

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Губина Сергея Александровича  
«Интенсификация углекислотной конверсии метана в реакторе с  
мембранным катализатором», представленной на соискание ученой степени  
кандидата химических наук по специальности 2.6.10. Технология  
органических веществ

Работа Губина С.А. посвящена изучению и определению причин, приводящих к интенсификации процесса углекислотной конверсии метана (УКМ) на мембранных катализаторах на основе карбида молибдена, определению особенностей механизма массопереноса веществ через поровую структуру мембранного катализатора в условиях УКМ. Данное направление исследований сегодня особенно актуально по нескольким причинам. Во-первых, получаемый в процессе УКМ синтез-газ имеет соотношение  $H_2:CO$  близкое к 1:1 и может быть использован в процессе Фишера-Тропша, синтезе диметилового эфира, этиленгликоля, и других ценных продуктов с одновременной утилизацией сразу двух парниковых газов (диоксида углерода и метана). Поэтому разработка перспективных с технологической и экономической точек зрения процессов нефтехимического синтеза актуальна для России сегодня. Во-вторых, проведение УКМ в мембранном реакторе с мембранным катализатором в режиме проточного контактора существенно ускоряется по сравнению с проведением его в обычном реакторе с неподвижным слоем катализатора. Наблюдаемый эффект (интенсификация реакции УКМ) при использовании мембранных катализаторов в большинстве научных работ не объясняется с точки зрения изменения механизма массопереноса в порах катализатора. Безусловно, изучение этой реакции при использовании мембранных катализаторов также является актуальной задачей.

В работе впервые было экспериментально доказано, что возникновение явления массопереноса (теплового скольжения) в поровом пространстве мембранного катализатора в условиях протекания УКМ является причиной

интенсификации этого процесса. Особенности теплового скольжения позволяют объяснить экспериментальные факты, наблюдающиеся в УКМ на мембранных катализаторах.

Расчетным путём установлено, что тепловое скольжение является физическим обоснованием установленной автором кинетической схемы УКМ. Математическое описание кинетической схемы УКМ позволило установить константы всех промежуточных стадий этого процесса. Проведенный кинетический анализ процесса УКМ на мембранном катализаторе позволил установить и объяснить «необратимость» гетерогенных стадий в режиме контактора изменением состояния реакционной среды.

Практическая ценность работы заключается в том, что использование мембранных катализаторов с поровой структурой, обеспечивающей возникновение и существование тепло- и массопереноса, основанного на тепловом скольжении, позволит создавать высокопроизводительные реакторы для УКМ. Полученные результаты позволяют приступить к масштабированию и проектированию аппаратов для получения синтез-газа и водорода из природного, сланцевого, попутного газа.

Научные положения, выводы, сформулированные в диссертации, обоснованы экспериментальными данными. Достоверность результатов проведенных исследований подтверждается использованием современных физико-химических методов.

Материалы, представленные в автореферате диссертации, опубликованы в ведущих рецензируемых научных журналах, индексируемых в системах цитирования Scopus и Web of Science, а также в тезисах докладов на научных конференциях.

По работе имеются следующие вопросы и замечания:

1) В своей работе автор приводит сравнение показателей процесса углекислотной конверсии метана при использовании мембранного и порошкообразного катализаторов, имеющих одинаковый химический и фазовый состав, но полученных разными методами. Не вернее ли было сравнивать мембранный катализатор и такой же, но измельченный?

2) Реализация в порах мембранного катализатора кнудсеновского

механизма массопереноса полностью обоснована, однако тогда возникает вопрос, в какой области (кинетической, внутри- или внешнедиффузионной) области протекает процесс? Были ли расчеты или предположения?

Указанные замечания не снижают значимость и ценность работы.

Полученные Губиным С.А. результаты имеют научную новизну, практическую значимость. Диссертационная работа соответствует требованиям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утверждённым приказом №103ОД от 14.09.2023 г. (с последующими редакциями).

Считаю, что Губин Сергей Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 2.6.10. Технология органических веществ.

Кандидат химических наук (05.17.07),

главный специалист

НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ

*В.Кислов*  
05.12.24

Кислов

Василий Романович

Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ)

Адрес: 105005, г. Москва, ул. Радио, д. 17. Телефон:(499)-261-86-77

E-mail: [admin@viam.ru](mailto:admin@viam.ru)

Подпись к.х.н. Кислова Василия Романовича  
удостоверяю.

Начальник Управления

«Научно-образовательная деятельность»

к.т.н., доцент



Свириденко

Данила Сергеевич