

## ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ УЛЬТРАДИСПЕРСНОГО ЖЕЛЕЗНОГО ПОРОШКА В ПРОЦЕССЕ ФИШЕРА-ТРОПША

А.Е. Литвинова, Н.П. Бурлуцкий

Научный руководитель – к.т.н., доцент Е.В. Попок

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, anglitvinova94@gmail.com*

Получение синтетических жидких углеводородов из синтез-газа по методу Фишера-Тропша является одним из перспективных направлений в развитии технологий получения альтернативных видов топлив, так как источниками сырья для процесса могут служить: природный и попутные газы, уголь, биомасса. В зависимости от используемых катализаторов и условий проведения процесса возможен синтез углеводородов широкого диапазона.

Целью данной работы является получение активного катализатора на основе ультрадисперсного железного порошка, полученного методом электрического взрыва проводника [1], для переработки синтез-газа в искусственные жидкие топлива.

Исследование образца катализатора проводилось на лабораторной каталитической установке [2]. Для проведения эксперимента было выбрано классическое соотношение реагентов  $\text{CO}:\text{H}_2=1:2$ . Расход  $\text{CO}$  и  $\text{H}_2$  для эксперимента составлял 300 мл/мин. Эксперимент проводился в течение 100 часов. При проведении исследования значения температуры и давления процесса, гранулометрический состав катализатора, а также соотношение реагентов оставалось неизменным.

В таблице 1 приведено групповое содержание компонентов в жидком продукте синтеза, проводимом при давлении 0,1 МПа и температуре 280 °С. Значения в таблице приведены в масс. %.

Проведение хроматографического анализа газа, выходящего из газосепаратора в первые 15 минут опыта показало, что катализатор не нуждается в предварительном восстановлении и при рабочих условиях сразу начинает проявлять каталитическую активность.

Полученный жидкий продукт синтеза содержит значительное количество парафиновых углеводородов, в результате чего можно сделать вывод о том, что железный катализатор проявляет наибольшую селективность в образовании данного класса соединений. Причем в смеси в основном представлены парафины с числом атомов углерода от 5 до 11. Общее содержание изопарафиновых углеводородов составляет 17,6 % масс., среди которых большая часть – вещества с числом атомов углерода от 6 до 10. Данные изопарафиновые углеводороды обладают высоким октановым числом. Содержание ароматических углеводородов достаточно мало – всего 10,5 % масс. Вероятно это связано с преобладанием реакций гидрирования, ароматические углеводороды гидрируются с образованием циклоалканов, которые в свою очередь также проходят стадию гидрирования с образованием линейных алканов, это и объясняет столь низкое содержание нафтенов – всего 4 % масс. Также в смеси присутствуют олефиновые углеводороды, их содержание составляет около 13 % масс.. Кислородсодержащие соединения в жидком продукте практически полностью отсутствуют.

Таким образом, ультрадисперсные порошки железа показывают достаточно высокую каталитическую активность в процессе синтеза жидких углеводородов по методу Фишера-Тропша. Полученные жидкие продукты содержат значительное количество изопарафиновых углеводородов и нормальных алканов с числом атомов углерода в молекуле от 5 до 10, однако в связи с низким октановым числом и несоответствием фракционного состава требованиям ГОСТ получаемая смесь углеводородов не может быть использована непосредственно в качестве топлива для двигателей внутреннего сгорания, однако

**Таблица 1.** Результаты хроматографического анализа

Параметры синтеза	Содержание компонентов в смеси, % масс					
	Парафины	Изопарафины	Ароматика	Нафтены	Олефины	Оксигенаты
T=280 °С, P=0,1 МПа	54,6	17,6	10,5	4,2	13	0

компонентный состав позволяет сделать вывод о возможности переработки данной смеси с це-

лью получения моторных топлив.

### Список литературы

1. Яворовский Н.А., Пустовалов А.В. Выбор параметров электрического взрыва алюминиевых и железных проводников в атмосфере аргона // Известия вузов. Физика, 2013.– Т.56.– №7/2.– С. 164–169.
2. Popok E.V., Levashova A.I., Chekantsev N.V., Kirgina M.V., Rafegerst K.V. *Ultradispersed Hydrocarbon Synthesis Catalyst from CO and H<sub>2</sub> Based on Electroexplosion of Iron Powder // Procedia Chemistry 10 (2014) 20–24.*

## МОДЕЛИРОВАНИЕ СИНТЕЗА ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ ОКСИДА УГЛЕРОДА И ВОДОРОДА

А.В. Максимова, Д.В. Зайцев  
 Научный руководитель – к.х.н., доцент Н.В. Ушева

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, anastasiya-maksimova-93@mail.ru

В настоящее время, в связи с потребностью поиска альтернативных источников углеводородов для топливной и нефтехимической промышленности, все больше внимания уделяется изучению синтезов на основе оксида углерода и водорода.

Исследование процесса синтеза из СО и Н<sub>2</sub> на математической модели, адекватно описывающей реальный процесс, позволит подобрать оптимальные режимы работы промышленных установок, оперативно изучить поведение процесса при изменении технологических параметров.

Целью работы является анализ экспериментальных данных по кинетике синтеза из оксида углерода и водорода и построение кинетической модели процесса.

Исследования проводились на лабораторной каталитической установке, разработанной в институте катализа им. Г.К. Борескова, на ультрадисперсном железосодержащем катализаторе (УДП), который был получен в Институте физики высоких технологий Томского политехнического университета, на основе электровзрывных порошков. Условия проведения исследования: соотношение Н<sub>2</sub>:СО=2:1, температура на входе в реактор 260 °С, температура слоя катализатора 283 °С, давление в реакторе 1,1 МПа, время проведения – 94 часа, объем катализатора 8,3 см<sup>3</sup> (масса 12,09 гр).

Анализ продуктов синте-

за осуществлялся на газовом хроматографе «Хроматэк-Кристалл 5000.1» и на хромато-масс-спектрометре «Кристалл 5000» с масс-спектрометрическим детектором хроматэк.

Распределение компонентов жидкого продукта синтеза по числу атомов углерода в молекуле представлено на рис. 1, на котором показано, что в продуктах синтеза значительно преобладают алканы нормального строения. Выход углеводородов уменьшается в ряду: изоалканы, алкены, арены, циклоалканы.

С использованием литературных данных [1] и с применением программ расчёта HyperChem, ChemCraft, Gaussian были проведены термодинамические расчёты. Так как энергии Гиббса имеют отрицательные значения, протекание реакций образования углеводородов из оксида углерода и водорода является возможным. Были произведены расчёты констант равновесия (Кр).

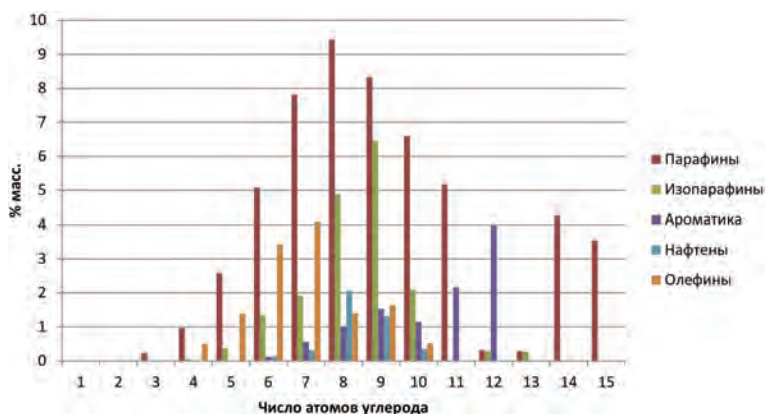


Рис. 1. Выход жидкого продукта в результате экспериментального исследования