Н. Лучник, А.В. Рязанов, С.В. Чуйко // Троицкая технологическая лаборатория. Заяв. 16.03.1995, опубл. 27.05.1998.
4. *Валуева А.В.* Перспективы переработки автомобильных покрышек в Кузбассе // Сборник научных трудов SWORLD. – 2012. – Т. 7. – № 1. – С. 19-20.
5. *Хизов А.В.* Сбор, переработка и утилизация автомобильных шин / А.В. Хизов, К.Е. Панкин // Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции «Развитие технических наук в современном мире» г. Воронеж, 08 декабря 2014 г. Изд-во: Инновационный центр развития образования и науки. – Воронеж, 2014. – С. 57-59.
6. *Демьянова В.С.* Перспективы рециклинга автомобильных шин / В.С. Демьянова, А.Д. Гусев // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. – 2011. – № 4. – С. 74-79.
7. Утилизация резиновой крошки из изношенных шин в контексте решения проблемы повышения качества дорожных покрытий / В.П. Беляев, А.С. Клинков, П.С. Беляев, Д.Л. Полушкин // Глобальный научный потенциал. – 2012. – № 19. – С. 169-171.
8. *Никитин Н.И.* Пиролизная утилизация автопокрышек / Н.И. Никитин, И.Н. Никитин // Кокс и химия. – 2008. – № 8. – С. 3-7.
9. *Пат. № 2460743* Россия МПК: С 08 J 11 20, С 08 L 21 00, В 29 В 17 00 Процесс и установка по переработке резиносодержащих отходов / К. З. Бочавер, Р. Ю. Шамгулов // М. Заяв. 21.05.2010, опубл. 27.11.2011.
10. *Яцун А.В.* Жидкие продукты пиролиза отработанных автомобильных шин под воздействием СВЧ / А.В. Яцун, Н.П. Коновалов, И.С. Ефименко // Химия твердого топлива. – 2013. – № 4. – С. 60.
11. Процессы переработки углей в смеси с резиносодержащими отходами в жидкое топливо / Р.Г. Макитра, Г.Г. Мидяна, Д.В. Брык, М.В. Семенюк // Химия твердого топлива. – 2013. – № 3. – С. 43.
12. Переработка автомобильных шин методами пиролиза и гидрогенизации / О.А. Пихль, Ю.Х. Сооне, Л.В. Кекишева, М.А. Каэв // Химия твердого топлива. – 2013. – № 3. – С. 51.
13. ГОСТ 6382-2001 Топливо твердое минеральное. Методы определения выхода летучих веществ. – М. : Изд-во стандартов, 2001
14. ГОСТ 11022-95 Топливо твердое минеральное. Методы определения зольности. – М. : Изд-во стандартов, 1995.
15. *Лурий В.Г.* Новый способ окускования шламов и мелких классов каменных углей / В.Г. Лурий, О.В. Михеев, Б.Г. Никишечев // ИАЦ горных наук. Москва: 1993.
16. *Елишевич А.Т.* Технология брикетирования полезных ископаемых, М.: «Недра», 1989, с.86, 92, 98, 101, 106.

17. Пат. № 2468071 Россия, МПК: C10L5/04 C10L5/12 Способ брикетирования коксовой пыли / А.В. Папин, В.С. Солодов, В.И. Косинцев и др. // КузГТУ. Заяв. 26.10.2011, опубл. 27.11.2012.

18. ГОСТ 147-95 Определение высшей теплоты сгорания и вычисление низшей теплоты сгорания. – М. : Изд-во стандартов, 1995.

19. ГОСТ 2059-95 Топливо твердое минеральное. Метод определения общей серы сжиганием при высокой температуре. – М. : Изд-во стандартов, 1995.

20. ГОСТ 11014-1981 Угли бурые, каменные, антрацит и горючие сланцы. Ускоренный метод определения влаги. – М. : Изд-во стандартов, 1981.

Поступило в редакцию 13.04.2015

UDC 504.064

PREPARATION OF COMPOSITE FUEL-BASED CARBON BLACK PYROLYSIS OF TIRES

Papin A.V.,

C. Sc. (Engineering), Associate Professor, e-mail: papinandrey@rambler.ru

Ignatova A.Yu.

C. Sc. (Biological), Associate Professor, e-mail: allaignatova@rambler.ru

Makarevich E.A.

Senior Lecturer,

Nevedrov A.V

C. Sc. (Engineering), Associate Professor, e-mail: nevedrov78@rambler.ru

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28 street Vesennyaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation

Abstract

The problem are examined of processing of worn tires and the solid carbon-containing residue of pyrolysis of tires utilization. It is really possible to process of carbon black by the pyrolysis of tires into a high quality concentrate, which can serve as raw material for production of composite fuels. There are the results of the technical analysis of the solid pyrolysis residue. Method of enrichment and making the fuel in a piece from pyrolysis residue. The data is describing which to characterize the concentrate. The resulting concentrate was pelletized, granules size was 1.5-2 cm, were applied to the surface of the granules, water-resistant, odor absorbing coating of oil products. The technical characteristics of the obtained molded fuel are given. The dependence is shown of the strength of the granules from the content of the binder. The optimum quantity of binder is contented.

Keywords

The pyrolysis, include carbon residue, enriched in the concentrate, molded fuel.

REFERENCES

1. Tarasova T.F. Chapalda D.I. Ekologicheskoe znachenie i reshenie problemy pererabotki iznoshennyh avtoshin [Ecological importance and the decision of problems of processing of worn tires]. Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta [Bulletin of the Orenburg state University]. 2006. No. 2-2. P. 130-135.

2. Vol'fson S.I., Fafurina E.A., Fafurin A.V. Metody utilizacii shin i rezinotekhnicheskikh izdelij [Methods of recycling of tires and rubber-technical products]. Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo universiteta [Bulletin of the Kazan technological University]. 2011. No. 1. P. 74-79.

3. Dan'schikov E.V., Luchnik I.N., Ryazanov A.V., Chujko S.V.; Trinity engineering laboratory. Pat. № 2111859 Rossiya MPK: 6B 29B 17/00 A, 6C 08J 11/10 B Sposob pererabotki rezinotekhnicheskikh izdelij [Method of processing rubber products]. Appl. 16.03.1995, reg. 27.05.1998.

4. Valueva A.V. Perspektivy pererabotki avtomobil'nyh pokryshek v Kuzbasse [Prospects for the recycling of tires in Kuzbass]. Sbornik nauchnyh trudov SWORLD [Collection of scientific works SWORLD]. 2012. Vol. 7. No. 1. P. 19-20.

5. Hizov A.V., Pankin K.E. Sbor, pererabotka i utilizaciya avtomobil'nyh shin [The collection, processing and recycling of automobile tires]. Sbornik nauchnyh trudov po itogam mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Razvitie tehnikeskikh nauk v sovremennom mire» (Voronezh, 08 dekabrya 2014) [Proceedings of

the international scientific-practical conference "Development of technical Sciences in the modern world" (Voronezh, December 08, 2014)] Voronezh, Innovation center for the development of education and science, 2014. P. 57-59.

6. Dem'yanova V.S., Gusev A.D. Perspektivy reciklinga avtomobil'nyh shin [The prospects of recycling of automobile tires]. Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Stroitel'stvo i arhitektura [Scientific Bulletin of the Voronezh state University of architecture and construction. Construction and architecture.]. 2011. No.4. P. 74-79.

7. Belyaev V.P., Klinkov A.S., Belyaev P.S., Polushkin D.L. Utilizaciya rezinovoj kroszki iz iznoshennyh shin v kontekste resheniya problemy povysheniya kachestva dorozhnyh pokrytij [Utilization of crumb rubber from waste tires in the context of solving the problem of improving the quality of road surfaces]. Global'nyj nauchnyj potencial [Global scientific potential]. 2012. No. 19. P. 169-171.

8. Nikitin N.I., Nikitin I.N. Pirolyznaya utilizaciya avtopokryshek [Pyrolysis recycling tires]. Koks i himiya [Coke and chemistry]. 2008. No. 8. P. 3-7.

9. Bochaver K. Z., Shamgulov R. Yu. Pat. № 2460743 Rossiya MPK: C 08 J 11 20, C 08 L 21 00, B 29 B 17 00 Process i ustanovka po pererabotke rezinosoderzhaschih othodov [Process and installation for processing rubber waste]. M. Appl. 21.05.2010, reg. 27.11.2011.

10. Yacun A., Konovalov N.P., Efimenko I.S. Zhidkie produkty piroliza otrabotannyh avtomobil'nyh shin pod vozdejstviem SVCh [Liquid products of pyrolysis of waste tires under the influence of microwave]. Himiya tverdogo topliva [Solid fuel chemistry]. 2013. No. 4. P. 60.

11. Makitra R.G., Midyana G.G., Bryk D.V., Semenyuk M.V. Processy pererabotki uglej v smesi s rezinosoderzhaschimi othodami v zhidkoe toplivo [Processing coal in a mixture of rubber waste into liquid fuel]. Himiya tverdogo topliva [Solid fuel chemistry]. 2013. No. 3. P. 43.

12. Pihl' O.A., Soone Yu.H., Kekisheva L.V., Ka'ev M.A. Pererabotka avtomobil'nyh shin metodami piroliza i gidrogenizacii [Recycling car tires techniques of pyrolysis and hydrogenation]. Himiya tverdogo topliva [Solid fuel chemistry]. 2013. No. 3. P. 51.

13. STST 6382-2001 Toplivo tverdoe mineral'noe. Metody opredeleniya vyhoda letuchih veschestv [Solid mineral fuel. Methods for determination of volatile matter]. Moscow, publishing standards, 2001.

14. STST 11022-95 Toplivo tverdoe mineral'noe. Metody opredeleniya zol'nosti [Solid mineral fuel. Methods for determination of ash content]. Moscow, publishing standards, 1995.

15. Lurij V.G., Miheev O.V., Nikishechev B.G. Novyj sposob okuskovaniya shlamov i melkih klassov kamennyh uglej [A new way of agglomeration of sludge and minor classes of coals]. IAC gornyh nauk [IAC mining Sciences]. Moskva: 1993.

16. Elishevich A.T. Tehnologiya briketirovaniya poleznyh iskopaemyh [The technology for briquetting of mineral resources]. Moscow, publishing house Nedra, 1989. P. 86, 92, 98, 101, 106.

17. Papin A.V., Solodov V.S., Kosincev V.I. and other; KuzSTU. Pat. № 2468071 Rossiya, MPK: C10L5/04 C10L5/12 Sposob briketirovaniya koksovoj pyli [Method of briquetting of coke dust]. Appl. 26.10.2011, reg. 27.11.2012.

18. STST 147-95 Opredelenie vysshej teploty sgoraniya i vychislenie nizshej teploty sgoraniya [Determination of gross calorific value and calculation of net calorific value]. Moscow, Publishing standards, 1995.

19. STST 2059-95 Toplivo tverdoe mineral'noe. Metod opredeleniya obschej sery szhiganiem pri vysokoj temperature [Solid mineral fuel. Method for determination of total sulfur by combustion at high temperature]. Moscow, publishing standards, 1995.

20. STST 11014-1981 Ugli burye, kamennye, antracit i goryuchie slancy. Uskorennyj metod opredeleniya vlagi [Lignite, coal, anthracite and combustible shale. Rapid method for determination of moisture]. Moscow, publishing standards, 1981.

Received 13 April 2015