

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Озерского Алексея Валериевича на тему: «Кинетика процесса получения синтез-газа матричной конверсией углеводорода», представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.14 — кинетика и катализ.

Диссертационная работа Озерского Алексея Валериевича посвящена анализу кинетики процессов, протекающих при матричной конверсии углеводородных газов в синтез-газ. Данный способ парциального окисления углеводородов основан на интенсивной рекуперации тепла в теле матрицы, через которую в плоский фронт пламени проходит исходная реагирующая смесь. Такая организация процесса позволяет существенно расширить пределы горения. Практическая значимость работы заключается в возможности создания малотоннажных технологий переработки ресурсов нетрадиционных источников газового сырья в продукты с высокой добавленной стоимостью.

Диссертация А.В. Озерского состоит из введения, семи глав, формулировки основных результатов и выводов, списка литературы. Работа изложена на 127 страницах. Первой главой является литературный обзор, в котором рассмотрены способы конверсии углеводородов  $C_1$ – $C_4$  в синтез-газ, в литературные кинетические схемы по окислению углеводородов в соответствующих матричной конверсии условиях.

Вторая глава представляет собой экспериментальную часть. В ней описаны методики анализа газовых смесей, описаны экспериментальные методики проведения экспериментов матричной конверсии углеводородов. Также во второй главе для реактора идеального вытеснения указана методика кинетического моделирования процессов, протекающих при матричной конверсии метана.

Третья глава посвящена экспериментальному исследованию влияния различных входных параметров проведения процесса: коэффициента избытка окислителя  $\alpha$ , содержания кислорода в окислителе, состава углеводородной смеси на матричную конверсии. Показано, что при

матричной конверсии метана можно варьировать содержание балластного азота в получаемом синтез-газе за счет варьирования концентрации кислорода в окислителе.

В четвертой главе проведено моделирование кинетики и термодинамики метана без добавок и при введении компонентов синтез-газа ( $H_2$ ,  $CO$ , смеси  $H_2+CO$ ,  $CO_2$ ) и воды в различные точки конвертера. Показано, что при введении синтез-газа и водорода в исходную смесь приводит содержания ацетилена в получаемом синтез-газе, в отличие от добавок водяного пара, которые позволяют улучшить состав получаемого синтез-газа, за счёт ускорения послепламенного парового риформинга метана в газовой фазе.

В пятой главе экспериментально исследовано влияние добавок водяного пара на процесс. Введение паров воды при матричной конверсии метана позволило снизить содержание ацетилена и повысить отношение  $[H_2]/[CO]$  в получаемом синтез-газе, увеличить степень превращения метана, стабилизировать температурный режим внутри конвертера.

Шестая глава посвящена экспериментам каталитической паровой конверсии непрореагировавших углеводородов и монооксида углерода в составе синтез-газа, получаемом матричной конверсией. В выходящем газе совмещенного процесса достигнуто увеличение существенное увеличение содержания водорода, практически полная степень превращения углеводородов  $C_{2+}$

В седьмой главе представлен обзор различных способов применения матричной конверсии углеводородов. Предложены различные варианты получения нефтехимических продуктов (метанола, диметилового эфира, синтетической нефти в процессе Фишера-Тропша) и водородсодержащего газа.

В заключительной части диссертации приведены основные результаты и выводы

Диссертация написана хорошим языком, текст логически выстроен. Представлен большой объем иллюстративного материала.

Хотя уровень работы достаточно высок, к ней имеется ряд замечаний.

1. Диссертанту следовало более детально описать, что представляет собой материал матрицы, так как описание «подпрессованная фехралевая проволока» не дает достаточного понимания даже при том, что указан диаметр этой проволоки. В частности, матрица могла быть образована за счет регулярной укладки проволоки, навивки ее спиралью, через предварительную нарезку проволоки и т.д.
2. В разделе 4.2 в ходе анализа кинетики третьей стадии процесса диссертант указывает: «Однако без добавок  $\text{CO}_2$  в исходную смесь процесс углекислотного риформинга метана не оказывает значительного влияния на распределение продуктов МК». Остается неясным, о каких добавках идет речь, так как в разделе 2.1.1 в качестве возможных компонентов смеси указаны только воздух, метан, пропан-бутан, технический кислород и вода.
3. В диссертации описаны конвертор низкого давления и конвертор высокого давления, однако не разъяснено, какие преимущества дает проведение реакции в конверторе высокого давления, отсутствует сравнительный анализ экспериментов при разных давлениях.
4. В диссертации допущены отдельные опечатки и небрежности, в частности многократно употреблено слово «подпрессованный».

Указанные замечания не снижают практической и теоретической значимости диссертационной работы А.В. Озерского.

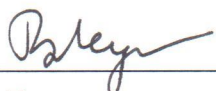
Содержание автореферата полностью соответствует диссертации. Опубликованные статьи в достаточной степени отражают суть и основные результаты работы.

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 № 335 от 21 апреля 2016 года. Представленная диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой проведены экспериментальное исследование и анализ кинетики процессов,

протекающих в газовой фазе при матричной конверсии углеводородных газов. Автор диссертации Озерский Алексей Валериевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.14 — кинетика и катализ.

Официальный оппонент:

Заведующий отделением углеродных наноструктур  
Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Технологический институт сверхтвердых и новых  
углеродных материалов (ФГБНУ ТИСНУМ),  
доктор химических наук

  
16.01. 2023

В.З. Мордкович

Отзыв заведующего отделением

Углеродных наноструктур д.х.н. Мордковича В.З.  
заверяю:

Директор ФГБНУ ТИСНУМ



  
С.А. Терентьев

16 января 2023 года

Адрес: 108840, г. Москва, г. Троицк, ул. Центральная, д. 7а

Тел.: +7 916 649 0738

E-mail: mordkovich@tisnum.ru