

УТВЕРЖДАЮ

Директор ФИЦ ХФ РАН

д.х.н., проф. Надточено В.А.



22 марта 2022 г.

## ВЫПИСКА

### ИЗ ПРОТОКОЛА № 06

заседания расширенного семинара лаборатории окисления углеводов  
Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Федерального исследовательского центра химической физики им Н.Н.  
Семенова Российской академии наук (ФИЦ ХФ РАН) от 22 марта 2022 г.

**Председатель:** главный научный сотрудник лаборатории окисления углеводов ФИЦ ХФ РАН, д.х.н., проф. Арутюнов В.С.

**Секретарь:** старший научный сотрудник лаборатории окисления углеводов ФИЦ ХФ РАН, к.х.н. Никитин А.В.

**Присутствовали:** д.х.н., проф. Арутюнов В.С., д.ф.-м.н. Трошин К.Я., д.ф.-м.н. Власов П.А., д.ф.-м.н. Смирнов В.Н., к.х.н. Никитин А.В., к.ф.-м.н. Беляев А.А., к.ф.-м.н. Брюков М.Г., к.х.н. Стрекова Л.Н., к.х.н. Козлов Ю.Н., Захаров А.А., Зимин Я.С., Тимофеев К.А., Михайлов Д.И.

**Повестка дня:** обсуждение диссертационной работы Озерского Алексея Валериевича на тему: «Экспериментальное исследование и кинетический анализ процессов получения газохимических продуктов на основе матричной конверсии углеводородных газов», представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.14 – кинетика и катализ

**Слушали:** доклад младшего научного сотрудника лаборатории окисления углеводов ФИЦ ХФ РАН Озерского Алексея Валериевича «Экспериментальное исследование и кинетический анализ процессов получения газохимических продуктов на основе матричной конверсии углеводородных газов».

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Федерального исследовательского центра химической физики  
им. Н.Н. Семёнова Российской академии наук (ФИЦ ХФ РАН)

Диссертация «Кинетика процесса получения синтез-газа матричной конверсией газообразных углеводородов» выполнена в лаборатории окисления углеводородов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра химической физики им. Н.Н. Семёнова Российской академии наук (ФИЦ ХФ РАН). В период подготовки диссертации соискатель Озерский Алексей Валериевич работал в должности инженера-исследователя и младшего научного сотрудника лаборатории окисления углеводородов ФИЦ ХФ РАН.

В 2016 году Озерский А.В. окончил Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет» по специальности «химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов». В том же году Озерский А.В. поступил в аспирантуру ФИЦ ХФ РАН и начал свою трудовую деятельность в лаборатории окисления углеводородов ФИЦ ХФ РАН в должности инженера-исследователя. С 2017 года по настоящее время Озерский А.В. работает в должность младшего научного сотрудника лаборатории окисления углеводородов ФИЦ ХФ РАН.

**Научный руководитель:** Никитин Алексей Витальевич, кандидат химических наук, старший научный сотрудник лаборатории окисления углеводородов Федерального исследовательского центра химической физики им. Н.Н. Семёнова Российской академии наук (ФИЦ ХФ РАН).

После доклада состоялось обсуждение работы. Вопросы задавали и участвовали в обсуждении работы:

- д.ф.-м.н. Власов П.А.
- д.ф.-м.н. Трошин К.Я.
- к.ф.-м.н. Беляев А.А.
- к.ф.-м.н. Брюков М.Г.

По докладу были заданы следующие вопросы:

1. к.ф.-м.н. Брюков М.Г: Какова роль матрицы в процессе?
2. к.ф.-м.н. Брюков М.Г: При расчёте показателей процесса было ли учтено изменение объёма продуктовой газовой смеси?

3. д.ф.-м.н. Власов П.А.: Почему кинетическое моделирование проводилось в изотермическом режиме?
4. д.ф.-м.н. Власов П.А.: Наблюдалось ли образование сажи на поверхности матрицы и на выходе из матричного блока?
5. д.ф.-м.н. Трошин К.Я.: Матрица в ваших экспериментах состоит из проволочек. Каково распределение температуры в толщине матрицы?
6. к.ф.-м.н. Беляев А.А.: Оценивали ли вклад гетерогенных реакций, протекающих на поверхности матрицы?

Докладчик подробно ответил на все заданные вопросы.

По итогам обсуждения диссертации принято следующее заключение:

**Личное участие соискателя.** Представленные в диссертационной работе результаты получены лично автором или при его непосредственном участии. Экспериментальные исследования, в том числе отладка оборудования, проведение экспериментов, анализ состава реагентов и продуктов, монтаж и модернизация установок матричной конверсии углеводородов проводились лично автором диссертации либо при его непосредственном участии.

**Степень достоверности результатов.** Достоверность полученных экспериментальных результатов обеспечивается их воспроизводимостью и использованием широко апробированных методов физико-химического анализа — газовая хроматография, спектральный анализ газовых смесей на инфракрасных модулях. Достоверность расчётных данных обеспечена использованием литературных кинетических моделей, верифицированных на результатах различных экспериментов по парциальному окислению лёгких углеводородов.

#### **Научная новизна.**

1. Впервые экспериментально определены основные параметры процесса парциального окисления богатых смесей углеводородов  $C_{1-4}$  в условиях матричной конверсии при коэффициенте избытка окислителя  $\alpha < 0,38$ .
2. На основе кинетического моделирования установлена последовательность превращения углеводородов в процессе их матричной конверсии, включающей три последовательные реакционные зоны по длине реактора.
3. Кинетическим моделированием установлен основной маршрут риформинга метана в постпламенных зонах матричного конвертера.
4. На основании экспериментальных результатов и кинетического анализа установлено влияние добавок водяного пара в исходную смесь на парциальное окисление метана в условиях матричной конверсии.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Установлены последовательность и основные маршруты превращения легких углеводов  $C_1$ – $C_4$  при их парциальном окислении в богатых смесях с кислородом в области умеренных температур 1400–1800 К. Показано, что изменение параметров протекания процессов в постпламенной зоне конвертора позволяет варьировать показатели конверсии.

Показана возможность проведения матричной конверсии метана при различном содержании азота в окислителе и, соответственно, получаемом синтез-газе вплоть до его нулевой концентрации. Эти результаты имеют большое практическое значение, так как открывают возможность создания на базе матричной конверсии различных технологических процессов синтеза газохимических продуктов, протекающих как в циркуляционном режиме, так и на базе каскада из нескольких последовательных реакторов.

Предложен и испытан способ стабилизации параметров процесса за счёт введения в исходную смесь добавок водяного пара, позволяющей стабилизировать температуру матрицы и увеличить удельную производительность процесса. Помимо стабилизации температуры добавление водяного пара в исходную смесь позволяет повысить соотношение  $H_2/CO$  и снизить концентрацию ацетилена в получаемом синтез-газе.

Показано, что введением после процесса матричной конверсии каталитического блока паровой конверсии монооксида углерода можно корректировать состав получаемого синтез-газа или получать водородсодержащий газ.

**Ценность научных работ.** Основные результаты диссертации докладывались и обсуждались на: международной конференции «25th International Conference on Chemical Reaction Engineering» (г. Флоренция, Италия 2018 г.); XII Международной конференции молодых ученых по нефтехимии (г. Звенигород, Россия 2018); международной конференции «CATALYSIS: from Science to Industry» (г. Томск, Россия 2018); XIII научно-практической конференции: «Молодёжные научно-инновационные проекты Московской области» (г. Черноголовка, Россия 2018); XXXVI Всероссийском симпозиуме молодых ученых по химической кинетике (г. Мытищи, Россия 2019); международной конференции «XXIV International Conference on Chemical Reactors ChemReactor-24» (г. Милан, Италия 2021).

Содержание диссертации соответствует специальности 1.4.14 — кинетика и катализ.

По материалам диссертации опубликовано 12 печатных работ. Работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК — 4. Материалы диссертации полностью изложены в опубликованных работах.

Диссертация соответствует требованиям пункта 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 года и «Изменений, которые вносятся в Положение о присуждении ученых степеней», утвержденных постановлением Правительства Российской Федерации № 355 от 21 апреля 2016 года. Она является научно-квалификационной работой, в которой существенно расширены и уточнены существующие представления о процессах парциального окисления богатых смесей углеводородов в условиях матричной конверсии. Диссертация Озерского Алексея Валериевича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.14 — кинетика и катализ.


Заключение принято на заседании семинара лаборатории окисления углеводородов ФИЦ ХФ РАН. Присутствовало на заседании 13 человек. Результаты голосования:

«за» — 13

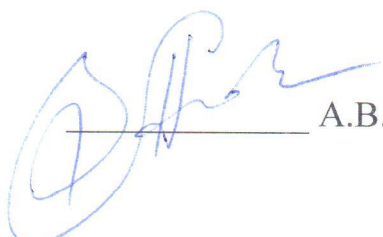
«против» — нет

«воздержались» — нет

Председатель семинара  
главный научный сотрудник лаборатории  
окисления углеводородов ФИЦ ХФ РАН  
д.х.н., проф.

  
В.С. Арутюнов

Секретарь семинара  
старший научный сотрудник лаборатории  
окисления углеводородов ФИЦ ХФ РАН  
к.х.н.

  
А.В. Никитин