

УДК 621.316

Н.Д. ВИЛИСОВ, студент гр. ТЭб-181 (КузГТУ), С.В. КОНАКОВ,
студент гр. ТЭб-181 (КузГТУ), Т.С. МАКЕЕВА, студент гр. ТЭб-181
(КузГТУ), К.Ю. УШАКОВ, старший преподаватель (КузГТУ), С.С. АЗИ-
ХАНОВ, к.т.н., доцент (КузГТУ), А.Р. БОГОМОЛОВ, д.т.н., Заведующий
кафедрой (КузГТУ), с.н.с. ИТ СО РАН
г. Кемерово г. Новосибирск

ПРОЦЕСС НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ПИРОЛИЗА КРУП- НОГАБАРИТНЫХ ШИН

В современном мире одной из важных проблем сохранения экологии, является проблема утилизации отходов производства и потребления. Наиболее масштабными загрязнителями являются отходы резинотехнических изделий (РТИ), к которым можно отнести транспортные ленты, шланги и составляющие 85-87% автомобильные шины [1,2]. Автомобильная покрывка, согласно Федеральному классификационному каталогу отходов, относится к IV классу опасности и подлежит обязательной утилизации. Связано это с тем, что шины – это источник длительного загрязнения окружающей среды, так как они практически не разлагаются в обычных условиях, служат пристанищем для грызунов, огнеопасны и при возгорании образуют канцерогены.

В регионах, где развита горнодобывающая отрасль (к числу которых относится Кузбасс) кроме легкового транспорта большой вклад в объем отработанных крупногабаритных шин вносит карьерный транспорт. Отработанные шины представляют собой ценное вторичное сырье, которое может быть переработано и использовано в качестве вторичного энергоресурса. Наиболее распространенным способом термической переработки резинотехнических отходов является пиролиз. Преимущество пиролиза, по сравнению с непосредственным сжиганием отходов, заключается в его эффективности с точки зрения предотвращения загрязнения окружающей среды. С помощью пиролиза можно перерабатывать составляющие отходов, трудно поддающиеся утилизации, такие, как автопокрывки, пластмасса, отработанные масла и др. После пиролиза не остается биологически активных веществ [3]. В результате протекания пиролитической реакции на выходе из сырья получают следующие вещества: твердый углеродный остаток (технический углерод или сажа), газовая фракция и жидкие углеводороды.

Предметом исследования являются процессы пиролиза резиновой крошки с последующей газификацией твердого углеродного остатка для по-

лучения востребованных на рынке продуктов энергетического и химического назначения, а также сорбентов в углекислотной или паровой среде. В данной работе приведены результаты аналитических исследований полученных пиролитических продуктов процесса пиролиза. Исходным сырьем для пиролиза были измельченные фракции крупногабаритных шин карьерных самосвалов от компаний «Кузбассразрезуголь» (фракции 0-1 мм, 2-3,5 мм) и «СДС Уголь» (фракции 1-3 мм, 2-4 мм). Элементный состав исходного сырья представлен в табл. 1, технический анализ в табл. 2.

Таблица 1

Элементный состав резиновой крошки

Образец	C, %	N, %	H, %	S, %	O, %
Резина	78,3	1,1	7,3	1,5	1,9

Таблица 2

Технический анализ резиновой крошки

Образец	W ^a , %	A ^a , %	V ^a , %	Q _н , МДж/кг
«Кузбассразрезуголь»	0,9	13,2	55,7	~27
«СДС Уголь»	0,62	7,94	63,1	35,2

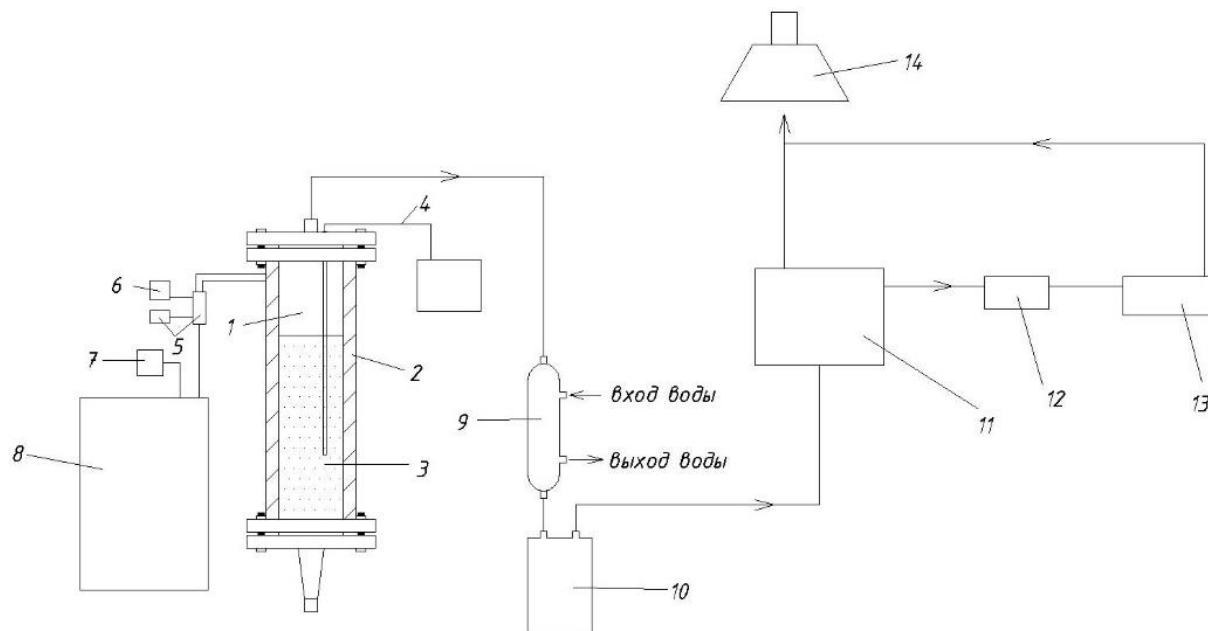


Рис. 1. Схема установки: 1 – реактор; 2 – изоляция; 3 – фракция резины; 4 – термомпара; 5 – регулятор нагрева; 6 – амперметр; 7 – вольтметр; 8 – трансформатор; 9 – холодильник; 10 – сепаратор-отделитель; 11 – барабанный счетчик ГСБ-400; 12 – перистальтический насос; 13 – газоанализатор Тест-1; 14 – вытяжка.

Схема экспериментальной установки изображена на рисунке 1. Основным оборудованием является реактор 1 проточного типа периодического действия, в котором последовательно могут протекать процессы пиролиза, и газификации твердого углеродного остатка. Исходное сырье 3 загружалось в реактор, после чего начинался нагрев. Масса загружаемого сырья составляла 80 г. В ходе экспериментов измерялись следующие параметры: температура внутри реактора термопарой 4, количество получаемого пиролизного газа барабанным газовым счетчиком 11, состав пиролизного газа проточным газоанализатором «Тест 1» 13. Скорость нагрева составляла от 7 до 12 градусов в минуту. Процесс пиролиза проводили в диапазоне температур 550÷700 °С. Образующаяся газовая смесь, охлаждаясь в теплообменнике 9, поступала в сепаратор-отделитель 10, где разделялась на сконденсировавшуюся жидкую фазу и пиролизный газ. Процесс пиролиза завершался после окончания выделения летучих веществ.

На рисунке 2 представлены результаты исследования влияния фракционного состава и температуры на выходы продуктов процесса пиролиза.

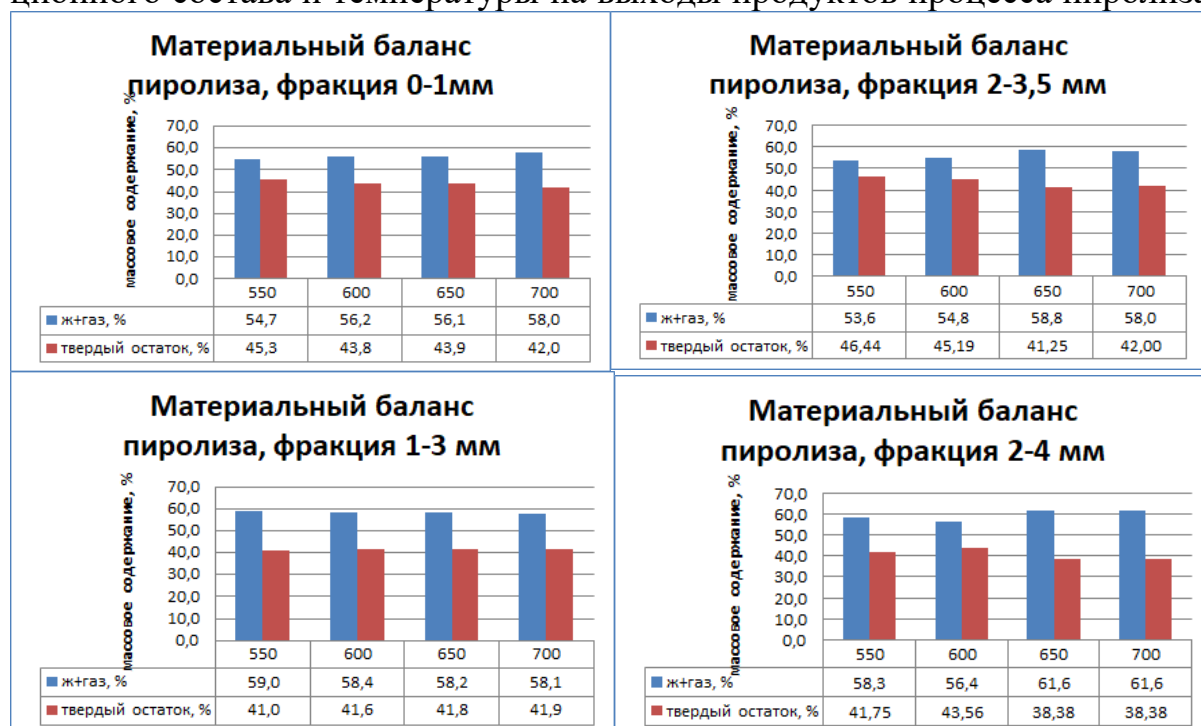


Рис.2. Выходы продуктов процесса пиролиза в зависимости от фракционного состава при различных температурах

Наблюдается увеличение выхода жидких и газообразных продуктов (ж+газ) с увеличением температуры. Пиролизный газ состоит преимущественно из водорода (от 44 до 67 %) и метана (от 31 до 47 %). Такой состав делает перспективным его дальнейшее использование. Пиролизная жидкость состоит из тяжелых фракций углеводородов. Анализ на газовом хроматографе Agilent 6890N с масс-селективным детектором Agilent 5973

показал наличие в ее составе D-Limonene (до 35,4%) и p-Cymene (до 14,6%). При извлечении их из состава пиролизной жидкости можно получить востребованные на рынке компоненты, которые используются в качестве отдушки в парфюмерии и в производстве ароматизаторов.

На рисунке 3 представлен результат ИК- спектроскопии твердого остатка после пиролиза. Имеются гидроксильные и углеводородные группы, которые могут усиливать молекулярное взаимодействие при адсорбции при извлечении вредных веществ из газообразных выбросов или из сточных вод.

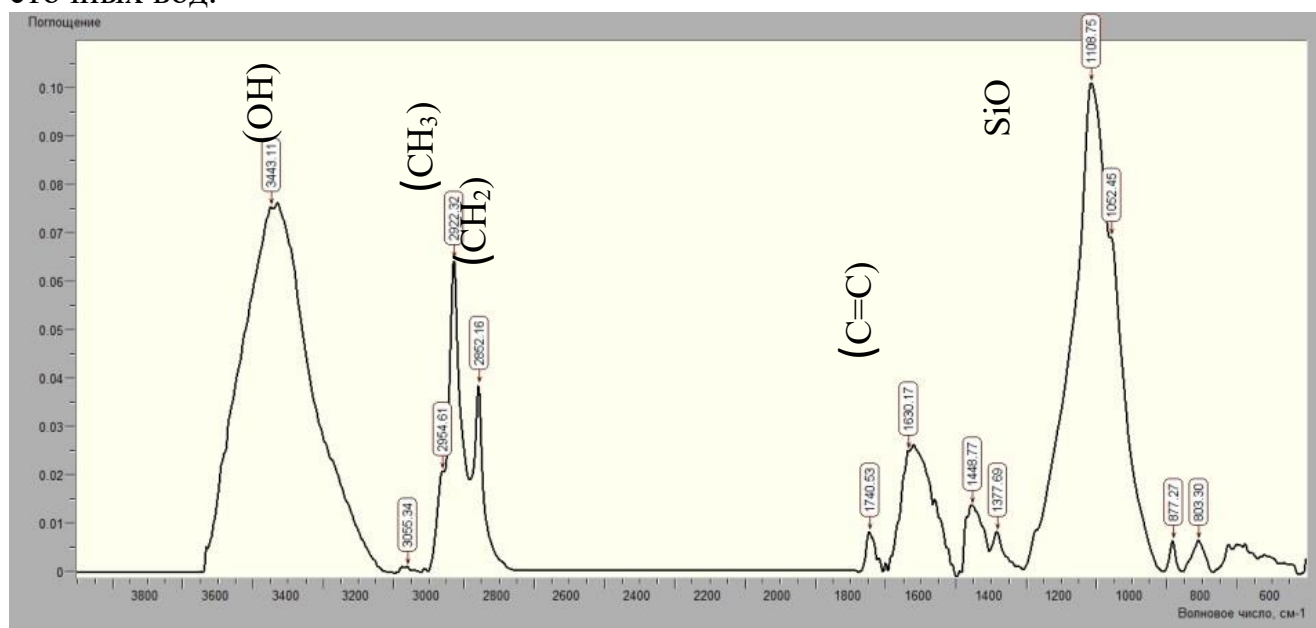


Рис.3 ИК – спектр твердого углеродного остатка после пиролиза

Проведенный элементный (таблица 3) и технический анализ (таблица 4) твердого углеродного остатка (ТУО) свидетельствует о высокой степени зольности, что в совокупности с содержанием в нем серы в виде сульфида цинка, у которого при нормальных условиях устойчива α -модификация, что делает непригодным его для прямого использования в качестве энергетического топлива в связи с окислением во влажном воздухе до сульфата, а при нагревании на воздухе образуется ZnO и SO₂.

Таблица 3

Элементный состав твердого углеродного остатка

Эле- мент	C	O	Mg	Al	Si	P	S	K	Ca	Fe	Zn
%	81,04	9,08	0,1	0,43	1,03	0,07	1,43	0,09	0,57	0,73	5,43

Таблица 4

Технический анализ ТУО

Образец	W ^a , %	A ^a , %	V ^a , %
ТУО пиролиз	1,4	22,9	0,4

Одним из перспективных способов его дальнейшего применения является использование в качестве сорбента. Однако, исследования текстурных характеристик методом низкотемпературной адсорбции азота на объёмной вакуумной статической установке ASAP-2020 «Micromeritics» показали, что образец имеет небольшую удельную поверхность (38 м²/г), что согласуется с данными других авторов, например [4]. Для увеличения удельной поверхности пор ТУО будет подвергнут активации в среде углекислого газа и водяного пара для получения сорбента.

Работа выполнена при финансовой поддержке в соответствии с дополнительным соглашением №075-03-2021-138/3 о предоставлении субсидии из федерального бюджета на финансовое обеспечение выполнения государственного задания на оказание государственных услуг (внутренний номер 075-ГЗ/Х4141/687/3).

Список литературы:

1. Заргарян Е.В., Квитко В.Н. Автоматизированная переработка резинотехнических изделий методом пиролиза // Современная техника и технологии. 2014.
2. Исследование физико-химических характеристик твердого остатка пиролиза резинотехнических изделий / О.В. Касьянова, Д.С. Шапранко, Ю.Н. Дудникова, З. Р. Исмаилов // Вестник КузГТУ. - 2019. - №2. - С. 101-110.
3. Мишустин, О. А. Обзор развития и применения технологии пиролиза для переработки отходов / О. А. Мишустин, В. Ф. Желтобрюхов, Н. В. Грачева, С. Б. Хантимирова. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2018. — № 45 (231). — С. 42-45.
4. Супрунова А.А., Майорова Л.П., Воздействие автомобильных шин на окружающую среду // Материалы секционных заседаний 57-й студенческой научно-практической конференции ТОГУ – 2017. – С. 282-286.

Информация об авторах:

Вилисов Никита Дмитриевич, студент гр. ТЭБ-181, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, vilisov2000@inbox.ru

Конаков Степан Владимирович, студент гр. ТЭБ-181, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, Oldhardmain@mail.ru

**VI Всероссийская научно-практическая конференция
«ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА»
126-6 8-10 декабря 2021г.**

Макеева Татьяна Сергеевна, студент гр. ТЭБ-181, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, tanya1999peshkova@mail.ru

Ушаков Константин Юрьевич, старший преподаватель (КузГТУ) г. Кемерово, ул.Свободы, 7, 181, as1sa2@mail.ru

Азиханов Сергей Сейфудинович, к.т.н., доцент, КузГТУ, г. Кемерово, пр. Октябрьский 78-64, azihanov@gambler.ru

Богомоллов Александр Романович, , с.н.с., ИТ СО РАН, г. Новосибирск, д.т.н., доцент, КузГТУ, г.Кмерово, ул. Весенняя, 15-123 ,barom@kuzstu.ru