



ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕЗ ГАЗА С ПОМОЩЬЮ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА В СРЕДЕ ASPEN HYSYS

Кудратбеков Сардорбек Улугбек угли

Ташкентский государственный транспортный университет

sardorbek kudratbekov@gmail.ru

<https://doi.org/10.5281/zenodo.13893360>

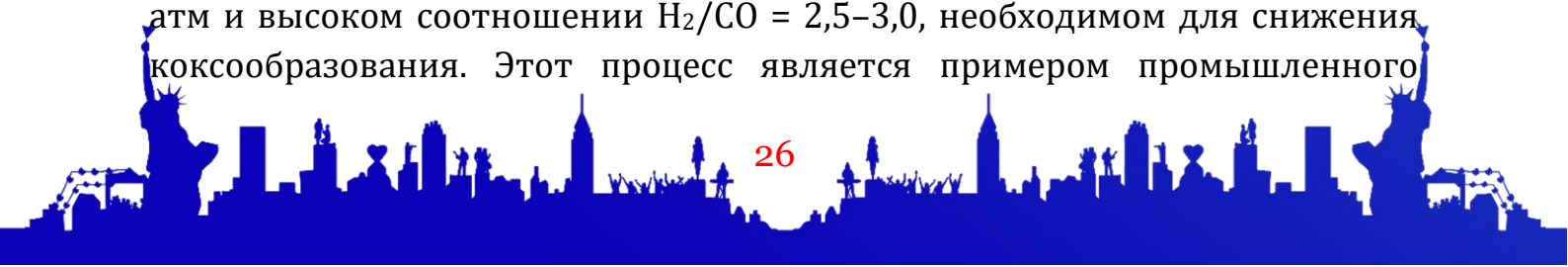
Аннотация. В работе описан процесс получения синтез-газа путем паровой конверсии метана (ПКМ) в условиях Uzbekistan GTL, который является основным промышленным методом для получения синтез-газа, применяемого для производства аммиака, метанола и других химических продуктов. В работе рассмотрены термодинамические аспекты процесса и влияние различных параметров на выход продукции и выбросы в атмосферу. Процесс ПКМ проходит при высоких температурах (до 930°C) и давлениях, а для его моделирования используется пакет Aspen HYSYS.

Ключевые слова: моделирование, синтез газ, природный газ, паровая конверсия метана, водород, оксид углерода, Aspen HYSYS.

Химический способ монетизации природного газа для применения в качестве моторного топлива заключается в его превращении в жидкие углеводороды в процессе Фишера-Тропша. В данном процессе производится широкий спектр продукции: топлива, базовые масла, сжиженные углеводородные газы (СУГ), нефтя и твердые парафины. Такая продуктовая линейка открывает большее количество рынков для реализации, однако требует значительных капитальных затрат.

В основе технологии «Uzbekistan GTL» лежит процесс фазы суспензионной дистилляции компании «Sasol» (Sasol Slurry Phase Distillate Process™) (процесс SPD). Он состоит из трех этапов. На первом этапе природный газ соединяется с кислородом и образует синтез-газ. Синтез-газ затем подвергается конверсии Фишера-Тропша с образованием парафинистой синтетической сырой нефти. На конечном этапе синтетическая сырая нефть подвергается крекингу для получения конечной продукции. [1]. *Синтез газ* — это смесь оксида углерода с водородом в различных отношениях [2].

В промышленных условиях паровая конверсия проводится на никелевых катализаторах при температуре 800—1000 °С, давлении 30—50 атм и высоком соотношении $H_2/CO = 2,5-3,0$, необходимом для снижения коксообразования. Этот процесс является примером промышленного





каталитического процесса, для которого решены сложнейшие технологические задачи, в то время как многие принципиальные вопросы теории процесса остаются до сих пор неясными.

При моделировании процесса применяется термодинамический пакет Пенг-Робинсона [3]. А также применяется два набора реакций: 1-конверсионная; 2-равновесная реакция. В первом потоке подается газ из Шуртанского ГХК. Во втором потоке подается пар.

Природный газ подается в печь для повышения температуры, после чего температура на выходе составит $T_1 = 370^\circ\text{C}$, а перепад давления составит $\Delta P_1 = 1,96 \cdot 10^5$.

Пар подается в печь для повышения температуры, после чего температура на выходе составит $T_1 = 370^\circ\text{C}$, а перепад давления составит $\Delta P_1 = 1,96 \cdot 10^5$.

Далее оба потока направляются в смеситель. После смешивания объединенный поток отправляется на подогреватель, температура на выходе составит $T_1 = 500^\circ\text{C}$, а перепад давления составит $\Delta P_1 = 1,96 \cdot 10^5$. После чего поток еще раз отправляется на подогреватель, температура на выходе составит $T_1 = 870^\circ\text{C}$, а перепад давления составит $\Delta P_1 = 1,96 \cdot 10^5$.

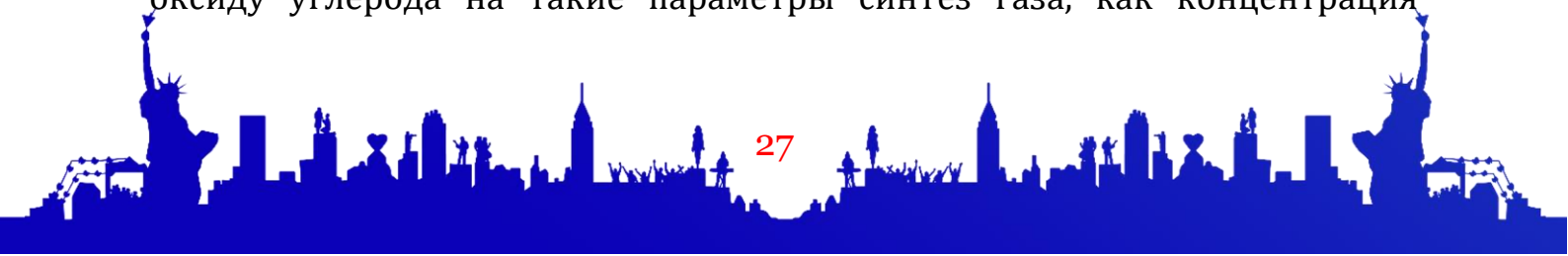
Далее поток отправляется в конверсионный реактор, температура на выходе составит $T_1 = 930^\circ\text{C}$, а перепад давления составит $\Delta P_1 = 1,96 \cdot 10^5$. На выходе из конверсионного реактора в составе газа отношение водорода к оксиду углерода составит 3.

Далее газ охлаждается, температура на выходе составит $T_1 = 355^\circ\text{C}$, а перепад давления составит $\Delta P_1 = 1,96 \cdot 10^5$. Далее газ отправляется в равновесный реактор, где происходит окисление CO до CO_2 , а перепад давления составит $\Delta P_1 = 1,96 \cdot 10^5$.

Степень конверсии в этих реакторах составляет 66,85%. Далее газ отправляется в охладитель (рис. 2), температура на выходе составит $T_1 = 210^\circ\text{C}$, а перепад давления составит $\Delta P_1 = 1,96 \cdot 10^5$.

Далее для нахождения оптимальной температуры конверсии при отношении водорода к оксиду углерода от 2,6 до 3, с минимальными выбросами в атмосферу и сохранением производительности применим мультипликативный критерий оптимизации.

Был смоделирован процесс получения синтез-газа из природного газа в Aspen HYSYS. [4]. Исследовано влияние отношения водорода к оксиду углерода на такие параметры синтез газа, как концентрация





веществ во входном газе, температура процесса конверсии метана паром, производительность установки и выбросы в атмосферу.

С увеличением концентрации метана во входном газе уменьшается отношение водорода к оксиду углерода в выходном газе. При температуре 978 °С отношение водорода к оксиду углерода составляет 2,1. А также при увеличении отношения H_2/CO производительность установки синтез газа уменьшается. Более того, увеличение отношения водорода к оксиду углерода падает значения выбросов в атмосферу, что благоприятно сказывается на окружающую среду.

Исследования показали, что наилучший результат при конверсии метана достигается при содержании метана в природном газе около 94% и температуре конверсии 930°С. Эти параметры обеспечивают высокую производительность установки.

Моделирование в Aspen HYSYS подтвердило, что для минимизации выбросов в атмосферу и поддержания высокой производительности необходимо поддерживать отношение H_2/CO в диапазоне от 2,6 до 3 при температуре 930°С. Этот диапазон обеспечивает лучшие экологические и производственные показатели

Использованная литература:

1. GTL-технологии по переводу газа в жидкой состояние [Электронный ресурс]- Режим доступа: <https://www.uzgtl.com>. Дата обращения: 01.10.2024.
2. API 521, API 2510, NFPA 30, NFPA 325. . [Электронный ресурс]- Режим доступа: <https://paktechpoint.com/buildings-fire-protection-codes-standard/>. Дата обращения: 02.10.2024.
3. Паровая конверсия метана. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://neftegaz.ru/tech-library/ngk/148023-konversiya/>. Дата обращения: 04.10.2024.
4. Официальный сайт компании Aspen HYSYS по созданию симуляторов химических процессов. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.aspentech.com/en/products/engineering/aspen-hysys>.
5. Дата обращения: 04.10.2024

