

УДК 620.9

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУР ПИРОЛИЗА И ГАЗИФИКАЦИИ НА СОСТАВ ГЕНЕРАТОРНОГО ГАЗА

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

Научный руководитель: К.Ю. Ушаков, старший преподаватель
Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

Рост производства резинотехнических изделий (РТИ), в частности используемых для производства шин, является главной причиной большого количества отходов [1]. Преобладающим направлением использования отработанных шин в России является их вывоз на неорганизованные свалки, что представляет серьезную угрозу для окружающей среды [2]. Одной из перспективных технологий утилизации отходов РТИ является технология, сочетающая в себе последовательное проведение процессов пиролиза и газификации резиновой крошки [3, 5].

Одним из продуктов пиролиза является твердый остаток, являющийся сырьем для последующей газификации. Важным продуктом процесса газификации является генераторный газ, в составе которого есть горючий компонент – СО, который может быть использован в качестве топлива и для получения 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 решение этой задачи исследовалось влияние температур 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 см³.

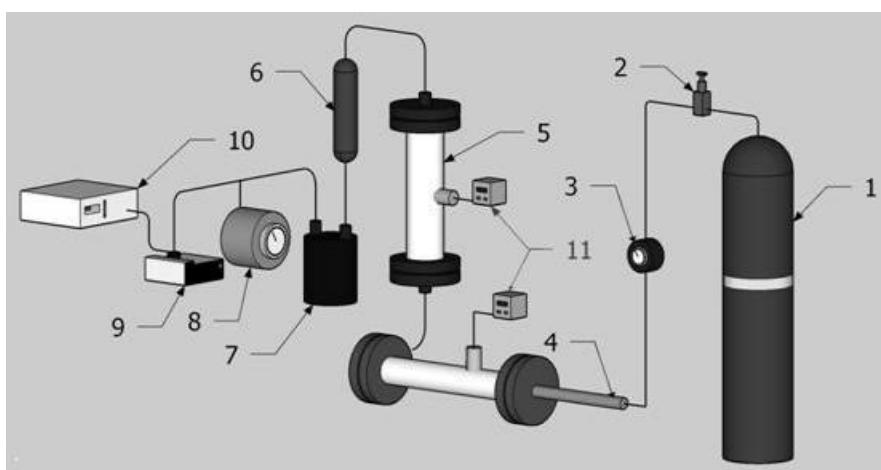


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 – баллон с CO₂; 2 – вентиль; 3 – расходомер; 4 – подогреватель CO₂; 5 – реактор; 6 – теплообменник; 7 – сепаратор-отделитель; 8 – барабанный счётчик; 9 – перистальтический насос; 10 – газоанализатор; 11 – терморегулятор

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 550–700°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 (940, 960, 980 °C) 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 (CO₂) 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 анализа состава образующегося газа использовался поточный газоанализатор ТЕСТ 1.

Исходным сырьём для газификации был твёрдый углеродсодержащий остаток процесса пиролиза при температуре 550, 600, 650 и 700°C резиновой

крошки фракцией 0–1 мм. Процесс газификации проводили при температурах 940°C, 960°C, 980°C продолжительностью 70 минут.

На рисунках 2 – 5 представлены примеры состава генераторного газа при различных температурах процесса пиролиза и при температуре газификации 940°C.

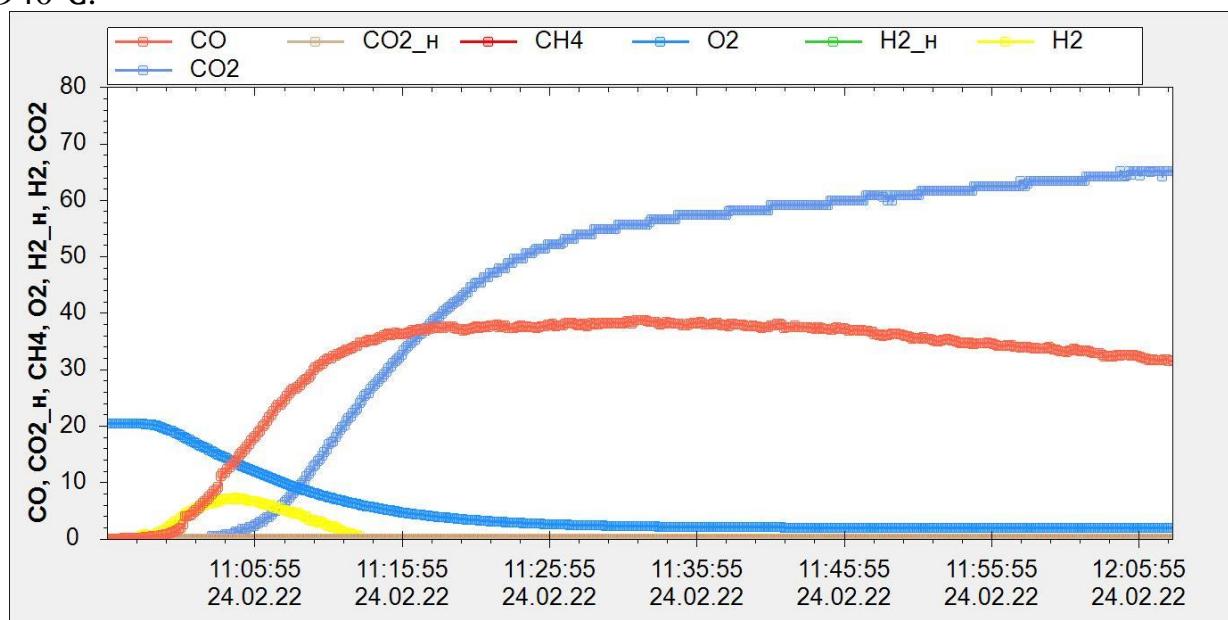


Рис. 2 Состав генераторного газа при температуре пиролиза 550°C

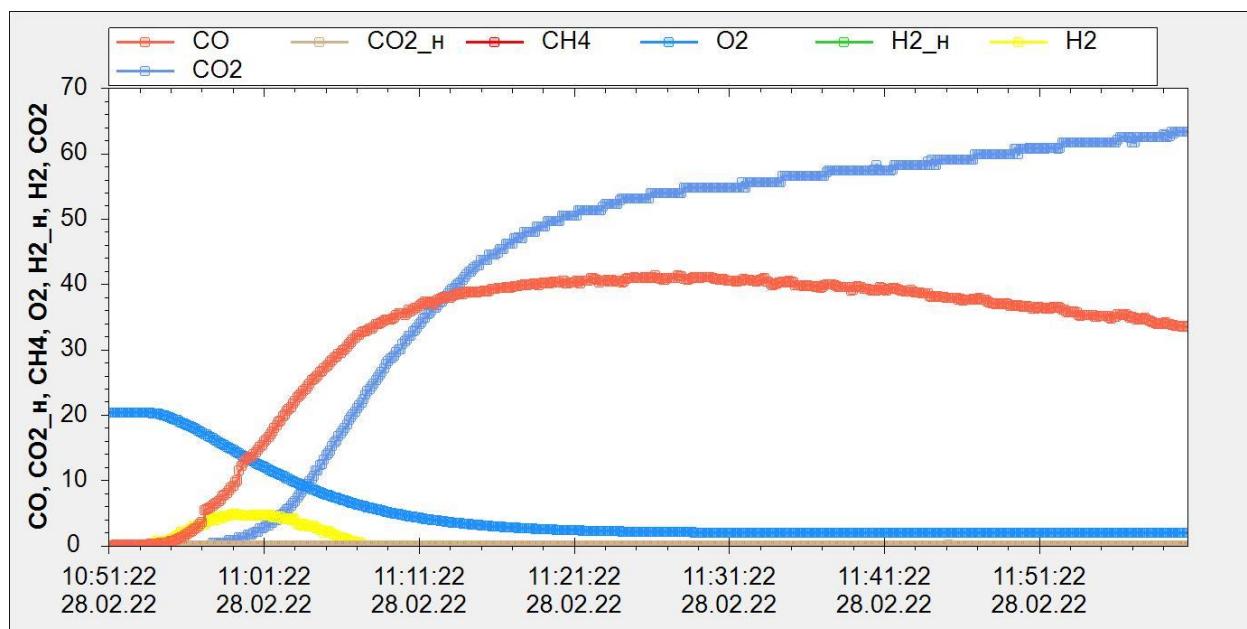


Рис. 3 Состав генераторного газа при температуре пиролиза 600°C

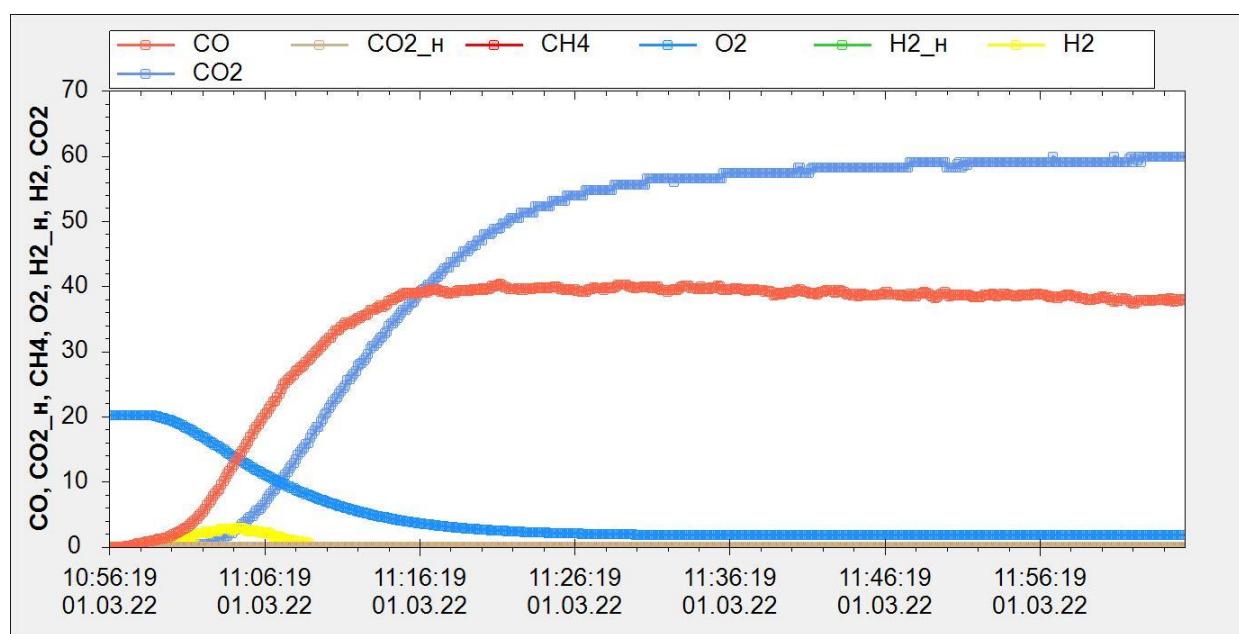


Рис. 4 Состав генераторного газа при температуре пиролиза 650°C

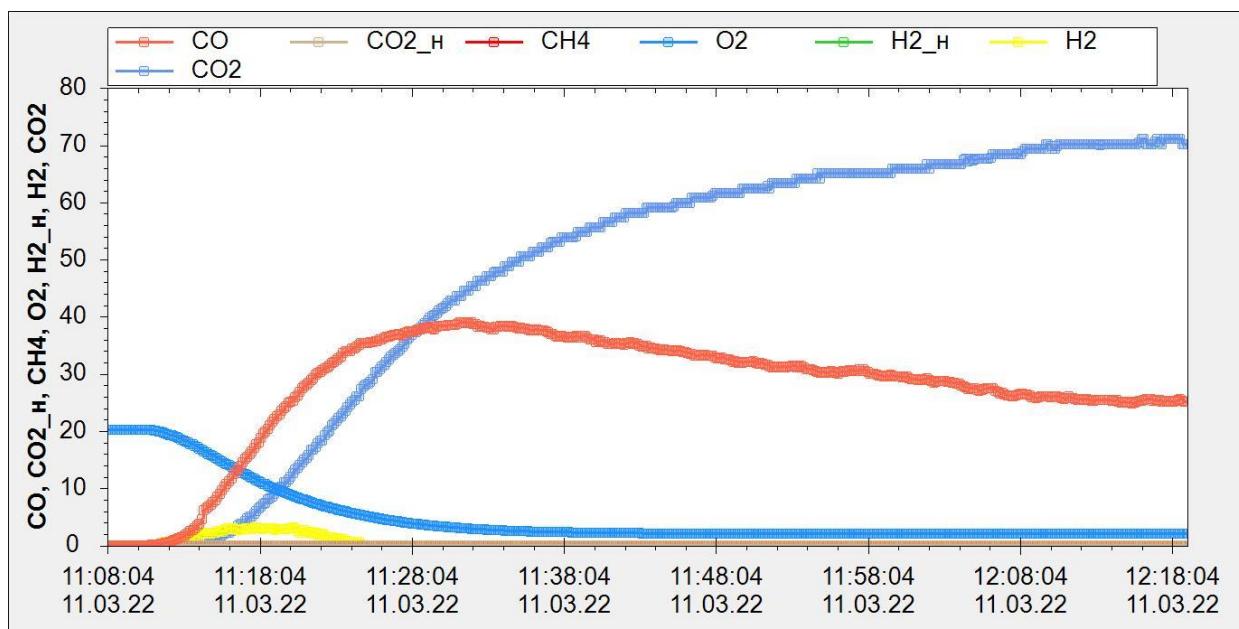


Рис. 5. Состав генераторного газа при температуре пиролиза 700°C

На рисунке 6 представлена сводная гистограмма зависимости содержания CO в газе от температуры пиролиза и газификации.

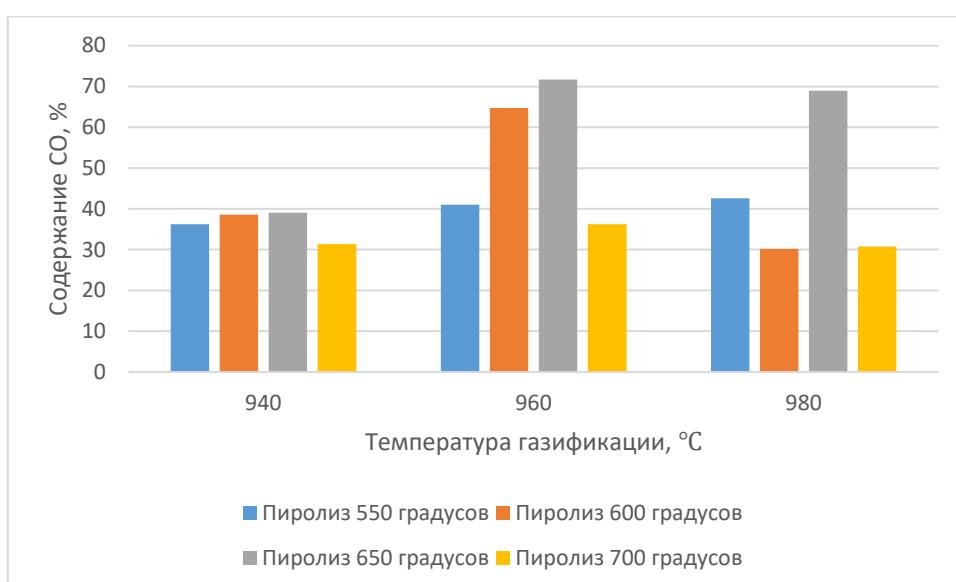


Рис. 6. Зависимость содержания СО от температуры пиролиза и газификации

Исходя из зависимости, изображенной на рисунке 6, можно сделать вывод, что при температуре пиролиза 700°C содержание CO в генераторном газе минимальное. Наибольшее содержание CO наблюдается при температуре пиролиза 650°C и температуре газификации 960 и 980°C, а также при температуре пиролиза 600°C и температуре газификации 960°C. Полученные результаты будут использованы при проектировании технологии утилизации резинотехнических отходов.

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/Х4141/687/3).

Список литературы:

- 1) Sienkiewicz M., Kucinska-Lipka J., Janik H., Balas A. Progress in Used Tyres Management in the European Union: A Review // Waste Management. 2012. V. 22. N 10. P. 1742–1751. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.05.010>
- 2) Иванов К.С., Сурикова Т.Б. Утилизация изношенных автомобильных шин. URL: <https://www.waste.ru/modules/section/item.php?itemid=302>
- 3) Вилисов Н.Д., Макеева Т.С. Разработка технологии переработки резинотехнических изделий с использованием совместно пиролиза и газификации // VI Всероссийская научно-практическая конференция «Энергетика и энергосбережение: теория и практика». 2021. – С. 116-121.
- 4) Вилисов Н.Д., Макеева Т.С., Ушаков К.Ю. Этап газификации отходов резинотехнических изделий // XIV Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых «РОССИЯ МОЛОДАЯ». 2022. – С. 414-417.

- 5) Макаревич Е.А. Применение твердого углеродного остатка пиролиза автошин в качестве адсорбента для очистки вод от органических веществ / Е..А. Макаревич, А.В. Папин, Е.В. Черкасова, А.Ю. Игнатова // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2019. - № 2. – С. 96-101.