

Рис. 4. Расчетные и экспериментальные данные, полученные на слое ТКО высотой 0,16 м: 1 – эксперимент; 2 – расчет на фрактальной модели; 3 – расчет на капиллярной модели

Анализ данных, представленных на рис. 4, показывает, что фрактальная модель является предпочтительной по сравнению с капиллярной. Средняя относительная погрешность для фрактальной модели не превышает 10 %, а для капиллярной 36 %.

Список использованных источников

1. Лемасова Ю. А. Отечественный и зарубежный опыт утилизации твердых бытовых отходов // Новые тенденции рационального природопользования. Вторичные ресурсы и проблемы экологии: сб. докл. междунар. конф. Т. 1. Владивосток : ДВГТУ, 2010. С. 175–179.
2. Шубов Л. Я., Ставровский М. Е., Шехирев Д. В. Технологии отходов. М. : ГОУ ВПО «МГУС», 2006. 410 с.
3. Смирнов Б. М. Физика фрактальных кластеров. – М. : Наука, 1991. – 136 с.
4. Калинин В. И. Термическая утилизация твердых бытовых отходов // Концепция НИИ Стромкомпозит – 2006. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.Stromkomposit.ru/42/html> (дата обращения 20.11.2017)

УДК 624.9

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА ДЛЯ ЭНЕРГЕТИКИ

THE RESEARCH OF ENERGETIC EFFICIENCY OF HYDROGEN PRODUCTION FOR ENERGETICS

Симонов Т. В., Картавец С. В.
Магнитогорский государственный технический университет,
г. Магнитогорск, malavit-1821@mail.ru

Simonov T. V., Kartavtsew S. V.
Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk

Аннотация: В работе исследуются возможные способы получения водорода для энергетических целей. Рассмотрены природные источники водородсодержащих материалов. Проведен сравнительный анализ энергетических затрат на получение водорода.

Abstract: There are researches in the article which show variative ways of Hydrogen production for energetic aims. Natural sources of Hydrogen-containing materials are considered. Comparative analysis of energetic expenses for Hydrogen production is done.

Ключевые слова: водородная энергетика, энергозатраты на получение водорода, энергоэффективность.

Keywords: hydrogen energy, energetic expenses for hydrogen production, energy efficiency.

С середины 1970-х годов до конца XX века были произведены масштабные исследования и разработки водородных технологий, ставших базисом для современных инноваций в области водородной энергетики. Эти разработки дали возможность использовать водород как авиационное (экспериментальная модель самолета Ту-154) и космическое топливо (программа «Шаттл»); топливо для тепловых двигателей и энергоустановок.

Появились новые технические решения электрохимических систем: топливные элементы и электролизёры, с твердым полимерным или твердым оксидным электролитом. В таких системах стало возможным использовать водород и другие альтернативные виды топлива [1].

Эти и многие другие новаторские исследования и технологии могут помочь с переходом с углеводородных видов топлива на экологически чистый источник энергии – водород.

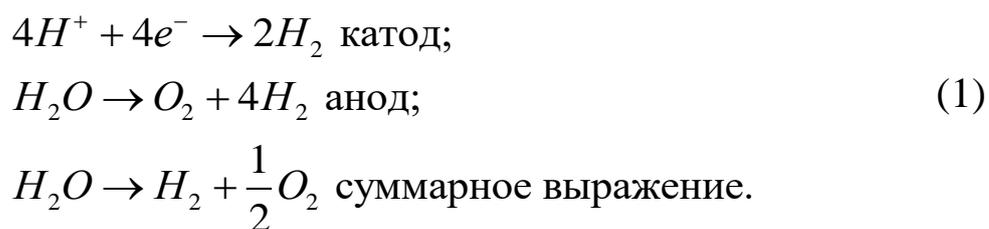
Из выше упомянутого следует закономерный вопрос, как экономически и энергетически выгодно получить водород.

Рассмотрим некоторые способы получения водорода.

Электролиз с твердополимерным электролитом. Первые электролизёры с ТПЭ были созданы в 1966 г. компанией General Electric. Такие изделия предназначались для специальных целей (космические корабли, подводные лодки и т. п.), а также для нужд гражданской индустрии.

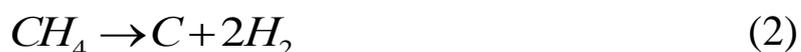
В настоящее время областями применения электролизёров с ТПЭ, помимо использования произведенных ими газов в топливных элементах, являются: аналитическое приборостроение системы коррекции водно-химического режима атомных реакторов, водородная сварка, производство особо чистых веществ для электронной промышленности и т. п.

Мембрана таких электролитов – беспористая полимерная на основе перфторированного углерода обладает механической прочностью, химической стойкостью и высокой электропроводностью. Переносчик заряда в таких мембранах является гидратированный протон [1]:



Получение водорода из природных органических топлив в настоящее время является наиболее широко освоенным методом.

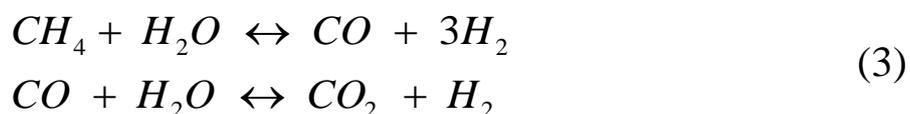
Термическое разложение метана проходит при нагревании выше 1000 °С, в ходе которого метан разлагается на углерод и водород:



На практике такой процесс осуществляют, сжигая метан при недостатке кислорода. В реакции углерод выделяется в виде сажи, имеющий большое техническое значение [2]. Основным потребителем сажи является резиновая промышленность, для которой сажа – второй по важности вид сырья. Кроме резиновой промышленности сажу в настоящее время применяют в электротехнической, лакокрасочной, полиграфической и ряде других отраслей промышленности [3].

Паровая конверсия метана (ПКМ). Паровая конверсия углеводородных газов получила широкое распространение после второй мировой войны и в настоящее время является наиболее рентабельным способом производства водорода. Процесс отделения водорода от углеродной основы в метане протекает в трубчатых печах (химических паровых реформерах) при внешнем подводе теплоты при температурах 750–850 °С через стенку трубы на каталитических поверхностях (никель, корунд и др.) [1].

Основные реакции процесса:



Определим затраты энергии на образование одного кубометра водорода. Для этого найдем энтальпию (в кДж/моль) каждого процесса. Полученные результаты разделим на молярный объем V_m равный 0,0224 моль/м³

$$\Delta H_f = \Delta H_{л1.} + \Delta H_{л2.} - \Delta H_{нр2.} - \Delta H_{нр2.}, \quad (4)$$

где ΔH_f – энтальпия реакции, $\Delta H_{л1.} + \Delta H_{л2.}$ – сумма энтальпий элементов реакции слева, $\Delta H_{нр1.} + \Delta H_{нр2.}$ – сумма энтальпий элементов реакции справа.

Термохимические данные по теплоте образования соединений приняты по [4].

Продемонстрированные вычисления в таблице показывают, что наиболее энергоэкономичным является процесс термического разложения метана. Энергетические затраты на электролиз и паровую

конверсию метана в разы больше, чем в реакции (2), и примерно сопоставимы друг с другом. Однако нельзя однозначно сказать, какой способ получения водорода самый выгодный с экономической и энергетической точек зрения.

Удельные затраты энергии на получение водорода различными способами

Химическая реакция	Энергетические затраты (кДж/м ³)
$H_2O \rightarrow H_2 + \frac{1}{2}O_2$	12760
$CH_4 \rightarrow C + 2H_2$	3339
$CH_4 + H_2O \leftrightarrow CO + 3H_2$ $CO + H_2O \leftrightarrow CO_2 + H_2$	11292

Например, в реакции (1) помимо чистого водорода получаем кислород, который может быть использован в промышленности. Не стоит забывать и энергетические затраты на электроэнергию. В реакции (2) получаем технический углерод, необходимый в производстве резины и лакокрасочных продуктов.

Список использованных источников

1. Радченко, Р. В. Водород в энергетике : учеб. пособие / Р. В. Радченко, А. С. Мокрушин, В. В. Тюльпа. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2014. – 229.
2. Термическое разложение метана [Электронный ресурс]. URL: <http://him.1september.ru/article.php?ID=200601906> (дата обращения 24.11.2017)
3. Вынту В. Технология нефтехимических производств. М. : Химия, 1968. 352 с.
4. Вегман Е. Ф. Краткий справочник доменщика. М. : Металлургия, 1981. 240 с.

УДК 681.332

ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОВЕЕВ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ ГАЗОВОЕ ТОПЛИВО, В КАЧЕСТВЕ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТАХ