

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 решения 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 объемом 275 см³.

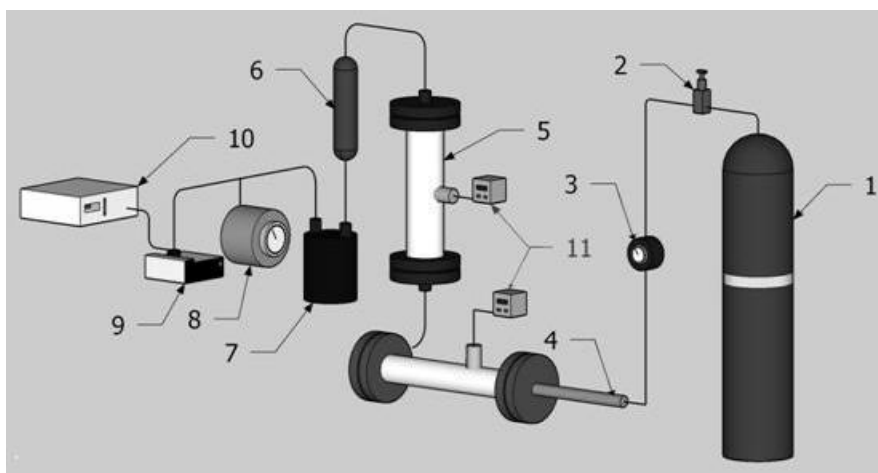


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 – баллон с CO_2 ; 2 – вентиль; 3 – расходомер; 4 – подогреватель CO_2 ; 5 – реактор; 6 – теплообменник; 7 – сепаратор-отделитель; 8 – барабанный счётчик; 9 – перистальтический насос; 10 – газоанализатор; 11 – терморегулятор

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 $12^\circ\text{C}/\text{мин}$. В процессе пиролиза нагрев осуществлялся в инертной среде до температуры $550\text{--}700^\circ\text{C}$, 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 $8\text{--}12^\circ\text{C}/\text{мин}$, контроль которой осуществлялся с использованием терморегулятора 11. Нагрев до температуры начала процесса газификации ($940, 960, 980^\circ\text{C}$) 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 (CO_2) с расходом $0,1\text{ л}/\text{мин}$. Образующийся газ направлялся через барабанный счетчик 8 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.

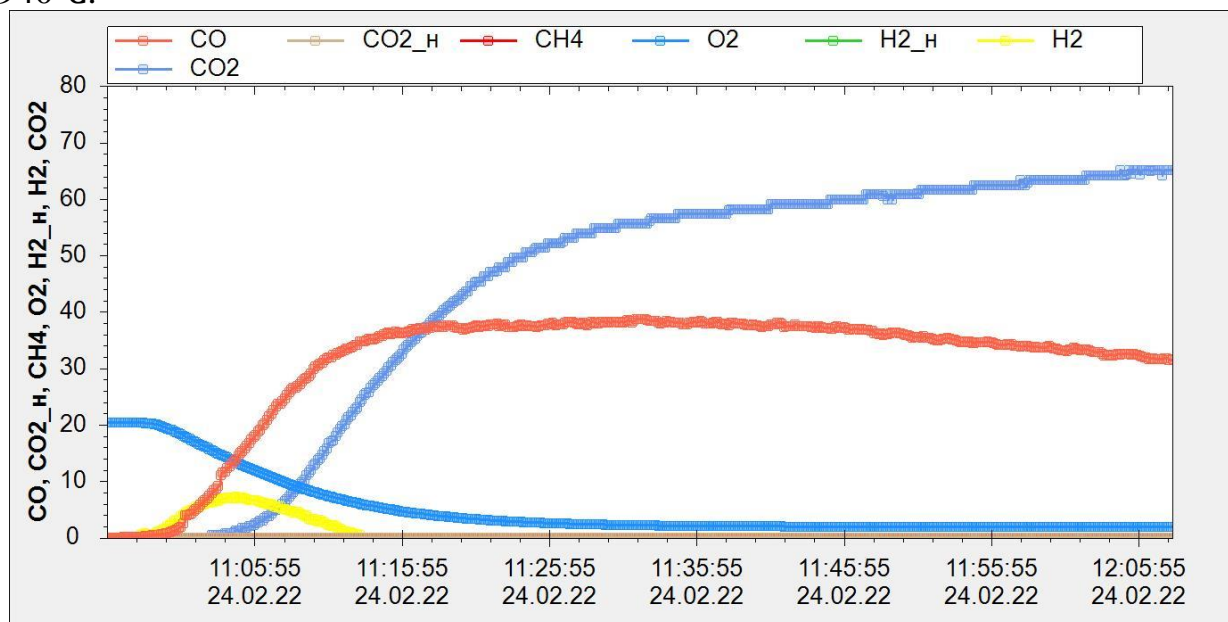


Рис. 2 Состав генераторного газа при температуре пиролиза 550°C

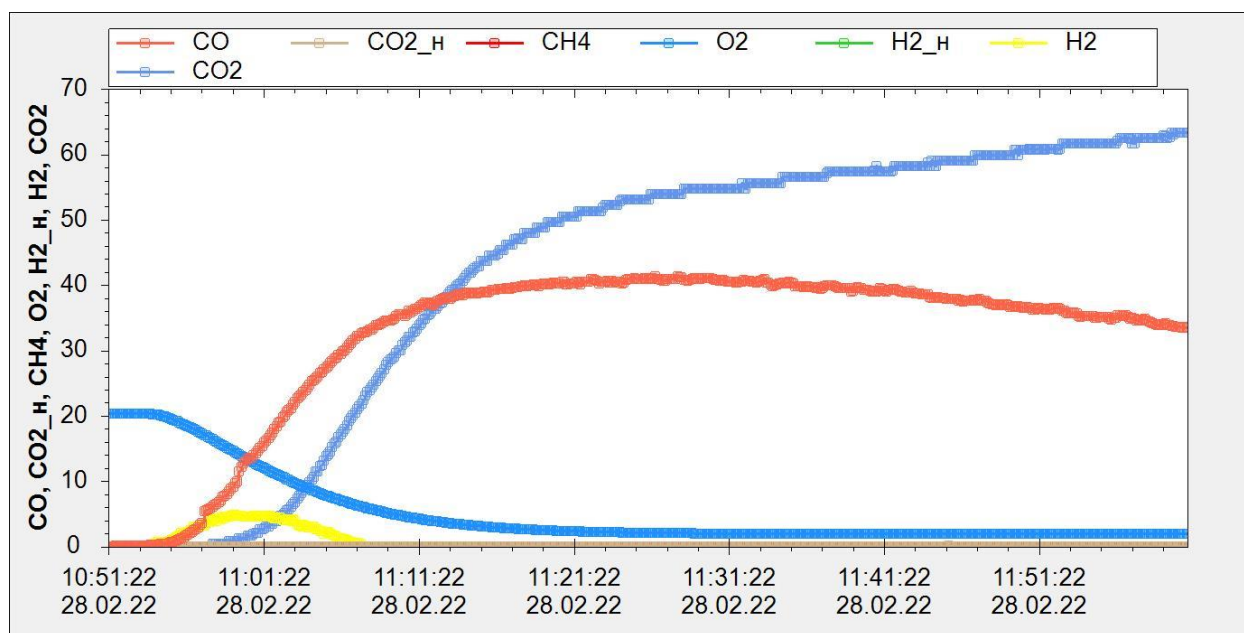


Рис. 3 Состав генераторного газа при температуре пиролиза 600°C

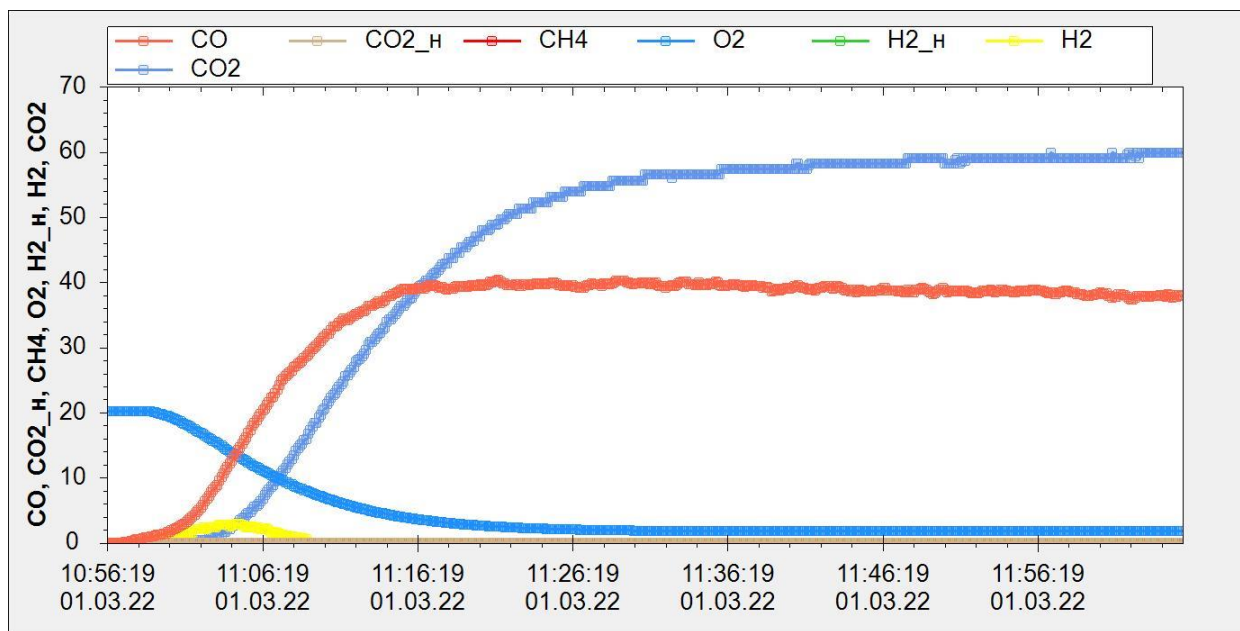


Рис. 4 Состав генераторного газа при температуре пиролиза 650°C

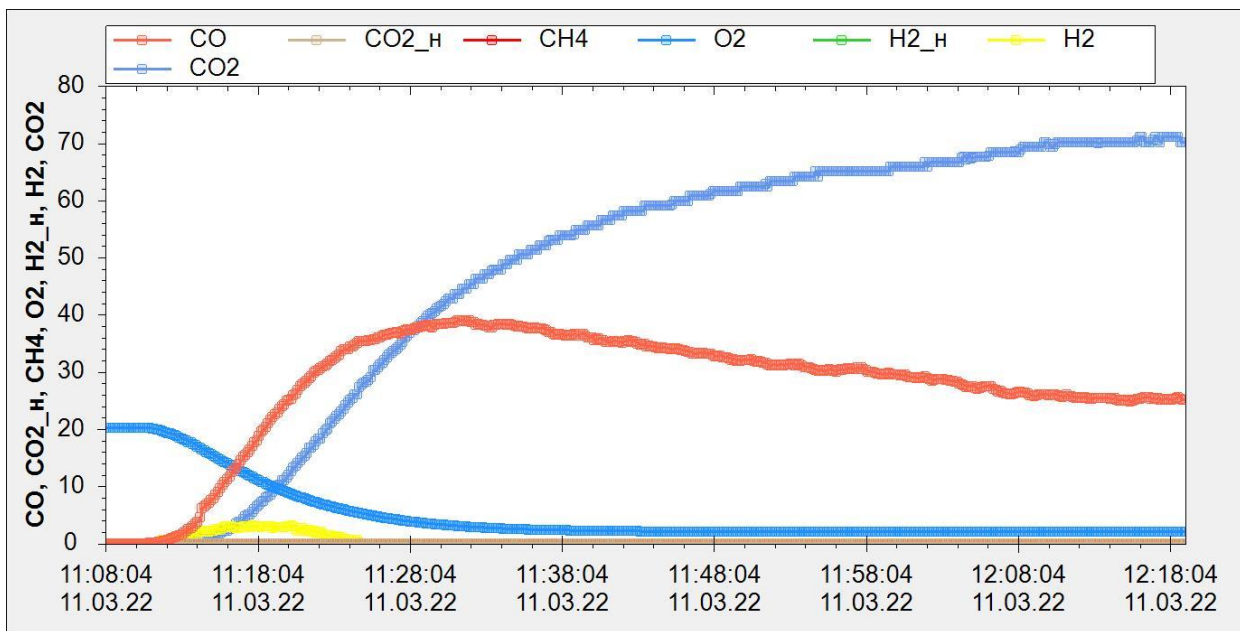


Рис. 5. Состав генераторного газа при температуре пиролиза 700°C

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

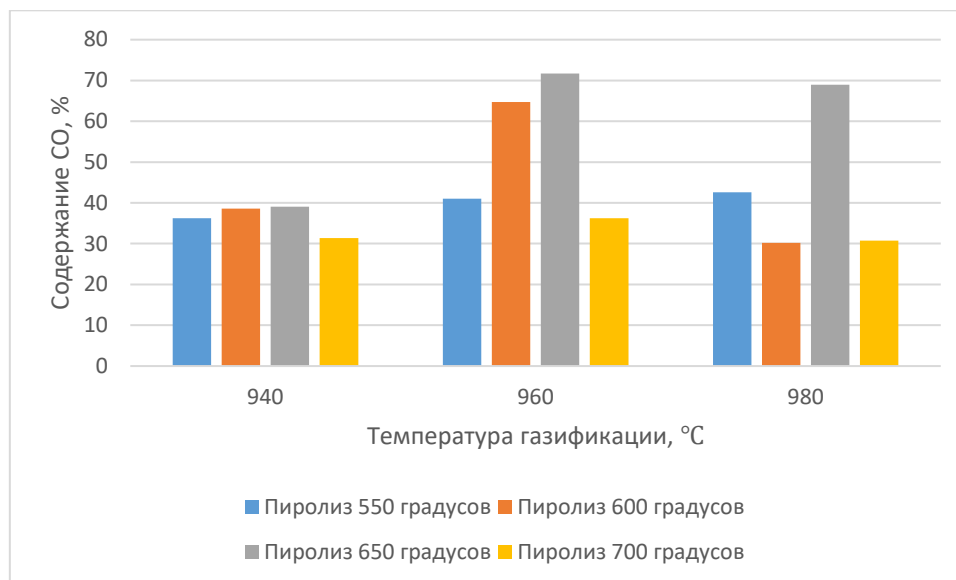


Рис. 6. Зависимость содержания СО от температуры пиролиза и газификации

Исходя из зависимости, изображенной на рисунке 6, можно сделать вывод, что при температуре пиролиза 700°C содержание СО в генераторном газе минимальное. Наибольшее содержание СО 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-ГЗ/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.