

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.243.02,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА ХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ
ИМ. Н.Н. СЕМЁНОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ФИЦ ХФ РАН), ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 15.02.2023, протокол № 1
о присуждении Озерскому Алексею Валериевичу ученой степени
кандидата химических наук

Диссертация «Кинетика процесса получения синтез-газа матричной конверсией газообразных углеводородов» в виде рукописи по специальности 1.4.14 — кинетика и катализ принята к защите 30 ноября 2022 года (протокол № 21) диссертационным советом 24.1.243.02, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра химической физики им. Н.Н. Семёнова Российской академии наук, 119334, г. Москва, ул. Косыгина, д. 4, приказом Рособнадзора № 105 н/к от 11 апреля 2012 года.

Соискатель **Озерский Алексей Валериевич** родился 15 июля 1992 года, гражданин Российской Федерации. В период с 01 сентября 2010 года по 01 июля 2016 года обучался на химико-технологическом факультете Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технологический университет» (РТУ МИРЭА, Институт тонких химических технологий имени М.В. Ломоносова), где ему была присвоена степень магистра по направлению «Химическая технология». С 03 октября 2016 года по

30 сентября 2020 года Озерский А.В. обучался в аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра химической физики им. Н.Н. Семёнова Российской академии наук по специальности 02.00.15 — кинетика и катализ. С 03 октября 2016 года по 10 февраля 2017 года Озерский А.В. работал в должности инженера-исследователя лаборатории окисления углеводов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра химической физики им. Н.Н. Семёнова Российской академии наук. С 13 февраля 2017 года по 31 мая 2017 года Озерский А.В. работал младшим научным сотрудником лаборатории окисления углеводов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра химической физики им. Н.Н. Семёнова Российской академии наук. С 03 июля 2017 по 14 октября 2017 года Озерский А.В. работал младшим научным сотрудником в лаборатории горения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра химической физики им. Н.Н. Семёнова Российской академии наук. С 16 октября 2017 года и до настоящего времени Озерский А.В. работает младшим научным сотрудником в лаборатории окисления углеводов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра химической физики им. Н.Н. Семёнова Российской академии наук.

Диссертация выполнена в лаборатории окисления углеводов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра химической физики им. Н.Н. Семёнова Российской академии наук.

Научный руководитель – **Никитин Алексей Витальевич**, гражданин Российской Федерации, кандидат химических наук, старший научный сотрудник лаборатории окисления углеводов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра химической физики им. Н.Н. Семёнова Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

1. **Мордкович Владимир Зальманович**, гражданин Российской Федерации, доктор химических наук, заведующий отделением углеродных наноструктур Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Технологический институт сверхтвёрдых и новых углеродных материалов» (ФГБНУ ТИСНУМ)

2. **Билера Игорь Васильевич**, гражданин Российской Федерации, кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории плазмохимии и физико-химии импульсных процессов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Ордена Трудового Красного Знамени Института нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева Российской академии наук (ИНХС РАН)

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация — **Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского Сибирского отделения Российской академии наук (ИХКГ СО РАН)**, г. Новосибирск, в своем положительном заключении, подписанном заведующим лабораторией кинетики процессов горения, доктором химических наук **Шмаковым Андреем Геннадьевичем** и утвержденном директором ИХКГ СО РАН, доктором химических наук, доцентом **Онищуком Андреем Александровичем**, указала, что:

1). В тексте диссертации отсутствует информация об ошибке измерений концентрации веществ в продуктах матричной конверсии метана. На рисунках с полученными в работе экспериментальными данными эти ошибки не показаны.

2). В тексте диссертации и в подписях к рисункам нет пояснений, что обозначают различные линии на графиках с полученными автором экспериментальными данными. Можно лишь догадаться, что это сглаживающая линия для экспериментальных точек.

3). Не указаны физические параметры использованной в работе матрицы — пористость, плотность. Нет фотографии поверхности этой самой важной части экспериментальной установки.

4). Неясен смысл проведения расчетов профилей выхода компонентов матричной конверсии метана с добавкой 30% Ar, так как в тексте диссертации результаты этих расчетов не обсуждаются.

5). В таблице 1 на стр. 62 отсутствует информация о том, какой газ-разбавитель был использован для калибровочной смеси № 1, примененной для калибровки хроматографа. Можно предположить, что это был азот.

6). В тексте имеется ряд опечаток. Например, на стр. 11 давление указано в «мПа» (вместо «МПа»), на стр. 20 «гиотермальный» (вместо «гидротермальный»), на стр. 40 «кал/моль·град» (вместо «кал/моль») и ряд других.

Соискатель имеет 25 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации — 12 работ. Работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях — 5, общим объемом 2 печатных листа.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Nikitin A., Ozersky A., Savchenko V., Sedov I., Shmelev V., Arutyunov V. Matrix conversion of natural gas to syngas: The main parameters

of the process and possible applications // Chemical Engineering Journal. — 2019. — V. 377. — 120883: 1–7.

2. Savchenko V.I., Nikitin A.V., Sedov I.V., Ozerskii A.V., Arutyunov V.S. The role of homogeneous steam reforming of acetylene in the partial oxidation of methane to syngas in matrix type converters // Chemical Engineering Science. — 2019. — V. 207. — P. 744–751.

3. Озерский А.В., Никитин А.В., Зимин Я.С., Савченко В.И., Седов И.В., Арутюнов В.С. Получение водорода из пропан-бутановой смеси в совмещенном процессе матричной и паровой конверсии // Журнал прикладной химии. — 2021. — Т. 64, № 7. — С. 874–881.

На автореферат поступили отзывы:

1. Отзыв на автореферат диссертации, подписанный доцентом кафедры технологии нефтехимического синтеза и искусственного жидкого топлива имени А.Н. Башкирова Института тонких химических технологий имени М.В. Ломоносова Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет», кандидатом технических наук **Антонюком Сергеем Николаевичем**. Отзыв положительный. К автореферату диссертационной работы имеются вопрос и замечание:

1). Оценивалось ли влияние содержания соединений серы в используемых видах углеводородных топлив на процесс?

2). В тексте автореферата не указаны физические свойства используемых матриц (порозность, плотность и т.д.).

2. Отзыв на автореферат диссертации, подписанный заведующим сектором № 3 разработки технологий каталитических процессов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Ордена Трудового Красного Знамени Института нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева Российской академии наук (ИНХС РАН), кандидатом

технических наук **Магомедовой Марией Владимировной**. Отзыв положительный. В качестве замечаний отмечено следующее:

1). На странице 7 автореферата автор говорит о «примерном составе пропан-бутановой смеси», при этом состав смеси указан с точностью до первого знака после запятой.

2). В тексте автореферата есть некорректный перенос текста (на страницах 7–8, 14–15), когда таблицы разрывают текст по середине предложения.

3). На странице 9 для технического кислорода не указан ГОСТ и концентрация основного вещества.

3. Отзыв на автореферат диссертации, подписанный профессором кафедры газохимии Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования Российского государственного университета нефти и газа (национального исследовательского университета) имени И.М. Губкина, доктором химических наук **Голубевой Ириной Александровной**. Отзыв положительный. У автора при чтении автореферата возникли следующие замечания:

1). Ряд экспериментов матричной конверсии метана проводился с использованием технического кислорода, степень чистоты которого не указана.

2). На рисунке 7 представлена зависимость температуры рабочей стороны матрицы, однако методика измерения температуры в тексте автореферата отсутствует.

4. Отзыв на автореферат диссертации, подписанный начальником технологического отдела Научно-производственной компании «Кедр-89», кандидатом технических наук **Ивановым Игорем Викторовичем**. Отзыв положительный. При чтении автореферата возникли вопрос и замечание:

1). Каков вклад гетерогенных процессов, протекающих на поверхности матрицы, на кинетику парциального окисления углеводов в условиях матричной конверсии?

2). В описании к рисунку 6 указано, что расчеты без введения воды в исходную смесь проводились с добавкой аргона, однако на представленных кривых аргон отсутствует.

5. Отзыв на автореферат диссертации, подписанный ведущим научным сотрудником лаборатории горения в высокоскоростных потоках Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федеральный исследовательский центр проблем химической физики и медицинской химии Российской академии наук, доктором физико-математических наук **Салганским Евгением Александровичем**. Отзыв положительный. По тексту автореферата указано следующее замечание:

1). В автореферате не указаны значения давлений при проведении экспериментов в конверторах низкого и высокого давлений.

6. Отзыв на автореферат диссертации, подписанный старшим научным сотрудником отдела гетерогенного катализа Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра Института катализа им. Г.К. Борескова Сибирского отделения Российской академии наук (ИК СО РАН), кандидатом химических наук **Потемкиным Дмитрием Игоревичем**. Отзыв положительный. Были указаны следующие замечания:

1). При матричной конверсии метана в качестве побочного продукта должен образовываться твердый углерод, однако его количество не указано.

2). В автореферате используются различные способы для характеристики отклонения от стехиометрии углеводородных смесей.

Единообразное обозначение могло бы существенно упростить восприятие материала.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что:

1. Официальный оппонент д.х.н. **Мордкович Владимир Зальманович** является одним из крупнейших специалистов в области процессов окислительной конверсии углеводородных газов. Им проводились исследования процессов на базе парциального окисления метана в синтез-газ. Кроме того, он является специалистом по каталитическим процессам получения ценных нефтяных продуктов из синтез-газа. Мордковичем В.З. было опубликовано значительное количество работ по синтезу жидких углеводородов в процессе Фишера-Тропша на кобальтовых катализаторах. Высокая научная квалификация Мордковича В.З., позволяет ему всесторонне оценить представленную диссертационную работу.

2. Официальный оппонент к.х.н. **Билера Игорь Васильевич** — признанный специалист в области кинетики газофазных процессов, протекающих при парциальном окислении углеводородов. В сферу его научных интересов входит получение синтез-газа в реакторах с повышенной теплонапряженностью, гомогенный пиролиз в условиях адиабатического сжатия, сажеобразование при пиролизе и окислении алифатических и ароматических углеводородов в ударных волнах, условия перехода горения углеводородов в детонацию. Билера И.В. является экспертом, который может по существу оценить диссертационную работу Озерского А.В.

3. Ведущая организация **Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химической кинетики и горения**

им. В.В. Воеводского Сибирского отделения Российской академии наук (ИХКГ СО РАН)) работает в области кинетики химических процессов и горения. Основными предметами исследований ИХКГ СО РАН являются: роль свободных радикалов и других активных промежуточных образований в гомогенных и гетерогенных химических процессах, новые физические методы исследования строения и химических свойств активных частиц, а также кинетика и общие закономерности сложных цепных процессов нефтехимического синтеза. Сотрудниками ИХКГ СО РАН опубликован ряд важных работ по кинетике химических реакций при высоких температурах и давлениях в процессах горения углеводородов и проведены фундаментальные теоретические и экспериментальные исследования ламинарного пламени. Высокая научная квалификация сотрудников ИХКГ СО РАН позволяет дать экспертную оценку представленной диссертационной работе.

Диссертационный совет отмечает, что в рассматриваемой работе диссертантом впервые экспериментально установлены основные параметры парциального газофазного окисления богатых смесей углеводородов C_{1-4} в условиях матричной конверсии при коэффициенте избытка окислителя $\alpha < 0.38$. Также на основе кинетического моделирования определена последовательность превращения углеводородов в процессе их матричной конверсии, включающей три последовательные реакционные зоны по длине реактора. Кинетическим моделированием выявлен основной маршрут риформинга метана в постпламенных зонах матричного конвертера. Проведена оценка влияния добавок водяного пара, монооксида углерода, синтез-газа на кинетику матричной конверсии метана.

Теоретическая значимость исследования состоит в разработке научных основ матричной конверсии газообразных легких углеводородов.

В эти основы входят исследования кинетики парциального окисления богатых смесей легких углеводородов в плоском пламени. В результате сопоставления экспериментальных результатов и результатов моделирования кинетики была показана эффективность используемых литературных моделей для описания процессов окислительной конверсии легких углеводородов в области умеренных температур.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики связано с реализацией практической возможности варьировать содержание азота в синтез-газе матричной конверсии метана за счет использования различных типов окислителей — кислорода, атмосферного воздуха и воздуха, обогащенного кислородом. Полученный синтез-газ может быть использован как в существующих, так и в перспективных малотоннажных газохимических процессах.

Оценка достоверности результатов исследования выявила обоснованность выводов работы, которые обеспечиваются использованием широко апробированных методов и подтверждаются воспроизводимостью полученных результатов при неизменных условиях экспериментов, критическим анализом полученных результатов, сравнением результатов моделирования кинетики процесса с экспериментальными данными, а также широкой апробацией материалов диссертации на научных конференциях. Ключевые результаты работы опубликованы в ведущих отечественных и зарубежных рецензируемых журналах, что также подтверждает высокий уровень проведенного исследования.

Личный вклад соискателя состоит в личном участии на всех этапах исследования, описанного в диссертации. Постановка целей и задач исследований осуществлялась непосредственно автором при участии научного руководителя. Экспериментальные исследования, в том числе отладка оборудования, проведение экспериментальных исследований,

анализ состава реагентов и продуктов, монтаж и модернизация установок матричной конверсии углеводородов проводились при его непосредственном участии. Термодинамический анализ и моделирование кинетики матричной конверсии выполнены лично автором.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1. В диссертации не показана возможность каталитического влияния материала матрицы на процесс конверсии углеводородов.

2. При изучении влияния добавок синтез-газа, оксида углерода и водорода в диссертации не учитывалось изменение коэффициента избытка окислителя при добавлении этих горючих газов. Поэтому результаты данных экспериментов следовало бы сравнивать с экспериментами без добавок при более низком значении коэффициента избытка окислителя.

Соискатель Озерский А.В. ответил на задаваемые ему вопросы и привел собственную аргументацию:

1. Исследование влияния материала матрицы на процесс матричной конверсии было проведено до начала данной работы. Данные материалы вошли в материал защищенной ранее кандидатской диссертации.

2. Изменение коэффициента избытка окислителя в этом случае не значительно, но в принципе вопрос поставлен правильно.

Диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует требованиям пункта 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 года, и «Изменениям, которые вносятся в Положение о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации № 335 от 21 апреля 2016 года, и принял решение присудить **Озерскому Алексею**

Валериевичу ученую степень кандидата химических наук по специальности 1.4.14 — кинетика и катализ.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 4 докторов наук по специальности 1.4.14 — кинетика и катализ, участвовавших в заседании, из 30 человек, входящих в состав совета, проголосовали:

за присуждение ученой степени — 20,
против присуждения ученой степени — нет,
недействительных бюллетеней — нет.

Председатель
диссертационного совета 24.1.243.02
доктор физико-математических наук



М.Г. Голубков

Ученый секретарь
диссертационного совета 24.1.243.02
кандидат физико-математических наук

С.Ю. Сарвадий

15 февраля 2023 года