

**ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОВОЛОКОН И МЕТАНО-ВОДОРОДНОЙ
СМЕСИ В РЕАКТОРЕ КАТАЛИТИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА**

С.Е. Тонкодубов, М.В. Архипова, М.В. Попов

Научный руководитель: профессор, д.т.н. Г.Г. Кувшинов
Новосибирский государственный технический университет,
Россия, г. Новосибирск, пр. Маркса, 20, 630073

E-mail: stonkfrag@mail.ru

**TECHNOLOGY PRODUCTION OF CARBON NANOFIBERS AND METHANE-HYDROGEN
MIXTURE IN THE REACTOR OF CATALYTIC DECOMPOSITION NATURAL GAS**

S.E. Tonkodubov, M.V. Arhipova, M.V. Popov

Scientific Supervisor: Prof., Dr. G.G. Kuvshinov

Novosibirsk State Technical University, Russia, Novosibirsk, Marks str., 20, 630073

E-mail: stonkfrag@mail.ru

***Abstract.** This paper presents a technology of production methane-hydrogen mixture for use as motor fuel. We investigated different the various modes and selected the most effective catalysts for this process. Established optimal condition for carry out this process.*

Введение. Атмосферный воздух является неотъемлемой частью в процессе жизнедеятельности. Ухудшение экологического состояния воздушного бассейна представляет существенную опасность для большинства живых организмов. Значительную проблему создает автотранспорт, работающий на традиционном жидком топливе. Одним из ключевых решений данной проблемы является перевод мирового автопарка на газомоторное топливо. Развитие технологий использования природного газа позволяет предложить новый вид топлива, состоящего из метана и водорода. В сравнении со своим жидким аналогом метано-водородная смесь обладает рядом существенных преимуществ: экологическая безопасность, дешевизна, увеличение срока службы двигателя [1]. Кроме того, данный вид топлива находит свое применение в жилищно-коммунальном хозяйстве, газотурбинных агрегатах, топливных элементах и др. Производство метано-водородной смеси с добавкой водорода, полученного традиционными методами, для достижения поставленной цели не подходит по ряду причин, таких как большая энергозатратность, многостадийность и сложность процесса, большие выбросы оксидов углерода в атмосферу.

Материалы и методы исследования. Одним из наиболее перспективных альтернативных способов получения метано-водородной смеси является каталитическое разложение метана. Предлагаемый процесс осуществляется при сравнительно низких температурах (500-700°C) на Ni-содержащих катализаторах, в ходе реакции помимо водорода образуется нановолокнистый углерод, который представляет отдельную научную ценность. Как любой технологический процесс разложение метана обладает недостатками и нуждается в усовершенствовании: повышение времени жизни катализатора и увеличение выхода водорода. Основной проблемой процесса является быстрая дезактивация катализатора, причина которой связана с покрытием активного центра углеродным материалом.

В ходе исследования были протестированы катализаторы с процентным содержанием никеля 10-90 %, приготовленные методом гетерофазного золь-гель синтеза [2, 3] и нанесения активного компонента на пористый носитель [4, 5], в качестве которого выступали диатомит, оксиды алюминия и кремния. Введение меди в состав никелевого катализатора обеспечивает необходимую дисперсность, а также предотвращает спекание частиц активного металла [6].

Эксперименты проводили на каталитической установке Autoclave Engineers BTRS-Jn в проточном металлическом реакторе, схема которой изображена на рисунке 1. Удельный расход метана в каждом эксперименте составлял $90 \text{ л}\cdot\text{ч}^{-1}\cdot\text{гкат}^{-1}$, диапазон рабочей температуры 808–948 К, диапазон рабочего давления 1–10 атмосфер. Газообразные продукты анализировались при помощи газового хроматографа «Хромос ГХ-1000».

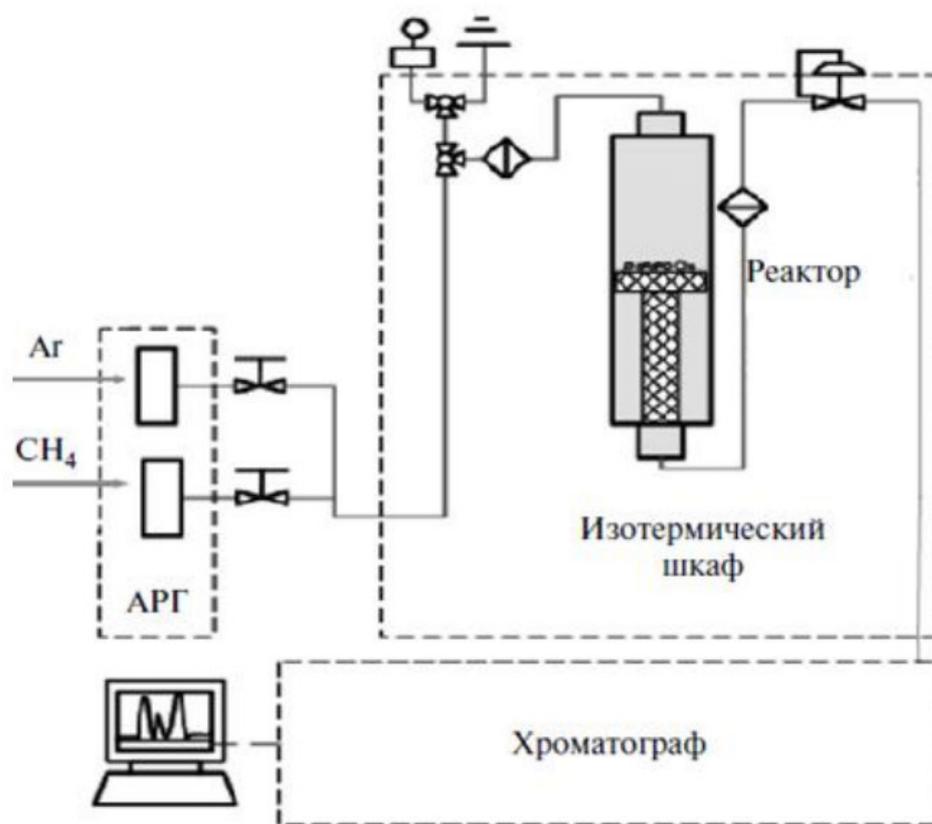


Рис. 1. Принципиальная схема лабораторной установки

Заключение. По результатам экспериментов было установлено, что при минимальном давлении и максимальной температуре степень превращения метана наибольшая, но при этом время жизни катализатора очень низкое. С повышением давления и понижением температуры степень превращения уменьшается, а время жизни катализатора и интегральный выход по водороду возрастают. При давлении 1 атмосфера время жизни катализатора составило 2 часа, удельный выход водорода 20 л./гр. кат. При повышении давления до 5 атмосфер время жизни катализатора увеличилось в 16 раз и составило 32 часа, а удельный выход водорода 784 л./гр. кат. Наилучшими характеристиками обладает катализатор, приготовленный по методу гетерофазного золь-гель синтеза с процентным содержанием никеля 50% и оксида кремния 50%.

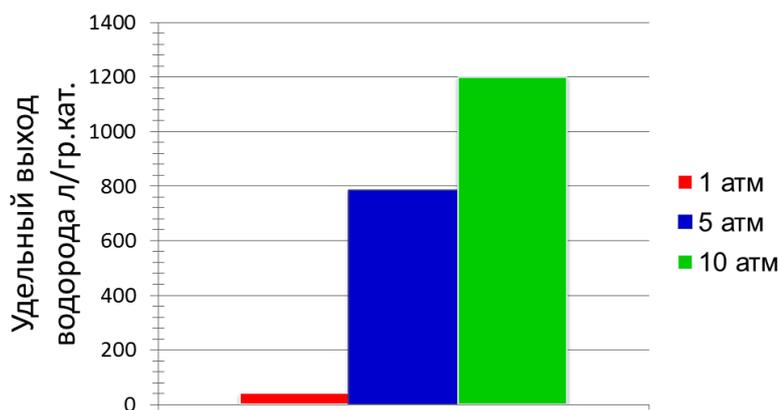


Рис. 2. Удельный выход водорода при различных давлениях

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что каталитическое разложение метана – это высокоэффективная технология получения экологически безопасного топлива и нановолокнистого углерода с минимальным ущербом для окружающей среды и относительно низкими затратами. Также установлено, что увеличение давления благотворно влияет на протекание процесса.

Работа выполнена при поддержке стипендии Президента РФ, проект № СП-69. 2016.1

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамчук Ф.И., Кабанов А.Н., Майстренко Г.В. Влияние добавки водорода к природному газу на свойства смесового топлива // Автомобильный транспорт. – 2009. – №24. – С. 1–5.
2. Ермакова М.А. Ермаков Д.Ю., Кувшинов Г.Г. Морфология и текстура кремнезема, полученного золь-гель синтезом на поверхности волокнистых углеродных материалов // Кинетика и катализ. – 2002. – Т.43. – №3. – С. 1.
3. Ермакова М.А. Структура и физико-химические свойства Ni и Fe содержащих катализаторов, приготовленных методом гетерофазного золь-гель синтеза: Автореф. дис. ... канд. хим. наук. – Новосибирск, 2002. – 19 с.
4. Пат. 2335340 РФ. МПК8 В01J 23/89, В01J 23/72, В01J 23/755, С07С 7/148, С07С 7/00, В01J 37/16, В01J 37/02, В01J 37/03. Катализатора, способ его приготовления (варианты) и процесс гидрооксигенации кислородорганических продуктов быстрого пиролиза биомассы / В.А. Яковлев, С.А. Хромова, Д.Ю. Ермаков, М.Ю. Лебедев, В.А. Кириллов, В.Н. Пармон. Заявлено 22.08.2007; Оpubл. 10.10.2008, Бюл. №28. – 12 с.
5. Пат. 16664 ВУ. МПК В01J 37/03, В01J 37/16. Способ получения нанесенных высокодисперсных металлических катализаторов / В.М. Шаповалов, А.М. Валенков, К.С. Носов. Заявлено 19.08.2010; Оpubл. 30.04.2012. – 5 с.
6. Пат. 2064889 РФ. МПК С01В 3/26, С01В 31/02. Способ получения водорода и углеродного материала / Л.Б. Авдеева, О.В. Гончарова, Г.Г. Кувшинов, В.А. Лихолобов, В.Н. Пармон. Заявлено 11.02.1993; Оpubл. 10.08.1996, Бюл. №22. – 6 с.