

ПОЛУЧЕНИЕ ВОДОРОДА МЕТОДОМ ПАРОВОЙ КОНВЕРСИИ МЕТАНА: ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ И МОДЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

Р.А. Кемалов¹, А.Ф. Кемалов¹, А. Г. Х. Алфаяд¹, Д.З. Валиев¹

HYDROGEN PRODUCTION BY STEAM METHANE CONVERSION: THERMODYNAMIC AND MODEL ANALYSIS

R.A. Kemalov¹, A.F. Kemalov¹, A.G.H. Alfayad¹, D.Z. Valiev¹

¹Казанский (Приволжский) федеральный университет, Россия, Казань

e-mail: public.mail@kpfu.ru

В условиях энергетического перехода и роста потребностей в экологически чистом водороде паровая конверсия метана остаётся основным промышленным методом получения водорода. Данный метод характеризуется высокой степенью преобразования и приемлемыми экономическими показателями. В настоящей работе проведено моделирование технологической схемы паровой каталитической конверсии метана с использованием Aspen HYSYS. Рассчитан компонентный состав получаемого синтез-газа, определены материальные и тепловые балансы установки. Представлен анализ энергетической эффективности процесса и рассмотрены возможности его усовершенствования.

Водород различной степени чистоты (содержание водорода в ВСГ варьируется от 60 % до 90 % и выше) широко используется в различных технологических процессах химической и нефтехимической промышленности (синтез аммиака и метанола, гидроочистка, гидрокрекинг и т. д.), и потребность в нем неуклонно растет, что вызвано утяжелением нефти и спросом на более чистые и легкие нефтяные топлива [3]. Это приводит к необходимости использования более современных катализаторов и ужесточению требований к чистоте используемого водорода: чем выше концентрация водорода в ВСГ, тем ниже может быть кратность циркуляции, которая влияет на время контакта сырья с катализатором и на скорость дезактивации катализатора (рис. 1) [2].

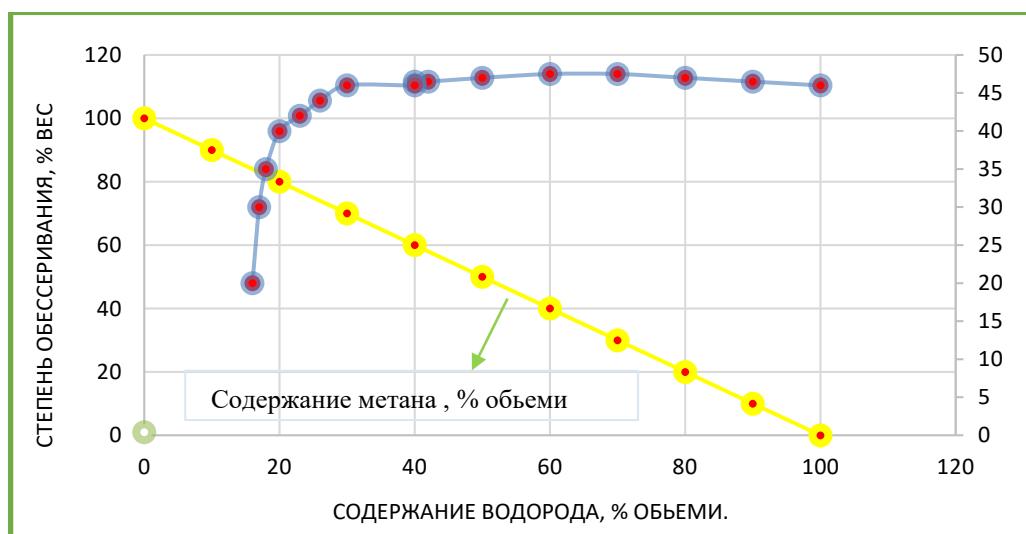


Рисунок 1 – Влияние концентрации водорода на степень обессеривания прямогонного дистиллята ($T = 350$ С, объемная скорость подачи сырья 4,0 час $^{-1}$, парциальное давление водорода около 10 ат.)

Одним из источников водорода являются различные водородсодержащие газовые смеси (конвертированный газ), получаемые различными способами, но наиболее используемый вариант – переработка дешевого углеводородного сырья: природных и попутных газов, газов нефтепереработки и нефтяных остатков методом паровой конверсии (паровой риформинг) [1].

Моделирование технологической схемы установки паровой каталитической конверсии проводилось нами в профильном программном обеспечении Aspen HYSYS при помощи термодинамического пакета Peng-Robinson и соответствующего набора химических реакций.

Данный блок состоит из нагревателя, конвертора, холодильника реактора, сепаратора, абсорбции с перепадом давления на 2 кг/ см². Полученная технологическая схема паровой каталитической конверсии метана с конечным получением водорода представлена на рис.2.

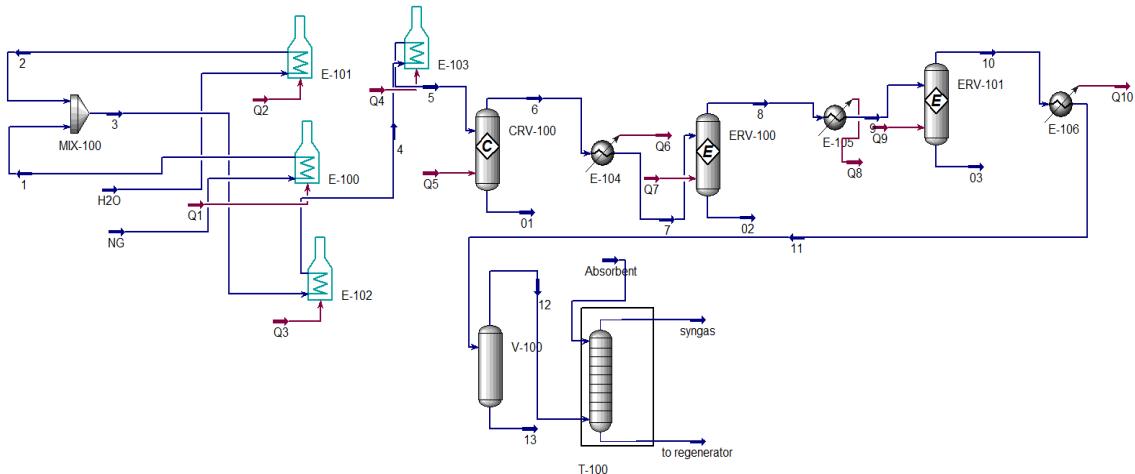


Рисунок 2 – Технологическая схема паровой каталитической конверсии метана с конечным получением водорода

Результат расчета компонентного состава синтез-газа представлены на табл. 1.

Таблица 1 – Компонентный состав синтез-газа

Компонент	CH ₄	CO ₂	H ₂ O	CO	N ₂	H ₂
% масс	0.0000	0.0000	0.0015	0.0066	0.0110	0.9808

Результаты моделирования показали, что в выходном синтез-газе концентрация водорода достигает 98,1% (мас.). Это подтверждает высокую степень преобразования и пригодность схемы для последующей водородоочистки. Представленная модель позволяет определить геометрию оборудования и провести дальнейшую интеграцию в комбинированные энергетические установки или водородные кластеры.

Литература

1. Дауди Д., Рожнятовский Г., Ишмурзин А., Кодряну Н., Попадько Н. Перспективы "голубого" водорода в России // Журнал энергетическая политика. -2021. № 3(157). С. 34-43. DO110.46920/2409-5516_2021_3157_34.
2. Жагфаров, Ф. Г. Моделирование установок паровой конверсии природного газа и пиролиза метана с целью получения водорода / Ф. Г. Жагфаров, Н. П. Кодряну // Нефтехимия – 2021 : материалы IV Международного научно-технического форума по химическим технологиям и нефтегазопереработке, Минск, 22–24 ноября 2021 г. – Минск : БГТУ, 2021. С. 1-4.
- Петров Я.С. Моделирование установки производства водорода // ФМХ ОМГУ – 2019, сборник статей VII Региональной конференции магистрантов, аспирантов и молодых ученых по физике, математике и химии. 2020. С. 180-185.