

РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЗИФИКАЦИИ КОКСОВОГО ОСТАТКА БИОМАССЫ

Спиридонов К.Е.¹, Никитин А.Д.¹, Рыжков А.Ф.¹

¹) Уральский Федеральный Университет, Екатеринбург, Россия

E-mail: spiridonov_ke@mail.ru

EXPERIMENTAL AND COMPUTATIONAL STUDY OF BIOCHAR GASIFICATION

Spiridonov K.E.¹, Nikitin A.D.¹, Ryzhkov A.F.¹

¹) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

An experimental study of the kinetics of biochar gasification in a steam and carbon dioxide flow with the different concentration of oxidizing agent was carried out by the thermogravimetric analysis. In the absence of diffusion restrictions, the gasification reaction order by oxidizer is zero.

В настоящее время большое внимание уделяется снижению антропогенного воздействия на климат. Перспективным направлением является использование в производственном цикле биомассы, а также отходов сельскохозяйственной и лесоперерабатывающей промышленности. Эффективным направлением использования биомассы является ее газификация, в результате которой получается синтез-газ, состоящий из водорода и монооксида углерода. Синтез-газ из биомассы может использоваться в химической промышленности для синтеза аммиака, метанола и других веществ, что приведет к сокращению потребления природного газа, который сейчас является основным сырьем для производства синтез-газа. Для разработки реакторов для газификации биомассы необходимы достоверные данные для расчета скорости этого процесса. Имеющиеся в литературе значения кинетических констант для реакций газификации коксового остатка биомассы изменяются в широком диапазоне: от 300 до 50 кДж/моль [1-3]. Такое расхождение объясняется необходимостью учета диффузионных ограничений и теплообмена при определении кинетических констант по экспериментальным данным.

Целью данной работы является получение достоверных кинетических констант для расчета газификации коксового остатка соснового опила при взаимодействии с водяным паром и углекислым газом. Экспериментальные исследования проводились на опиле фракции 0,25-0,5 мм. Пиролиз опила осуществлялся в предварительно нагретой муфельной печи при температуре 900°C в течение 10 минут. Газификация коксового остатка опила проводилась на приборе термогравиметрического анализа NETZSCH STA 449F3. Проба массой около 200 мг засыпалась в тигель с внутренним диаметром 18 мм и образовывала слой высотой около 10 мм. Проведены серии динамических опытов в среде H₂O-

Ar и CO₂-Ar при варьировании концентрации окислителя (11, 25, 33, 50 % об.). Расход смеси газов составлял 8 л/ч. Проба нагревалась до 1000°C со скоростью 15°C/мин. В результате опытов получены кривые убыли массы.

В ходе обработки результатов опытов рассчитаны внешнедиффузионная константа скорости реакции и фактор эффективности, характеризующий глубину проникновения окислителя в слой пробы, что позволило выделить границы кинетического, внутри- и внешнедиффузионного режимов газификации. В результате обработки экспериментальных данных показано, что во внешнедиффузионном режиме порядок реакции газификации по окислителю равен единице, в кинетическом режиме порядок реакции газификации по окислителю равен нулю. На основе полученных данных предложена упрощенная математическая модель для расчета скорости паровой и углекислотной газификации опила в масштабах реактора.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках Программы развития Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина в соответствии с программой стратегического академического лидерства "Приоритет-2030".

1. C. Schneider et al., Fuel 299, 120523 (2021).
2. P. Grzywacz et al., E3S Web of Conferences 10, 00026 (2016).
3. L. Lin, M. Strand, Applied Energy 109, 220–228 (2013).