

МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА ПРИ ПАРОВОМ РИФОРМИНГЕ МЕТАНА В ПРОГРАММЕ DWSIM

Голдобин Т.А.¹, Никитин А.Д.¹, Рыжков А.Ф.¹

¹⁾ Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: tifev.moget@gmail.com

SIMULATION OF A HYDROGEN PRODUCTION PLANT FOR METHANE STEAM REFORMING IN THE DWSIM PROGRAM

Goldobin T.A.¹, Nikitin A.D.¹, Ryzhkov A.F.¹

¹⁾ Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The plant for hydrogen production by methane steam reforming was calculate in the DWSIM program with varying steam/methane ratio at the inlet to the reformer. When this ratio is reduced to 2-2.5, the consumption of methane is reduced by 5-10%, the productivity of the plant is increased by 20-30%.

Основной целью, стоящей перед промышленностью и энергетикой, является снижение воздействия на климат, в частности замедление глобального потепления. Достижение поставленной цели предполагается за счет полной декарбонизации энергетики к 2050 г – переходу к водородной энергетике [1]. Переведенные на производство водорода возобновляемые источники энергии, несмотря на их бурное развитие, не смогут обеспечить потребности человечества в водороде из-за недостаточного энергетического потенциала. Для атомных электростанций остается открытой проблема утилизации ядерных отходов. Основным источником водорода, по-видимому, станет ископаемое топливо (природный газ) [2]. В настоящее время промышленно освоена технология производства водорода в результате парового риформинга природного газа. Однако требуется дальнейшее совершенствование технологии (повышение эффективности и производительности) и, главное, интеграция с системой улавливания и захоронения углерода.

В данной работе рассматривается технология парового риформинга природного газа фирмы Linde. Природный газ (метан) из газопровода сжимается газовым компрессором до давления около 2 МПа, подогревается в ходе регенерации теплоты синтез-газа, очищается от соединений серы, и смешивается с паром из котла-утилизатора. Смесь подогревается дымовыми газами и поступает в риформер, где осуществляется паровая конверсия метана на никелевом катализаторе при температуре 600-750°C с внешним нагревом от газовой горелки. Выходящий из риформера синтез-газ (H_2 , CO, CO_2 , CH_4 , H_2O) охлаждается в котле-утилизаторе и поступает в шифт-реактор для конверсии CO. Затем пар из синтез-газа конденсируется в аппарате воздушного охлаждения, а охлажденный синтез-газ

очищается от CO_2 и CH_4 в аппарате короткоцикловой адсорбции (КЦА). На выходе из КЦА чистота водорода составляет 99,999%.

Технологическая схема установки для производства водорода смоделирована в программе DWSIM. Расчет парового риформинга метана выполнен по одномерной кинетической модели с заданием кинетики реакции по литературным данным. Расчет шифт-реактора проведен по термодинамическому равновесию методом минимизации энергии Гиббса. Параметры потоков в промежуточных точках схемы определены по материальному и тепловому балансу. Для расчета параметров состояния использовано уравнение Соаве-Редлиха-Квонга. Валидация модели выполнена по данным с действующей промышленной установки. Проведен расчет установки с варьированием соотношения природный газ/пар на входе в риформер. При снижении этого соотношения с текущих 3-3,5 до 2-2,5 потребление природного газа на выработку водорода уменьшается на 5-10% при увеличении производительности установки в 1,2-1,3 раза.

1. M. Jafari et al., *Renew. Sust. Energ. Rev.* 158, 112077 (2022).
2. R. Yukesh Kannah et al., *Bioresour. Technol.* 319, 124175 (2021).