

**V Всероссийская (с международным участием) молодежная  
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»**

104-1

**20-22 октября 2022 года**

---

**УДК 620.9**

Н.Д. ВИЛИСОВ, студент группы ТЭм-221, техник научно-исследовательской лаборатории катализа и преобразования углеродсодержащих материалов с получением полезных продуктов (КузГТУ)

Научный руководитель К.Ю. УШАКОВ, старший преподаватель, н.с. научно-исследовательской лаборатории катализа и преобразования углеродсодержащих материалов с получением полезных продуктов (КузГТУ)  
г. Кемерово

**СРАВНЕНИЕ СОСТАВОВ ГЕНЕРАТОРНОГО ГАЗА, ПОЛУЧЕННОГО ПОСЛЕ УГЛЕКИСЛОТНОЙ АКТИВАЦИИ РЕЗИНОВОЙ КРОШКИ РАЗНЫХ ФРАКЦИЙ**

В процессе производства и потребления ресурсов, в том числе энергетических, неизбежно образование отходов, которые при ненадлежащем обороте наносят существенный вред окружающей среде. Поэтому в настоящее время активно развиваются вопросы утилизации отходов производств и потребления. При добыче такого энергетического ресурса как уголь, к одним из наиболее масштабных отходов относятся отходы резинотехнических изделий (РТИ), к которым можно отнести транспортерные ленты, шланги и составляющие и крупногабаритные шины карьерного транспорта [1, 2]. При этом отработанные шины представляют собой ценное вторичное сырье, которое может быть переработано и использовано в качестве вторичного энергоресурса. Одной из перспективных на сегодняшний день технологий утилизации отходов РТИ является технология, сочетающая в себе последовательное проведение процессов пиролиза и газификации резиновой крошки [3].

Одним из продуктов процесса газификации является генераторный газ, в составе которого есть угарный газ, который имеет широкий спектр применения: в качестве топлива или для производства водорода. СО является важнейшим компонентом генераторного газа, поэтому одной из задач исследования [4] является получение в составе газа наибольшего содержания СО. В данной работе для решения этой задачи исследовалось влияние фракций исходного сырья для процессов пиролиза и газификации на содержание СО в составе генераторного газа.

Для проведения процессов пиролиза и последующей углекислотной газификации образующегося при пиролизе твердого углеродсодержащего остатка использовалась экспериментальная установка (рис. 1), основанная на использовании реактора проточного типа объёмом 275 см<sup>3</sup>.

**V Всероссийская (с международным участием) молодежная научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»**

104-2

**20-22 октября 2022 года**

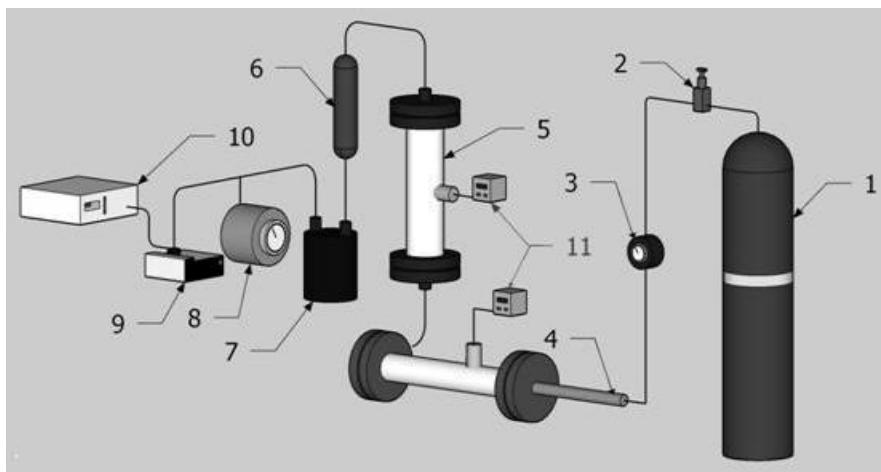


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 – баллон с СО<sub>2</sub>; 2 – вентиль; 3 – расходомер; 4 – подогреватель СО<sub>2</sub>; 5 – реактор; 6 – теплообменник; 7 – сепаратор-отделитель; 8 – барабанный счётчик; 9 – перистальтический насос; 10 – газоанализатор; 11 – терморегулятор.

Для проведения процесса пиролиза в реактор 5 загружалось 80 г резинового гранулята, после чего проводили нагрев реакционной зоны подводом тепла от внешнего нагревателя. Температуру в реакторе измеряли термопарой, которая находилась в слое резины. Скорость нагрева составляла от 7 до 12°C/мин. В процессе пиролиза нагрев осуществлялся в инертной среде до температуры 600°C, в ходе которого образовывались летучие компоненты. Газовая смесь через теплообменник 6 поступала в сепаратор-отделитель 7 для разделения конденсированной жидкой фазы от пиролизного газа. Окончание образования выхода летучих продуктов процесса фиксировало завершение процесса пиролиза и позволяло осуществить переход к газификации твердого остатка. Полученный твердый остаток после процесса пиролиза загружался в реактор 5 массой 8 г. Далее осуществляли нагрев реакционной зоны, подводом теплоты от нагревателя извне. Температура в реакторе измерялась при помощи термопары, находящейся в слое газифицируемого образца. Скорость нагрева составляла 8–12°C/мин, контроль которой осуществлялся с использованием терморегулятора 11. Нагрев до температуры начала процесса газификации осуществлялся без доступа кислорода в инертной среде. После достижения заданной методикой исследования температуры процесс газификации начинали открытием крана на баллоне 1 и подачей газифицирующего агента (CO<sub>2</sub>) с расходом 0,1 л/мин. Образующийся газ направлялся через барабанный счетчик 6 для определения количества и газоанализатор 7, для контроля состава образующегося газа. Для

# V Всероссийская (с международным участием) молодежная научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»

104-3

20-22 октября 2022 года

анализа состава образующегося газа использовался поточный газоанализатор ТЕСТ 1.

В качестве сырья в работе авторов использовались измельченные фракции крупногабаритных шин карьерных самосвалов, полученные на установках ООО «СибЭкоПром» и предоставленные компаниями АО «УК «Кузбассразрезуголь» (фракции 0-1 мм и 2-3,5 мм). Исходным сырьём для газификации был твёрдый углеродсодержащий остаток процесса пиролиза резиновой крошки при температуре 600 С. Процесс газификации проводился при температуре 960°C продолжительностью 70 минут.

На рис. 2 представлен состав генераторного газа при температуре процесса газификации 960°C образцов, полученных после пиролиза фракции 2-3,5 мм.

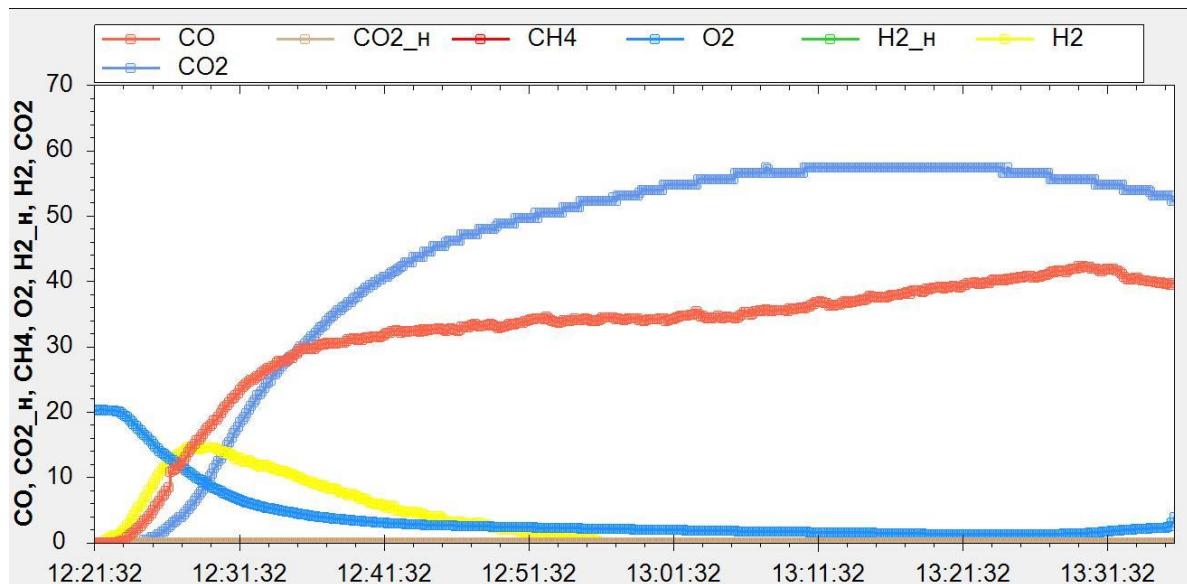


Рис.2. – Состав генераторного газа при температуре 960°C

На рис. 3 представлен состав генераторного газа при температуре процесса газификации 960°C образцов, полученных после пиролиза фракции 0-1 мм.

# V Всероссийская (с международным участием) молодежная научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»

104-4

20-22 октября 2022 года

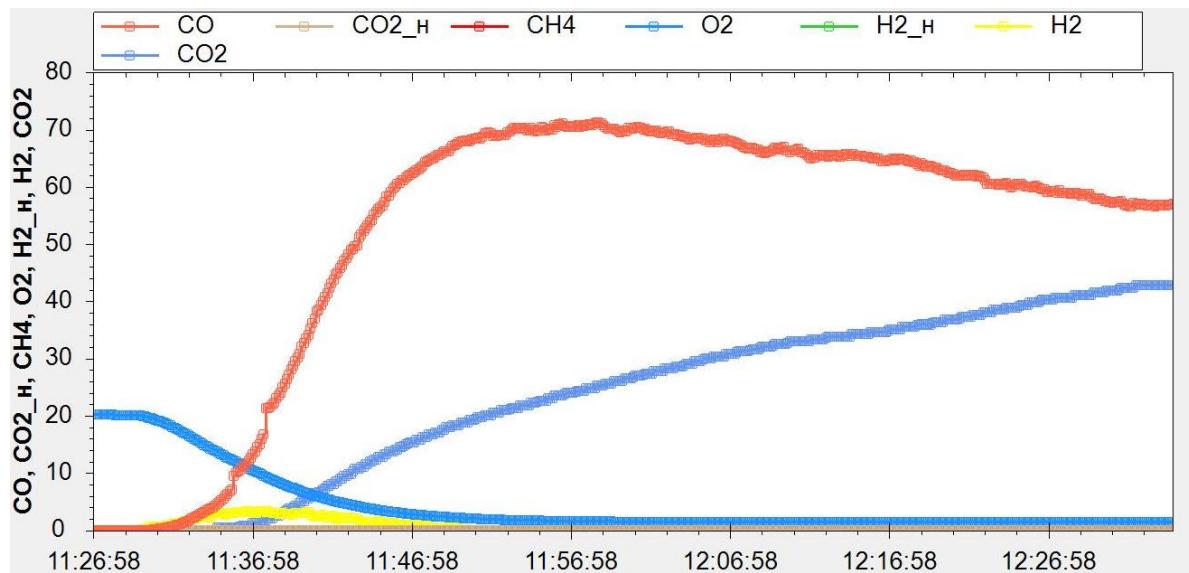


Рис.3. – Состав генераторного газа при температуре 960°C

Среднее значение содержания CO в генераторном газе при температуре процесса 960°C составило для: фракции 0-1 мм – 64,8%; фракции 2-3,5 мм – 34,6%.

Можно сделать вывод, что при одинаковой температуре пиролиза и газификации, содержание CO в генераторном газе для образцов фракции 0-1 мм оказалось выше, чем для образцов исходной фракции 2-3,5 мм, предоставленными для исследований АО «УК «Кузбассразрезуголь». Вероятно, это может быть связано с большей поверхностью контакта газифицирующего агента (CO<sub>2</sub>) с частичками газифицируемой резины, что благоприятно сказывается для протекания реакции Будуара.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в соответствии с дополнительным соглашением о предоставлении субсидии из Федерального бюджета на финансовое обеспечение выполнения государственного задания на оказание государственных услуг (внутренний номер 075-Г3/X4141/687/3).

## Список литературы

1. Супрунова, А. А. Воздействие автомобильных шин на окружающую среду / А. А. Супрунова, Л. П. Майорова // Материалы секционных заседаний 57-й студенческой научно-практической конференции ТОГУ: в 2 т., Хабаровск, 17–27 апреля 2017 года. – Хабаровск: Тихоокеанский государственный университет, 2017. – С. 282-286.

**V Всероссийская (с международным участием) молодежная  
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»**

104-5

**20-22 октября 2022 года**

---

---

2. Заргарян, Е. В. Автоматизированная переработка резинотехнических изделий методом пиролиза / Е. В. Заргарян, В. Н. Квитко // Современная техника и технологии. – 2014. – № 5(33). – С. 30.

3. Вилисов, Н.Д.. Разработка технологии переработки резинотехнических изделий с использованием совместно пиролиза и газификации / Вилисов Н.Д., Макеева Т.С. // Энергетика и энергосбережение: теория и практика. Сборник материалов VI Всероссийской научно-практической конференции, 8 – 10 декабря 2021. [Электронный ресурс] / Под ред.: Р.В. Беляевский, И.А. Лобур. – Кемерово : КузГТУ, 2022

4. Азиханов, С.С. Этап газификации отходов резинотехнических изделий / С. С. Азиханов, А. Р. Богомолов, Н. Д. Вилисов [и др.] // Россия молодая : Сборник материалов XIV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Кемерово, 19–21 апреля 2022 года / Редколлегия: К.С. Костиков (отв. ред.) [и др.]. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2022. – С. 21204.1-21204.4.

**Информация об авторах:**

Вилисов Никита Дмитриевич, студент гр. ТЭм-221, техник научно-исследовательской лаборатории катализа и преобразования углеродсодержащих материалов с получением полезных продуктов, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, vilisov2000@inbox.ru

Ушаков Константин Юрьевич, старший преподаватель, н.с. научно-исследовательской лаборатории катализа и преобразования углеродсодержащих материалов с получением полезных продуктов, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, ushakovkju@kuzstu.ru