

В.С. ПОПОВ, студент гр. ХПб-131 (КузГТУ)  
Научные руководители: А.В. ПАПИН, к.т.н., доцент (КузГТУ),  
А.Ю. ИГНАТОВА, к.б.н., доцент (КузГТУ)  
г. Кемерово

## **ТВЁРДОЕ ТОПЛИВО НА ОСНОВЕ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ**

На сегодняшний день одним из главных факторов, загрязняющих окружающую среду в мире, является рост количества отработанных шин. С каждым годом количество пневмоколесного транспорта на душу населения увеличивается, что приводит к появлению огромного количества отработанных шин. В России данная проблема имеет высокий уровень актуальности. В нашей стране ежегодно выходит из эксплуатации около 1 млн. тонн шин, а учитывая, что в одну тонну шин входит около 650 кг резины, 150 кг текстиля, 200 кг металла, амортизированную шину можно считать важным источником вторичного сырья [7, 9].

Отработанные шины крайне огнеопасны, и в случае возгорания температура их горения близка температуре горения каменного угля. При горении шин, в атмосферу выбрасываются вредные продукты сгорания, в том числе канцерогены. Данные отходы очень специфичны, не поддаются гниению, саморазрушению, занимают земельные площади, загрязняя населенные пункты, водоёмы и воздух.

В тоже время отработанные шины являются ценным источником вторичного сырья и могут быть использованы для производства альтернативного топлива. В мире существует множество методов переработки отработанных шин: сжигание, переработка в крошку, захоронение, восстановление, пиролиз [7]. Методам утилизации шин посвящено множество научных трудов [1, 6].

Наиболее перспективным из ныне известных методов является термическое разложение углеводородного сырья или так называемый пиролиз [1]. Продуктами данного метода являются: газ, жидко топливная фракция, углеродосодержащий остаток и металлокорд. С помощью пиролиза можно перерабатывать целые шины. В печатных работах Яцун А.В. и др. приводятся данные проведения пиролиза автошин в электромагнитном поле микроволнового диапазона на опытной СВЧ установке [10]. Ими доказана ценность продуктов пиролиза. Макитра Р.Г., Мидяна Г.Г. и др. предлагают совместный пиролиз отработанных шин в смеси с углём для получения жидкого топлива. Наибольший интерес из продуктов пиролиза представляет твердый остаток – низкокачественный углерод. Он имеет повышенную зольность, низкое усиливающее действие и загрязнен серой. В работах

Папина А.В. и др. предлагается получение композиционного топлива на основе технического углерода пиролиза автошин. Доказано, что твердый остаток пиролиза после специализированных методов очистки можно использовать для получения брикетированного топлива [4].

Нами разрабатывается состав и способ получения формованного топлива из твердого остатка пиролиза автошин, обогащенного методом масляной агломерации, путем брикетирования со связующим. При сжигании топливных брикетов повышается на 25-35 % КПД топочных устройств, снижаются на 15-20 % выбросы сернистого газа, более чем в 2 раза – выбросы твердых веществ с дымовыми газами. Учитывая эти факторы, становится очевидным перспективность перевода котельных на топливные брикеты, при этом существенное изменение конструкций топок не потребуется. Освоение производства топливных брикетов в значительной мере повышает эффективность использования топлива за счет ресурсосбережения [8]. В качестве связующего при брикетировании нами предлагается использовать вторичные полимеры. По нашему мнению, наиболее подходящим связующим для композитного топлива из твердого остатка пиролиза автошин являются отходы вторполимеров – полиолефинов (ПЭВД, ПЭНД, ПП) и полиэтилентерфталат.

Результаты анализа технического углерода приведены в табл. 1. Данные выхода летучих веществ (ГОСТ 6382-2001), зольности (ГОСТ 11022-95 (метод медленного озоления) и влажности (ГОСТ 11014-2001) были определены по изменению массы навески. Из-за присутствия присадок в резине технический углерод довольно токсичен, поэтому без переработки он не применяется ни как сорбент, ни как топливо, но исходя из данных работы, его можно применять для создания брикетированного топлива.

Таблица 1

Результаты анализа углеродосодержащего остатка пиролиза автошин

Объект испытания	Определяемый компонент	Содержание компонента, % мас.
Низкокачественный технический углерод	Содержание влаги ( $W^a$ , % мас.)	0,68-2,2
	Зольность ( $A^d$ , % мас.)	9,8-12,7
	Выход летучих веществ ( $V^{daf}$ , % мас.)	4,8-8,8

Далее твердый остаток пиролиза автошин измельчался до крупности частиц 0,3 мм, обогащался на установке методом масляной агломерации для получения глубоко обогащённых концентратов. После концентраты смешивались с жидкой фракцией пиролиза автошин в соотношении 95:5. Зольность полученных концентратов не превышала – 5,5 % мас., из чего следует, что полученный концентрат можно использовать в энергетике, характеристики концентрата представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Характеристики концентрата на основе твердого остатка пиролиза автошин**

$A^d$ , % мас.	4,0-5,5
$W^a$ , % мас.	8,5-10,5
$V^{daf}$ , % мас.	6,0-8,0
$Q_s^r$ , ккал/кг (теплота сгорания)	7600-7800
$S_t^d$ , % мас. (сернистость)	0,5

Полученный обогащенный концентрат смешивали со связующим вторичным полимером (полиэтилен), 8-9% к массе исходного концентрата, после загружали в пресс форму и помещали в муфельную печь и выдерживали в течении 30 минут под воздействием температуры в 170°C для полного расплавления связующего полимер, после помещали пресс форму под пресс и плавно доводили нагрузку до 100 кгс/см<sup>2</sup> и на выходе получали прочный брикет.

Готовые образцы далее проверяли на механическую прочность. Руководствуясь ГОСТами 18132-72 и 21289-75 определяли механическую прочность при истирании в барабане, сжатии и сбрасывании. Данные испытаний приведены в табл. 3.

Таблица 3

**Результаты испытаний образцов на механическую прочность**

$P_{и}$ , % (Механическая прочность)	99
Прочность на сдавливание, кг/см <sup>2</sup>	10
Прочность на сбрасывание, м	3

В данный момент планируется проведение технического анализа полученных образцов.

**Список литературы:**

1. Лисовский В.А. Переработка утилизированных шин – энергоэффективное мероприятие // Проблемы сбора, переработка и утилизация отходов: Сб. научн.статей. – Одесса: ОЦНТЭИ, 2001. – С.150–154.
2. Макитра Р.Г., 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.
3. Максимов, М.А. Создание системы сбора, переработки и утилизации изношенных шин и других резинотехнических изделий в

Российской Федерации // Автотранспортное предприятие, 2003. – № 12. – С. 39-41.

4. Папин А.В. Получение композиционного топлива на основе технического углерода пиролиза автошин / А.В. Папин, А.Ю. Игнатова, Е.А. Макаревич, А.В. Неведров // Вестник КузГТУ. – № 2. – 2015. – С. 107-113.

5. Папин А.В. Получение топливных брикетов из тонкодисперсных отходов угледобычи и углепереработки / А.В. Папин, А.Ю. Игнатова, А.В. Неведров, Т.Г. Черкасова // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. - № 5. – 2015. – С. 43-50.

6. 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.

7. Сапронов, В.А. Экономическое и экологическое значение проблемы переработки изношенных шин // Сборник «Переработка изношенных шин». – М.: ЦНИИТЭНЕФТЕХИМ, 1982.

8. Страхов, В.М. Кокс из отходов резины // Кокс и химия. – 2005. – № 2. – С. 35-43.

9. 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.

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.