

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СОСТАВА СИНТЕЗ-ГАЗА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА ПУТЕМ ГАЗИФИКАЦИИ ТКО

Кравченко С. О. – аспирант,
Научный руководитель – Аникина И. Д., к. т. н., доцент,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Аннотация: энергетическая утилизация твердых коммунальных отходов (ТКО) путем газификации является перспективным методом получения синтез-газа для последующего производства водорода. В настоящей работе с использованием методов математического моделирования в ПО «DWSIM» проводится оценка влияния компонентного состава синтез-газа, полученного путем газификации ТКО, на потенциальный выход генерируемого водорода при проведении конверсии монооксида углерода водяным паром, а также расход пара на реакцию. Исследование способствует оптимизации технологических процессов получения водорода и повышения эффективности использования синтез-газа.

Ключевые слова: твердые коммунальные отходы, газификация, синтез-газ, водород, конверсия CO, реакция сдвига водяного газа, DWSIM.

ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF SYNGAS COMPOSITION ON THE EFFICIENCY OF HYDROGEN PRODUCTION VIA MSW GASIFICATION

Kravchenko S. O. – Postgraduate Student,
Scientific Supervisor – Anikina I. D., PhD, Associate Professor,
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
St. Petersburg, Russian Federation

Abstract: energy recovery from municipal solid waste (MSW) through gasification represents a promising approach for obtaining synthesis gas as a feedstock for subsequent hydrogen production. In this study, using mathematical modeling in the DWSIM software, the influence of the component composition of syngas obtained from MSW gasification on the potential yield of hydrogen generated during the water gas shift conversion of carbon monoxide, as well as the steam consumption for the reaction, is evaluated. The study contributes to the optimization of technological processes for hydrogen production and to the improvement of syngas utilization efficiency.

Keywords: municipal solid waste, gasification, syngas, hydrogen, CO conversion, water gas shift reaction, DWSIM.

Формирование комплексной системы обращения с твердыми коммунальными отходами (ТКО) является приоритетным направлением развития ресурсосбережения и обеспечения экологической безопасности в рамках реализации курса устойчивого развития Российской Федерации [1]. Одним из перспективных способов обращения с отходами является их энергетическая утилизация, которая включающая методы сжигания, пиролиза и газификации. С точки зрения дальнейшего использования продуктов утилизации ТКО, газификация представляет наибольший интерес [2].

В процессе газификации происходит частичное окисление углеродосодержащей части ТКО с образованием синтез-газа, который может быть использован в качестве сырья при производстве водорода. Блок производства водорода из синтез-газа включает установку конверсии СО водяным паром, где осуществляется образование дополнительного водорода по реакции сдвига водяного газа, и установку короткоцикловой адсорбции, где происходит выделение чистого водорода из смеси газов [3].

Ввиду существенных колебаний морфологического состава ТКО, поступающих на утилизацию, компонентный состав синтез-газа также изменяется в широком диапазоне. В данной работе проведена оценка влияния состава синтез-газа на потенциальный выход генерируемого водорода и расход водяного пара при конверсии СО.

Моделирование проводилось в программном комплексе «DWSIM», предназначенного для термодинамических расчетов и моделирования химических процессов (рисунок 1). Установка конверсии СО водяным паром моделировалась с использованием реактора Гиббса, в котором равновесие реакции определялось путем минимизации энергии Гиббса.

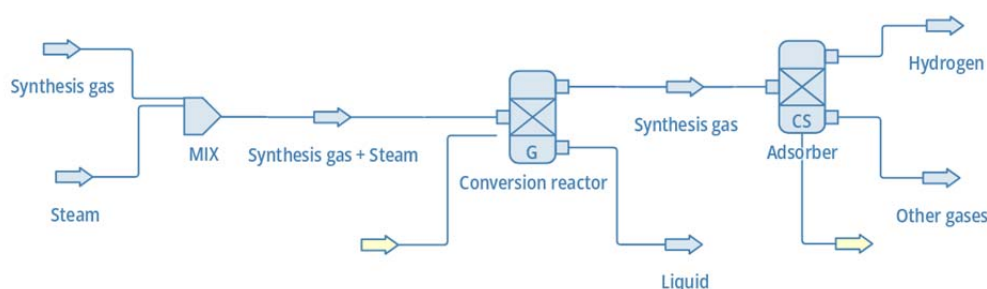


Рисунок 1 – Модель блока производства водорода из синтез-газа в DWSIM

Расчеты проводились при постоянной температуре 350 °С и давлении 1 атм, что соответствует условиям высокотемпературного сдвига. Степень конверсии СО поддерживалась на уровне 90 % за счет регулирования расхода пара при расходе синтез-газа 3600 кг/ч. Состав синтез-газа варьировался в диапазоне: $N_2 = 20\text{--}40\%$, $CO_2 = 0\text{--}20\%$, $H_2O = 0\text{--}10\%$ при соотношениях $CO/H_2 = 1$ и $CO/H_2 = 3$.

В результате моделирования установлено, что в варьируемом диапазоне состава синтез-газа, выход водорода изменяется в пределах от 22,7 до 313,2 кг/ч, а размах значений составляет более 92 %. Зависимость рас-

хода H_2 от состава синтез-газа имеет нелинейный характер (рис. 2 и 3). С ростом содержания N_2 , выход H_2 снижается на 30–45 % (при росте N_2 с 20 на 40 %) и на 40–70 % (при росте с 40 до 60 %). При этом, с ростом содержания в синтез-газе CO_2 и H_2O , влияние N_2 становится менее выраженным. Наибольшее влияние на выход H_2 оказывает содержание CO и H_2 и их соотношение. Расход пара на проведение реакции сдвига также увеличивается с ростом содержания CO в синтез-газе с 275 кг/ч (при $CO = 7,5\%$) до 2440 кг/ч (при $CO = 60\%$), при этом диапазон изменения превышает 88 %. Характер зависимости расхода пара аналогичен изменению выхода водорода.

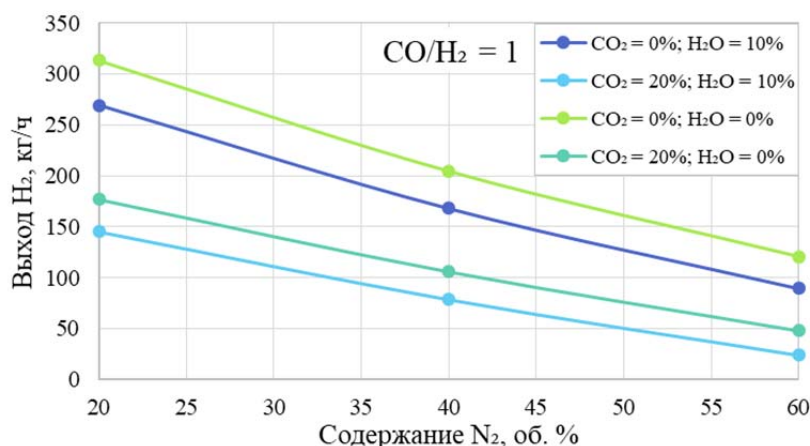


Рисунок 2 – Выход H_2 из синтез-газа при $CO/H_2 = 1$ и варьировании N_2 , CO_2 и H_2O

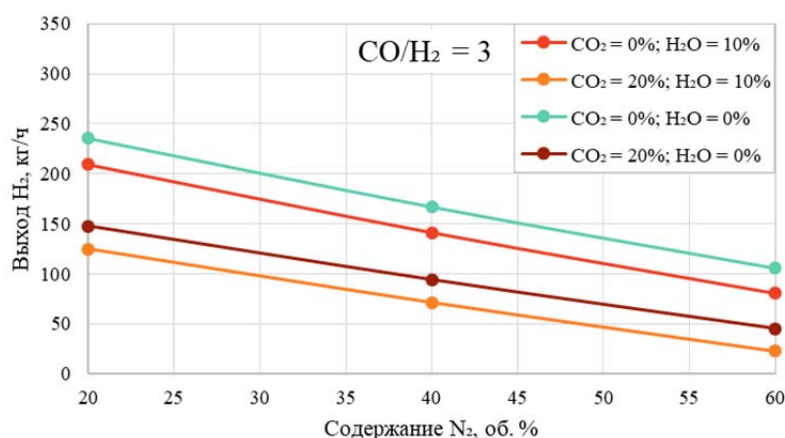


Рисунок 3 – Выход H_2 из синтез-газа при $CO/H_2 = 3$ и варьировании N_2 , CO_2 и H_2O

Список литературы

1. Стратегия развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года, утв. Распоряжением Правительства РФ № 84-р от 25.01.2018 г.
2. Калютник, А. А. Использование RDF-топлива для выработки электроэнергии в парогазовой установке на ТЭЦ в Санкт-Петербурге / Д. А. Трещёв, С. О. Кравченко // Глобальная энергия. 2024. – Т. 30, № 2. – С. 49–73.
3. Перспективы производства водорода методом газификации ТКО на действующих ТЭС / Д. Л. Колбанцева, Д. А. Трещев, К. С. Калмыков [и др.] // Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. – 2023. – № 6 (411). – С. 126–142.