

УДК 665.6/7

ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕЗ-ГАЗА И ЕГО МЕСТО В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ

П.М. ПОЛЯШКЕВИЧ, Е.Я. КОРБУТ
(Представлено: С.П. СТУДЕНИКИНА)

Рассмотрена актуальность производства синтез-газа в современном мире. Описаны основные процессы его получения, достоинства и недостатки. Показано, что широкое разнообразие процессов позволяет получать синтез-газ даже в тех странах, которые имеют ограниченный доступ к различным природным ресурсам.

Обеспечение и рациональное применение энергоресурсов и нефтехимического сырья являются обязательными условиями успешного развития экономики любой современной страны. Основными источниками природного органического сырья служат нефть, природный газ, уголь, горючие сланцы и т.д. В настоящее время наиболее востребованными энергохимическими ресурсами являются нефть и природный газ, добыча которых приближается к максимально возможной [1].

На территории стран СНГ данные виды ресурсов используются в основном только для производства нефтепродуктов или непосредственно в качестве топлива, не находя широкого распространения в нефтехимии. Поэтому доля нефтехимической отрасли в российском ВВП составляет около 1,5%, в то время как в Германии и Китае этот показатель находится на уровне 7 и 8% соответственно. По прогнозам специалистов, доля продукции нефтехимии на мировом рынке будет неуклонно увеличиваться [2].

Ситуация, аналогичная России, наблюдается и в Беларуси. Однако стоит отметить, что в последние годы на белорусском нефтехимическом рынке наметились позитивные сдвиги: государство проявляет внимание к происходящим в отрасли процессам. Так, например, в государственной программе развития Республики Беларусь на 2016–2020 годы [3] указано, что ориентирами в химической и нефтехимической промышленности должны быть не только материало- и энергосберегающие технологии, но и производства широкого спектра синтетических и композиционных материалов, в том числе новых поколений.

В сложившейся для Беларуси ситуации популярность стали набирать процессы, позволяющие расширить сырьевую базу нефтехимии. Среди такого рода процессов все большую актуальность приобретают процессы производства синтез-газа, переработка которого позволяет получить широкий набор продукции (таблица 1) [4].

Таблица 1. – Удельная потребность в синтез-газе для производства основных нефтехимических продуктов

Продукт	Удельная потребность в синтез-газе, нм ³ /т
Метанол	0,300
Уксусная кислота	0,065
Уксусный ангидрид	0,039
Продукты оксосинтеза	0,104
Муравьиная кислота	0,078
Метилформиат	0,067
Пропионовая кислота	0,053
Метилметакрилат	0,104

Здесь стоит отметить, что мировой спрос только на метанол в 2015 году составлял порядка 45 млн тонн в год, а к 2021 году прогнозируется увеличение до более 80 млн тонн [5].

Синтез-газ представляет собой смесь монооксида углерода СО и водорода H₂ в различных соотношениях. Он является одним из главных источников сырья для промышленного органического синтеза.

На современном этапе существует несколько основных технологий получения синтез-газа, которые требуют применения высоких температур, давлений и большинство из них, использования катализаторов. Все эти процессы можно классифицировать по виду газифицируемого сырья или по виду газифицирующего агента.

Газификация угля. Наибольшее распространение получил метод газификации угля парокислородным дутьем. Процесс основан на реакциях:



Реакция (1) является эндотермической, поэтому равновесие сдвигается вправо при температурах 900–1000 °С. Реакция сгорания угля (2) является экзотермической и обеспечивает нужный тепловой баланс. Процесс проводится в специальном аппарате – газификаторе.

Основные достоинства процесса производства синтез-газа:

- процесс не требует применения катализаторов;
- возможность переработки широкого диапазона углеродистого сырья, причем в последнее время по указанной технологии производится также газификация нефтяного кокса [6];
- процесс является экологически чистым, так как для его проведения нет необходимости в технологических печах;
- низкая стоимость технологического оборудования, основное из которых газификатор и скруббер.

Основные недостатки:

- как правило, для проведения процесса помимо дешевого водяного пара необходимо применять дорогой чистый кислород, чтобы облегчить очистку синтез-газа;
- получаемый синтез-газ обеднен водородом.

Паровая конверсия метана. В основе процесса лежит реакция:



Условия процесса: температура в пределах 800–1000 °С, давление порядка 2–2,5 МПа. Процесс каталитический – проводится на никелевом катализаторе в трубчатой печи с внешним обогревом.

Основные достоинства:

- метод довольно давно используется в промышленности, как следствие большой опыт эксплуатации и широкий выбор поставщиков базового оборудования;
- высокое содержание водорода в получаемом синтез-газе.

Основные недостатки:

- использование дорого чувствительного катализатора определяет необходимость подготовки сырья;
- процесс протекает в трубчатой печи, следовательно необходимы существенные затраты метана на обогрев реакторных трубок открытым пламенем для поддержания требуемой температуры.

Парциальное окисление метана. Процесс основан на реакции:



Процесс протекает при температурах 1200–1500 °С и давлении 3–4 МПа в среде недостатка кислорода в турбинных генераторах с предокислительной камерой.

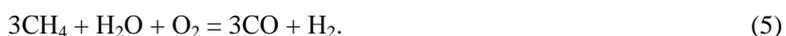
Основные достоинства:

- возможность обеспечения собственной энергией, как вывод – отсутствие технологической печи;
- различные виды парциального окисления могут проводиться как в присутствии катализатора, так и без него;
- для процесса характерны наименьшие эксплуатационные затраты [7];
- низкие удельные нормы расхода сырья и энергии [8].

Основные недостатки:

- необходимость высоких капитальных вложений;
- необходимость использовать чистый кислород, затраты на получение которого составляют до 40 % от стоимости синтез-газа [9].

Автотермический риформинг метана. Процесс представляет собой экзотермическое парциальное окисление с эндотермической паровой конверсией метана при температурах 1300–1600 °С и давлении до 15 МПа по суммарной реакции:



Основные достоинства:

- процесс является некаталитическим;
- низкие эксплуатационные затраты.

Основные недостатки:

- процесс является относительно новым и обладает малой промышленной распространенностью;
- требуется использование дорого оборудования ввиду жестких условий процесса;
- для протекания процесса необходимо использование чистого кислорода;
- невысокий процент выхода продукта.

Углекислотная конверсия метана. Синтез-газ можно также получать взаимодействием CO_2 с природным газом. Такой метод часто называют «сухой» конверсией:



Основные достоинства:

• в процесс вовлекается углекислый газ, запасы которого огромны, а масштабы использования в промышленности невелики;

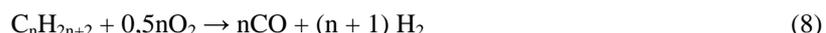
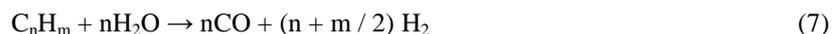
• относительно высокий выход синтез-газа.

Основные недостатки:

• требует большого расхода топлива на эндотермическую реакцию;

• использование дорогих катализаторов, склонных к закоксуванию.

Газификация биомассы и твердых бытовых отходов. Данный метод основывается на том, что большое количество отходов являются углеводородными материалами или их производными [1]. Поэтому под действием высоких температур в среде газифицирующего агента можно получить синтез-газ:



Состав получаемого продукта зависит от условий (температура в пределах 1350–1450 °С, давление от 2 до 14 МПа) и типа сырья.

Основные достоинства:

• сырьем выступают различного рода отходы, значит, переработка их в синтез-газ является крайне экологичным вариантом;

• процесс протекает без присутствия катализаторов;

• газифицирующий агент подбирается по доступности.

Основные недостатки:

• необходимость значительных инвестиционных затрат;

• невысокий выход синтез-газа и крайне затруднителен процесс его очистки;

Рост потребления химической и нефтехимической продукции все больше требует развития процессов, позволяющих расширить сырьевую базу. В условиях изменяющегося рынка получение синтез-газа является довольно перспективным решением, так как он является основой для получения широко ассортимента продукции, а разнообразие методов его получения позволяет выбрать наиболее эффективный для данных условий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технологии получения и переработки синтез-газа / П.Е. Матковский [и др.] // Газохимия. – 2011. – № 3–4. – С. 77–84.
2. Нефтехимия в России: выбор вектора развития [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.eu.com/Publication/vwLUAssets/EY-petrochemical-industry-in-russia-2015-rus/\\$FILE/EY-petrochemical-industry-in-russia-2015-rus.pdf](http://www.eu.com/Publication/vwLUAssets/EY-petrochemical-industry-in-russia-2015-rus/$FILE/EY-petrochemical-industry-in-russia-2015-rus.pdf). – Дата доступа 17.08.2017.
3. Программа социально-экономического развития Республики Беларусь на 2016–2020 годы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.government.by/upload/docs/program_ek2016-2020.pdf. – Дата доступа: 17.08.2017.
4. Ван ден Оостеркамп, П. Достижения в производстве синтез-газа / П. ван ден Оостеркамп, Э. Вагнер, Дж. Росс // Российский химический журнал. – 2000. – Т. XLIV, № 1. – С. 34–42.
5. Метанол 2016 – итоги отраслевой конференции [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mplast.by/novosti/2016-07-06-metanol-2016-itogi-otraslevoy-konferentsii/>. – Дата доступа: 18.08.2017.
6. Капустин, В.М. Технология переработки нефти : в 4-х ч. / В.М. Капустин, А.А. Гуреев. – М. : Химия, 2015. – Ч. вторая. Физико-химические процессы. – 400 с.
7. Седнин, В.А. Повышение энергетического потенциала биогаза / В.А. Седнин, О.Ф. Краецкая, И.Н. Прокопья // Изв. высш. учеб. заведений и энергетических объединений СНГ – Энергетика : междунар. науч.-техн. журн. – 2012. – № 1. – С. 73–77.
8. Галанов, С.И. Парциальное каталитическое окисление природного газа в синтез – газ / С.И. Галанов, К.А. Косырева, Е.А. Литвак // Вестн. Томского гос. ун-та. – 2012. – № 364. – С. 230–233.
9. Окислительная переработка низших алканов: состояние и перспективы / Н.Я. Усачев [и др.] // Российский хим. журн. – 2008 – Т. LI, № 4. – С. 22–31.