

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА

Д 212.204.08, созданного на базе Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук.

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета

от 18 июня 2019 года, протокол № 54

о присуждении Ермолаеву Илье Сергеевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Повышение эффективности процесса получения синтетических жидких углеводородов из природного газа» в виде рукописи по специальности 05.17.07 – химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ, технические науки, принята к защите 17 апреля 2019 года, протокол № 46, диссертационным советом Д 212.204.08, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (125047, Москва, Миусская площадь, 9, приказ о создании диссертационного совета от 22 сентября 2015 года № 1083/нк).

Соискатель Ермолаев Илья Сергеевич, 10 сентября 1983 года рождения, в 2005 году окончил Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет инженерной экологии» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Работает в должности научного сотрудника Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Технологический институт сверхтвердых и новых углеродных материалов» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена в Технологическом институте сверхтвердых и новых углеродных материалов Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор химических наук Мордкович Владимир Зальманович, гражданин Российской Федерации, заведующий отделом новых химических технологий и наноматериалов Технологического института сверхтвёрдых и новых углеродных материалов Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор Савостьянов Александр Петрович, гражданин Российской Федерации, профессор кафедры «Химические технологии» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Новочеркасск;

кандидат химических наук Вахрушин Павел Александрович, гражданин Российской Федерации, главный специалист службы исследований и разработок Общества с ограниченной ответственностью «Оргнефтехим-Холдинг», Москва,

дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский политехнический университет» Министерства

науки и высшего образования Российской Федерации, в своем *положительном* заключении, подписанном проректором по научной и инновационной работе Боровиным Юрием Михайловичем указала, что диссертация «Повышение эффективности процесса получения синтетических жидких углеводородов из природного газа» представляет собой завершенную научно-исследовательскую работу, выполненную на высоком научном уровне, на актуальную тему, в которой получены новые и важные сведения о создании энергоэффективных технологий получения жидких углеводородов. Диссертация соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Ермолаев Илья Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.07 – химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ (отзыв на диссертацию рассмотрен и утвержден на заседании кафедры «ХимБиоТех» 29 мая 2019 года, протокол № 7).

Соискатель имеет 6 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 6 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 6 работ. Недостоверные сведения об опубликованных работах в диссертации отсутствуют. Все работы выполнены в соавторстве, личный вклад соискателя составляет не менее 80 %. Общий объем публикаций по теме диссертации составляет 49 страниц.

Соискателем опубликовано 10 работ в материалах всероссийских и международных конференций и симпозиумов. Получен 1 патент. Монографий, депонированных рукописей, учебников и учебных пособий не имеет. Личный вклад соискателя состоит в поиске и анализе литературных данных по теме диссертационной работы, составлении моделей технологических процессов и их термодинамический анализ, формулировании основных выводов и результатов работ по теме диссертации; подготовке основных публикаций по выполненной работе.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Ермолаев И.С., Ермолаев В.С., Мордкович В.З. Обоснование выбора циркуляционных схем в технологии синтеза жидких углеводородов из природного газа // Теоретические основы химической технологии. 2013. Т. 47. № 2. С. 201–207. (Scopus)
2. Ermolaev I.S., Ermolaev V.S., Mordkovich V.Z. Efficiency of gas-to-liquids technology with different synthesis gas production methods // Industrial & Engineering Chemistry Research. 2014. Vol. 53. N. 7. P. 2758–2763. (Scopus)

На диссертацию и автореферат поступило 5 отзывов, *все положительные*. В отзывах указывается, что представляемая работа характеризуется высоким уровнем, имеет большое научное и практическое значение и по своей новизне и актуальности соответствует требованиям Высшей аттестационной комиссии.

В отзыве доктора технических наук Флида Марка Рафаиловича, генерального директора общества с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский инженерный центр «Синтез» в качестве замечаний отмечено, что в автореферате следовало привести технологическую схему процесса получения жидких углеводородов с применением технологий получения синтез-газа, в которых основным окислителем является кислород. Также в отзыве сказано, что в анализе были использованы базовые параметры процесса синтеза Фишера – Тропша и характеристика жидкого продукта, однако непонятно, почему взяты именно эти параметры и откуда они были получены. В работе в качестве критериев оптимизации были

выбраны углеродная эффективность и эксергетический КПД, при этом не учтены экономические затраты, связанные с оптимизацией процесса, поскольку данные затраты могут быть слишком велики.

В отзыве кандидата технических наук Соколова Евгения Владимировича, эксперта Центра Инжиниринга общества с ограниченной ответственностью «НИОСТ» в качестве замечаний отмечено, что в автореферате не указано, какие именно кобальтовые катализаторы рассматриваются в работе, что затрудняет сравнение полученных результатов соискателя с литературными данными. Также не приведено критериев верификации математической модели и ее точности. В сложных процессах с химическими превращениями более применим математический аппарат Aspen Plus, поэтому правильность выбора Hysys вызывает сомнение. Отсутствуют данные по аппаратурному оформлению установки на которой проводился термодинамический анализ технологии. Если все данные получены моделированием, следовало бы больше уделить внимания описанию использования математического аппарата, так как от этого напрямую будет зависеть точность полученных результатов.

В отзыве доктора химических наук, доцента Дьячковой Татьяны Петровны, профессора кафедры «Техника и технологии производства нанопродуктов» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный технический университет» в качестве замечания отмечено, что в автореферате не объяснено, какую роль играет вычисление эксергетического коэффициента полезного действия при решении поставленных задач.

В отзыве кандидата химических наук Черняка Сергея Александровича, старшего научного сотрудника кафедры физической химии химического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» в качестве замечаний отмечено, что в тексте автореферата показано, что изменение параметров ведения процесса сильно влияет на производство и потребление электроэнергии, однако сравнение схем основано на достижении максимальной эффективности переработки, без учета баланса электроэнергии. Было бы интересней сравнивать схемы, в которых обеспечен баланс электроэнергии. Также отмечено, что продукты синтеза представлены, в основном, жидкими углеводородами, однако, не дано рекомендаций по поводу дальнейшего применения продуктов синтеза Фишера – Тропша.

В отзыве доктора химических наук Булычева Бориса Михайловича, главного научного сотрудника, профессора того же факультета, в качестве замечания отмечено, что в автореферате никак не обосновано применение именно программы Hysys, в то время как поставленные задачи могут быть решены и другими средствами, не столь дорогостоящими. Также сказано, что обозначения потоков на рис.1 автореферата часто неясные («БЦ», «ПГ») или технологически неопределенные («горячая вода», «холодная вода» без указания температуры), а в названии работы, было бы более оправдано слово «оптимизация», а не «повышение»).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обоснован их высокой компетентностью, которая подтверждена значительным количеством научных публикаций в области изучения минеральных и синтетических углеводородов, топлив на их основе и процессов их получения, что позволяет оценить научную и практическую значимость диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- впервые проведены детальные сравнительные расчеты эффективности двухстадийных технологических схем получения синтетических жидких углеводородов из природного газа с применением различных способов получения синтез-газа и варьированием технологических параметров схемы и ее отдельных стадий;
- показано, что в базовых вариантах паровые схемы показывают большую углеродную эффективность (47,7 %), чем кислородные (34,13 %);
- установлено, что для схем на базе паровой конверсии применение циркуляции CO<sub>2</sub> увеличивает эффективность технологии. При этом более эффективно повышать температуру конверсии метана и снижать количество подаваемой воды. Оптимизация параметров синтеза Фишера – Тропша является более действенным способом повышения эффективности процесса, чем оптимизация параметров конверсии. Эффективность технологии при этом составит 48,5 %;
- установлено, что наиболее рациональным способом повышения эффективности является увеличение степени превращения CO на стадии синтеза с помощью возврата отходящего газа синтеза Фишера – Тропша обратно в реактор синтеза или двухступенчатой каскадной схемы синтеза с извлечением H<sub>2</sub> из синтез-газа. Для паровых схем данные способы приводят к одинаковому значению эффективности 55,55 %;
- показано, что при оптимизации кислородных схем можно переработать весь отходящий газ синтеза Фишера – Тропша. Вследствие этого достигается большая эффективность по сравнению с паровой конверсией. Таким образом, максимальная углеродная эффективность технологии получения жидких углеводородов из природного газа составит 68,53 %.

Теоретическая значимость исследования обоснована расширением представлений об энергоэффективности процессов получения жидких углеводородов и получении новых данных о двухстадийных технологиях переработки природных газов в синтетическую нефть, а также по взаимному влиянию отдельных стадий на эффективность переработки. В частности, показано, что несмотря на более низкую эффективность прямого получения жидких углеводородов в процессе синтеза Фишера – Тропша, правильное проектирование всего технологического процесса позволяет существенно повысить интегральную эффективность всей технологии, при этом существенно сократив технологическую цепочку переработки природного газа.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что результаты экспериментальных исследований могут быть использованы при подготовке исходных данных к проектированию новых энергоэффективных производств по получению синтетических жидких углеводородов из природных газов. По результатам работы была реализована демонстрационная установка мощностью 4100 т/год жидких углеводородов общества с ограниченной ответственностью «ИНФРА технологии». Практическое значение результатов работы также заключается в том, что они могут быть использованы для проектирования таких процессов, как получение водорода и метанола из природных газов, а также при разработке конструкций реакторов конверсии природного газа для получения синтез-газа и водорода с учётом изменения содержания C<sub>2</sub>-C<sub>4</sub> и окислителей.

Результаты работы могут быть рекомендованы для изучения и внедрения в научных и образовательных организациях, а также на действующих и вновь проектируемых предприятиях

по переработке природного газа в жидкие углеводороды и моторные топлива, в частности «Газпром», «Роснефть», «Новатек», «Газпромнефть» и др.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- моделирование рассматриваемой химико-технологической системы осуществлялось посредством лицензионного программного обеспечения;
- полученные результаты базируются на непротиворечивых уравнениях материального и теплового баланса, классических уравнениях термодинамики и экспергетического анализа;
- выводы диссертации обоснованы, не вызывают сомнения и согласуются с современными представлениями о повышении эффективности процессов переработки природного газа в жидкие углеводороды.

Диссертационный совет пришёл к выводу, что диссертация представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, в которой содержатся новые научно обоснованные технические решения, основанные на переработке природных и попутных нефтяных газов в жидкие углеводороды с помощью процесса синтеза Фишера – Тропша, имеющие существенное значение для развития страны.

По своему содержанию диссертация отвечает паспорту специальности 05.17.07 – химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ по следующим пунктам:

- по п. 2 – Технологии и схемы процессов переработки нефтяного сырья на компоненты. Конструктивное оформление технологий и основные показатели аппаратуры установок для переработки сырья. Технологии подготовки нефти к переработке. Энергосберегающие технологии. Технологии приготовления товарных нефтепродуктов;
- по п. 4 – Подготовка продуктов переработки нефти и газа для нефтехимического синтеза;
- по п. 12 – Экологические аспекты переработки топлив. Разработка технических и технологических средств и способов защиты окружающей среды от вредных выбросов производств по переработке топлив.

По актуальности, новизне, практической значимости диссертация соответствует требованиям, установленным «Положением о порядке присуждения ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 (с изменениями и дополнениями), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

На заседании 18 июня 2019 года, протокол № 54, диссертационный совет принял решение присудить Ермолаеву Илье Сергеевичу ученую степень кандидата технических наук по специальности 05.17.07 – химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 8 докторов наук по научной специальности и отрасли наук рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение учёной степени – 15, против присуждения учёной степени – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета

Ученый секретарь диссертационного совета



18.06.19

Т. В. Бухаркина

С.В. Вержичинская