

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

СТЕНОГРАММА

заседания диссертационного совета 24.1.193.01 (Д 002.110.02) на базе
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Объединенного института высоких температур Российской академии наук
(125412, г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2)
от 18 октября 2023 г. (протокол № 10)

Защита диссертации **Быстрова Никиты Сергеевича**
на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
«**Исследование кинетики окисления перспективных биотоплив**»

Специальность 1.3.14 - теплофизика и теоретическая теплотехника

Москва – 2023

СТЕНОГРАММА

заседания диссертационного совета 24.1.193.01 (Д 002.110.02) на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук (125412, г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2)

Протокол № 10 от 18 октября 2023 г.

Диссертационный совет 24.1.193.01 (Д 002.110.02) утвержден Приказом Минобрнауки РФ от 26 января 2022 г. № 86/нк в составе 31 человека. На заседании присутствуют 23 человек, из них 10 докторов наук по специальности 1.3.9 – физика плазмы и 12 докторов наук по специальности 1.3.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника. Дополнительно введены на разовую защиту 0 человек. Кворум имеется.

Председатель – зам. председателя диссертационного совета 24.1.193.01 д.ф.-м.н., профессор Андреев Н.Е.

Ученый секретарь – ученый секретарь диссертационного совета 24.1.193.01 к.ф.-м.н. Тимофеев А.В.

1	Петров О.Ф.	Академик, д.ф.-м.н.	1.3.9	Подключен
2	Андреев Н.Е.	Д.ф.-м.н., профессор	1.3.9	Присутствует
3	Храпак А.Г.	Д.ф.-м.н., профессор	1.3.14	Присутствует
4	Тимофеев А.В.	К.ф.-м.н.	1.3.9	Присутствует
5	Агранат М.Б.	Д.ф.-м.н., с.н.с.	1.3.14	Подключен
6	Амиров Р.Х.	Д.ф.-м.н., с.н.с.	1.3.9	Подключен
7	Баженова Т.В.	Д.ф.-м.н., профессор	1.3.9	Отсутствует
8	Вараксин А.Ю.	Чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., профессор	1.3.14	Присутствует
9	Васильев М.М.	Д.ф.-м.н.	1.3.9	Присутствует
10	Васильев М.Н.	Д.т.н., профессор	1.3.14	Подключен
11	Василяк Л.М.	Д.ф.-м.н., профессор	1.3.9	Присутствует
12	Воробьев В.С.	Д.ф.-м.н., профессор	1.3.9	Отсутствует
13	Гавриков А.В.	Д.ф.-м.н., доцент	1.3.9	Отсутствует
14	Голуб В.В.	Д.ф.-м.н., профессор	1.3.14	Присутствует
15	Грязнов В.К.	Д.ф.-м.н.	1.3.14	Отсутствует
16	Дьячков Л.Г.	Д.ф.-м.н.	1.3.9	Присутствует
17	Еремин А.В.	Д.ф.-м.н., профессор	1.3.14	Присутствует
18	Зейгарник Ю.А.	Д.т.н., с.н.с.	1.3.14	Подключен
19	Зеленер Б.Б.	Д.ф.-м.н.	1.3.9	Присутствует
20	Иосилевский И.Л.	Д.ф.-м.н., профессор	1.3.9	Подключен
21	Киверин А.Д.	Д.ф.-м.н.	1.3.14	Присутствует
22	Кириллин А.В.	Д.ф.-м.н., профессор	1.3.14	Отсутствует
23	Лагарьков А.Н.	Академик, д.ф.-м.н., профессор	1.3.9	Отсутствует
24	Левашов П.Р.	Д.ф.-м.н.	1.3.14	Присутствует
25	Ломоносов И.В.	Д.ф.-м.н., профессор	1.3.14	Отсутствует
26	Медин С.А.	Д.т.н., профессор	1.3.14	Подключен
27	Норман Г.Э.	Д.ф.-м.н., профессор	1.3.9	Подключен
28	Пикуз С.А.	К.ф.-м.н.	1.3.9	Отсутствует
29	Савватимский А.И.	Чл.-корр. РАН, д.т.н., профессор	1.3.14	Подключен
30	Филиппов А.В.	Д.ф.-м.н., профессор	1.3.9	Подключен
31	Яньков Г.Г.	Д.т.н., с.н.с.	1.3.14	Подключен

ПОВЕСТКА ДНЯ

На повестке дня защита диссертации научного сотрудника лаборатории № 19 – Неравновесных процессов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук (ОИВТ РАН) **Быстрова Никиты Сергеевича** на тему «Исследование кинетики окисления перспективных биотоплив». Диссертация впервые представлена на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника. Диссертация выполнена в лаборатории № 19 – Неравновесных процессов ОИВТ РАН (125412, г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2, jiht.ru).

Научный руководитель:

Еремин Александр Викторович – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией № 19 – Неравновесных процессов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук, г. Москва.

Официальные оппоненты:

Шмаков Андрей Геннадьевич - гражданин РФ, д.х.н., заведующий лабораторией кинетики процессов горения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского СО РАН (ИХКГ СО РАН; Россия, 630090, г. Новосибирск, Институтская ул. 3).

Смирнов Владимир Николаевич – гражданин РФ, д.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник отдела специальных материалов и технологий Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра химической физики им. Н.Н. Семенова РАН (ФИЦ ХФ РАН; Россия, 119991, г. Москва, ул. Косыгина, д. 4).

Ведущая организация:

Самарский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук (СФ ФИАН; Россия, 443011 г. Самара, ул. Ново-Садовая, д. 221).

На заседании присутствуют официальные оппоненты д.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник Смирнов В.Н. и д.х.н. Шмаков А.Г., научный руководитель Быстрова Н.С., д.ф.-м.н., профессор Еремин А.В.

СТЕНОГРАММА

Председатель

Добрый день, уважаемые коллеги! У нас сейчас должна состояться защита Никиты Сергеевича Быстрова, Слово ученому секретарю.

Ученый секретарь

(Высказывает регламент выступлений оппонентов и научного руководителя, зачитывает данные о соискателе по материалам личного дела и сообщает о соответствии представленных документов требованиям ВАК Министерства образования и науки РФ).

Председатель

Спасибо Алексей Владимирович. Теперь переходим, собственно, к основному этапу защиты. Никита Сергеевич, Вам 20 минут для ознакомления с вашей работой.

Быстров Н.С.

Выступает с докладом по диссертационной работе (выступление не стенографируется, доклад Быстрова Н.С. прилагается).

Председатель

Спасибо, Никита Сергеевич. Пожалуйста, вопросы к соискателю.

Князьков Д.А.

Вопрос такой: вот вы делали измерения, буквально вносили изменения в модель Коннова, 28 реакций изменили. А, в конечном итоге, эти изменения, они же проявились и при описании других характеристик, Вы что-то другое при этом проверяли? Я имею в виду ваши данные Вы описали, а как насчет других данных, на которых эти механизмы до этого были апробированы?

Быстров Н.С.

Вот, собственно, список реакций, которые были рассмотрены. И часть, поскольку он (*профессор Коннов А.А.*) – большой специалист в разработке моделей, мы опубликовали верификацию модели конкретно на наших экспериментах, но, независимо от этого он (*профессор А.А. Коннов*) также проверял свою модель и на всех других экспериментальных результатах. То есть мы к этой работе уже отношение не имели, но она (*кинетическая модель Коннова*) была верифицирована всех доступных экспериментальных результатах.

Князьков Д.А.

Все, спасибо!

Председатель

Еще, пожалуйста, вопросы.

Вараксин А.Ю.

Никита Сергеевич, очень интересное сообщение. Мне понравилось ваш вводный слайд, первый или второй, где было декларировано, что процент, такой большой, занимают углеводороды. Там внизу, где восклицательный знак, Вы говорите, что биотоплива, они по определению будут дороже углеводородов, поэтому вопрос такой: вот эти энергетические затраты на получение биотоплива, результаты вашей диссертации каким-то образом помогают дать ответ практикам или энергетике, куда двигаться чтобы было дешевле?

Председатель

А можно я продолжу этот вопрос? Поскольку в этой связке я также заметил, что в вашем слайде, Вы сказали, что на 30 процентов дороже или грязнее электромобили?

Быстров Н.С.

В пересчете на полный цикл грязнее, конечно.

Председатель

Но Вы работаете над тем, чтобы топливо было чище, наверное, с электроэнергетикой такая же ситуация? 30 процентов – это относительно сейчас. А какая динамика? Через сколько лет или вообще когда-нибудь будет электричество более чистым?

Быстров Н.С.

Я прочитал достаточно много обзоров. Я пока дальше можно Вам отвечу, пока мысль есть. Я прочитал достаточно много обзоров на эту тему и причины вот этой грязноты они достаточно понятны, потому что большинство электроэнергии, собственно, вырабатывается на угольных электростанциях, и, если брать те же обзоры энергетические – British Petroleum, там прекрасно показывают динамику строительства этих самых угольных станций. То есть вот эта вся альтернативная энергетика, которая пытается развиваться – до сих пор очень маленькие проценты, и вся энергия все-таки получается из угля. А уголь очень грязный, и в пересчете вот на конечные выбросы электричество – оно хуже.

Председатель

А у нас в Москве на газу.

Быстров Н.С.

Тоже хорошо. По поводу рекомендаций: в общем не сказать, что такие существуют, потому что это целое отдельное направление исследований. Наверное, у меня будет даже слайд на эту тему. Не знаю, будет ли тут что-то видно, но, собственно – это энергетические циклы со всеми видами электричества, зеленой энергии, биотоплив и так далее, в ходе которых можно получить полезную энергию по каким-то адекватным затратам (60 слайд). И вот улучшением и синтезом занимаются совсем отдельные люди, наверное, больше химики, поэтому конкретно из результатов моей работы не сказать, что это как-то влияет на улучшение каких-либо из биотоплив, но тенденции в этом направлении прекрасные. Они удешевляются буквально с каждым годом, с открытием новых методов синтеза, специальных бактерий, ферментации и так далее. Поэтому, если почитать, опять же, экономические обзоры, там все пишут о том, что мы слезем с нефтяной иглы только по экономическим причинам. И так или иначе мы придем к тому, что ископаемые углеводороды будут стоить дороже, чем то, что мы научились синтезировать. Оценку сроков дать не могу, но примерно что-то такое.

Председатель

Спасибо, еще вопросы, пожалуйста.

Левашов П.Р.

Вы показывали последний слайд (слайд 44) для фурана и не сказать, что качество описания моделями хорошее, а вот в предыдущем докладе много говорилось о сажеобразовании относительно как раз фурана – это как-то учитывается в кинетических моделях у Вас или здесь его вообще нет?

Быстров Н.С.

Сажи?

Левашов П.Р.

Да.

Быстров Н.С.

Ну, у нас смесь как раз разбавлена в миллионные части концентраций, поэтому сажа, речи, в общем, о саже быть не может – это все поздние времена и более плотные концентрации.

Левашов П.Р.

Ну, тогда все-таки есть у вас надежда получить описание, или как? С модификацией модели?

Быстров Н.С.

Чем мне лично нравится этот график (*слайд 44*). У нас достаточно большой опыт моделирования всевозможных соединений и, собственно, работы внутри этих моделей. И здесь получилось, что мы изменили всего одну константу, причем она – это диссоциация молекулярного кислорода и это реакция, которая входит в «кор-механизмы» и любой механизм будет ее содержать. И с изменением всего одной реакции произошло приближение прогнозов модели к данным (*экспериментальным*) до 40%. То есть в то же время мы выделили достаточно много реакций, тут вот (*слайд 44*), написано, что есть элементарная кинетика, которая по анализам чувствительности дополнительно эти профили, собственно, описывает. И вот уже для лучшего описания профилей, нужно, конечно, «копаться» в кинетике радикалов, с которыми эксперименты еще не наладились.

Левашов П.Р.

Тогда еще последний вопрос. Все-таки измерения довольно долгие, а у Вас в группе, я знаю, расчет проводятся. Есть план использования расчетных моделей для улучшения кинетических моделей.

Быстров Н.С.

Есть, но только в таких, более общих желаниях на будущее, пока времени нет, эксперимент занимает «львиную» долю времени на обеспечение той чистоты, которую мы называем. Она требует невероятного количества усилий, поэтому если кто-то когда-то будет заниматься чистотой вместо нас, мы может быть перейдем на численные расчеты.

Левашов П.Р.

Спасибо.

Председатель

Еще вопросы есть?

Киверин А.Д.

Никита Сергеевич, не могли бы немного пояснить по процедуре вашей адаптации модели. Насколько я понял, Вы сравниваете имеющиеся модели с Вашими экспериментальными данными, и причем в каких-то случаях, визуально у Вас хорошее согласие и прочее. Потом Вы проводите анализ чувствительности тех механизмов, которые уже построены, но, возможно в тех ситуациях, когда будет плохое согласие – видимо – это не очень правильный путь. То есть, наверное, имеет смысл как-то пересматривать модель в целом. Какие пути развиваются? Как Вы это аргументируете?

Быстров Н.С.

Дело тут в чем, считается, опять же, если почитать последние обзоры, в том числе обзор Ванга (*Wang et al. 2015*), о котором говорилось. Они напрямую говорят о том, что практически все реакционные пути известны, то есть и константы скорости для них даны. Поэтому проблемы, принципиально, две. В них либо отсутствуют какие-либо пути реакций, либо очень далекие (*от действительности*) в каких-то реакциях константы скорости. И сейчас говорят о том, что все пути реакций, практически, вот такой элементарной кинетики, известны и посчитаны. Поэтому проблема, непосредственно, в константах скорости.

Киверин А.Д.

То есть в этих механизмах есть все пути реакций?

Быстров Н.С.

Да, считается, что практически 99% путей известно, они все прописаны во всех моделях. Вот использовались иерархические (*модели*), как я уже говорил, они, в принципе, содержат по двадцать тысяч реакций и содержат всю кинетику, начиная от тяжелых биотоплив и заканчивая простейшими радикалами.

Киверин А.Д.

А какие параметры, непосредственно? Вот у Вас есть профиль, Вы его на каком-то слайде делили на несколько стадий (*слайд 32*), вот какие параметры у Вас все-таки для количественного сравнения использовались? Потому что это единственный график, а там, были, допустим, с более плохим совпадением с экспериментом. Вот как все-таки, какие параметры Вы как базовый репер использовали?

Быстров Н.С.

В качестве базовых параметров я всегда использовал экспериментальный профиль, потому что я им, в принципе, доверяю.

Киверин А.Д.

А какие вот именно, то есть длительность первой фазы?

Быстров Н.С.

Вот длительность фазы активного образования, собственно, всегда определялась до точки, когда появляется пиковая концентрация. Это, грубо говоря то, что показано здесь (*слайд 32*), характерно для всех графиков. И бралось не по моделям, модельному профилю, то есть также везде выделялись фазы образования по достижению пика, и потом, собственно, до падения пиковой концентрации в e раз там, где это возможно, а где невозможно – это 50% концентрации, 25% и так далее, но такие случаи были достаточно редки.

Киверин А.Д.

А оценку погрешности как Вы сделали, экспериментальную? Из чего она складывается? Вот то, что у Вас здесь отмечено, серым.

Быстров Н.С.

Погрешность – мы очень ответственно подошли к ее расчету. Еще при наших работах, когда мы измеряли элементарные константы скорости, там это очень важно, описать погрешности. Погрешность у нас очень многопараметричная, то есть там примерно 10-12 факторов, которые вкладывают в конечную погрешность. Она была посчитана, собственно, методом классических среднеквадратичных отклонений. И если хотите более конкретно, то я могу пару штук перечислить. Это вклад примесей, например в аргоне, там всегда есть водород, там всегда есть некоторое содержание CO. И вот эти вот

компоненты, они могут давать паразитное поглощение и могут оказывать влияние на кинетику наших профилей. И, собственно, мы с помощью кинетических моделей детально проверяли, как все эти примеси могут повлиять, оценивали паразитное поглощение, может ли что-то такое происходить. Также мы постоянно следим за уровнем натекания, оцениваем, сколько за время эксперимента может попасть к нам в ударную трубу воздуха. В воздухе N_2 и O_2 . Эти N_2 и O_2 также могут влиять на наш профиль, который мы регистрируем. И мы все это очень детально оцениваем, постоянно проверяем и контролируем.

Киверин А.Д.

Хорошо, спасибо.

Председатель

Да, Михаил Михайлович (*Васильев М.М.*), пожалуйста.

Васильев М.М.

Я сразу хочу поблагодарить за доклад. И простите, потому что у меня обывательский вопрос. Практически нет вопросов как к специалисту. Но начну я, мне вспомнилась шутка, когда Вы говорили о том, что основная электроэнергия у нас идет от сжигания угля. Есть такая шутка, когда люди обсуждают, что стоит поезд в поварнях с огромным количеством угля в вагонах. И два человека стоят и обсуждают, что это топливо для наших экологически чистых электромобилей стоит. Но мой вопрос с этим связан. Какова энергетическая цена в получении биотоплива. Не оказывается ли так, то есть сколько тон угля надо сжечь, чтобы получить тонну биотоплива? Вопрос актуальности, скажем так. В такой плоскости.

Быстров Н.С.

Спасибо за вопрос. Опять же в России это не очень развито, никто этим практически не занимается. Но уже лет как пять, и это называется специальной аббревиатурой, где собственно рассматривают энергетические циклы, чтобы учесть все вклады энергии, угля и так далее. То есть общая идея какая, вот здесь (*слайд 60*), то есть прежде всего это все-таки получить зеленую энергию из возобновляемых источников энергии, потом запасти ее в качестве биотоплива, потому что по-другому еще никто еще не придумал, и потом, собственно, это уже и жечь. То есть биотоплива использовать в каких-то практических целях. Сейчас, насколько мне известно, если более конкретно отвечать на Ваш вопрос. Была проблема с этанолом, он энергозатратный, его производство, но этих минусов, лишены, например, как раз те биотоплива, которые я рассматриваю. Способы их ферментации практически не требуют каких-то затрат энергии, и они все через бактерии получают ферментацией, и через сахар, в том числе через отходы и так далее. В общем сравнительно с первым поколением биотоплива, которым считаются этанол и метанол, те, которые рассмотрены у меня – это уже высшие спирты, они в этом плане намного более экологичны, то есть не требуют много энергии для производства.

Председатель

Спасибо, еще есть вопросы? Дистанционно у нас тоже нет ничего? Тогда мы считаем, что с вопросами завершили. Слово предоставляется руководителю, Александр Викторович Еремин, пожалуйста, о Никите Сергеевиче, как о человеке и соискателе, конечно.

Еремин А.В.

Так, о Никите Сергеевиче, как о соискателе и человеке. Никита пришел к нам 8 лет назад. И он сразу попал в очень плотный, такой высококвалифицированный коллектив, состоящий из очень опытного экспериментатора, Александра Емельянова, одно из самых, так сказать, выдающегося у нас сотрудника, которого мы все знаем, в конечном случае –

молодежь – Павла Яценко, проводящего великолепные эксперименты очень высокого качества, которые все, в основном, у нас в Q1 (*высший квартиль рецензируемых журналов*). И у меня была сразу некоторое опасение, что сумеет ли Никита занять положение в таком плотном, высококвалифицированном коллективе. Тем более, надо сказать, что Никита человек очень скромный, и, в отличии от большинства людей, он не торопится продемонстрировать начальству и там, коллегам, свои успехи. И не сразу видно, насколько успешно человек работает, много результатов получает. И Никита, вот, например, кроме основной своей работы, взялся оформить сайт нашей лаборатории, и по отзывам наших коллег – этот сайт они считают образцовым. Но сделать сайт – это пол дела, Никита, несмотря на большую загрузку по основной работе, умудряется поддерживать этот сайт. Поддерживать актуальную информацию. И это, значит, все время проявлялось, и больше, и больше, и Никита довольно быстро сумел занять свое место в этой команде, которое выразилось сегодня в представлении диссертации. Но я рассказываю о диссертации, а не о Никите. Только еще одно. Не знаю, обратили ли Вы внимание, но Никита взялся улучшить константу скорости диссоциации кислорода, представляете? Десятки лет лучшие лаборатории мира занимаются этой константой, которая важнейшую роль играет в горении. Я тоже могу сказать, что сначала так осторожно к этому относился, ну куда там, к опыту нашей старой жизни с бедным оборудованием. Думал, ну как мы сможем это сделать? Но вот тщательность, последовательность работы Никиты дала свои плоды. Эта работа была очень быстро принята недавно в «Combustion and Flame» – основной журнал по горению, с высоким импакт-фактором, Q1. Вот она, буквально неделю назад уже была опубликована. Прошла рецензирование очень быстро, то есть сообщество горения быстро оценила, что действительно, в наших условиях нам удалось в 3 раза увеличить точность этой константы, над которой бились в лучших лабораториях мира. Это дорогого стоит, мы, конечно, очень гордимся, что Никите это удалось. Все довести до такого результата. Все остальное говорить не буду, оно говорит само за себя. Добавлю еще вот что, когда Никита первый вариант диссертации мне принес, у него было 260 страниц и 500 ссылок, побереги оппонентов. Уговорил с трудом его часть перенести в дополнительный материал, ну, 500 ссылок осталось, извините уж, оппоненты. Все это видели. Ну, в общем, я думаю, что все говорит само за себя. Я думаю, что можно пожелать Никите дальнейших успехов. Он очень активно работает. Я думаю, будут такие же удачные результаты. Всех призываю поддержать эту работу.

Председатель

Спасибо, Александр Викторович. Алексей Владимирович (*ученый секретарь*), письменные отзывы у нас еще есть, пожалуйста.

Ученый секретарь

Дорогие коллеги, имеется заключение организации, где выполнялась работа, от Института высоких температур (*ОИВТ РАН*). Заключение сопровождается выпиской и протоколом из семинара Олега Федоровича (*семинар ОИВТ РАН под руководством академика Петрова Олега Федоровича*). **Заключение положительное**, говорит о соответствии специальности, подробно описывает работу, ну и в других отзывах также есть описание работы. Если Вы позволите, я пропущу, так как мы уже заслушали работу. Подтверждается соответствие работы специальности 1.3.14 и рекомендуется диссертации Никиты Сергеевича к защите на соискание ученой степени кандидата физ.-мат. наук по специальности 1.3.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника. Также в деле имеется отзыв ведущей организации. Ведущей организацией выступил Самарский филиал Физического института им. Лебедева (*СФ ФИАН*). Отзыв составлен старшим научным сотрудником самарского филиала, PhD Антоновым Олегом Ивановичем и подписан как директором самарского филиала Аязовым Валерием Николаевичем, так и директором основного ФИАН Николаем Николаевичем Колачевским. В отзыве ведущей

организации очень подробно описана и актуальность, и новизна, и объем, и структура, но также указаны замечания по положениям. Если позволите, я на них сделаю акцент и зачитаю, а остальные моменты пропущу. Диссертация ясно и четко сформулирована, хорошо оформлена, но имеется несколько небольших замечаний.

Первое. В тексте диссертации, в формуле (2.20), не раскрыта зависимость сечения поглощения и калибровки от давления, что ограничивает применимость полученных калибровочных кривых экспериментальной установкой, используемой в работе и узким диапазоном экспериментальных параметров.

Второе. Для кинетического моделирования по некоторым из исследуемых биотоплив могли быть использованы дополнительные, присутствующие в литературе, перспективные химические кинетические модели горения биотоплив (например C_3Mech).

Третье. Несколько из обзореваемых химических соединений представлены некорректно, например 3-бутанол, в то время как верным обозначением является – трет-бутанол.

Четвертое. Текст диссертации содержит некоторое количество опечаток.

Пятое. На ряде рисунков (например, 2.4-2.10 и др.) подписи данных в легенде и подрисуночном тексте выполнены на английском языке, в то время как в основном тексте с описание приведенных данных – на русском. Следовало бы все надписи сделать на русском языке.

В качестве пожеланий можно отметить, что особый дополнительный интерес представляли бы эксперименты каждого из биотоплива как с O_2 , так и с N_2O в качестве окислителя; сравнение данных по кинетике окисления одного и того же биотоплива с различными окислителями обладает вспомогательным потенциалом обнаружения закономерностей в кинетике окисления исследуемых биотоплив. **Отмеченные замечания и мелкие опечатки не влияют на высокую положительную оценку диссертационной работы и не снижают научную и практическую значимость проведенных обширных исследований.** Также отмечается, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует всем критериям, установленным п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней № 842 от 24.09.2013г., а ее автор Быстров Никита Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.14 - теплофизика и теоретическая теплотехника. Подобное последнему тексту, о соответствии критериям и положениям о порядке присуждения степеней присутствуют и в остальных отзывах. Поэтому, если позволите, я буду пропускать, они подразумеваются. Кроме отзыва ведущей организации, нами **получено 6 отзывов на автореферат. Сразу скажу, что все отзывы положительные, и во всех отзывах есть замечания.**

(Первый отзыв) Первый отзыв получен из Томского Государственного Университета (ТГУ) от доцента кафедры физической и вычислительной механики механико-математического факультета ТГУ **Касымова Дениса Петровича. Отзыв положительный.** Замечания зачитаю.

В замечаниях следует отметить незначительное количество пунктуационных и орфографических опечаток. Также соискателю следовало бы придерживаться единого формата в оформлении рисунков: легенды, в зависимости от рисунка, выполнены либо на русском, либо на английском языке. Тем не менее, замечания носят рекомендательный характер и не снижают общей положительной оценки автореферата и значимости диссертационной работы.

(Второй отзыв) Следующий отзыв получен от начальника отдела и старшего научного сотрудника отдела ЦИАМ от **Леонида Самойловича Яновского**, доктора технических наук, и кандидата технических наук **Молоканова Александра Александровича**. Есть замечания.

Первое. Называть рассмотренные в работе спирты – биотопливами некорректно, поскольку в чистом виде применяться в технике они не могут, топлива всегда включают ряд компонентов, в т.ч. присадки, улучшающие его эксплуатационные свойства.

Второе. В качестве объектов исследования в работе не рассмотрен этанол, между тем в странах Латинской Америки этанол находит широкое применение в технике и считается перспективным компонентом топлива.

Третье. Помимо базовых компонентов биотоплив большое значение на ход процесса окисления оказывают входящие в состав присадки, что следует учитывать при выполнении работ по исследованию кинетики окисления биотоплив. **Отзыв положительный.**

(Третий отзыв) Следующий отзыв на автореферат получен от заведующего кафедрой химической физики НИЯУ МИФИ, от доктора физ.-мат. наук, профессора, **Сергея Александровича Губина.**

Сразу перейду к замечанию. Из текста автореферат понятно, что в качестве окислителя использовались либо молекулярный кислород, либо закись азота, однако не совсем ясно из каких побуждений выбирался тот или иной окислитель для конкретного вида биотоплива, поскольку н-пентанол, например, исследовался и обеими окислителями, в то время как остальные спирты только с N_2O , а фурановые соединения только с O_2 . Автору следовало бы охарактеризовать такую специфику составления смесей в автореферате. Также текст автореферата содержит небольшое количество незначительных опечаток. **Отзыв положительный.**

(Четвертый отзыв) Следующий отзыв получен из Московского государственного университета (МГУ) от профессора кафедры молекулярных процессов и экстремального состояния вещества, доктора физ.-мат. наук, профессора, **Александра Викторовича Уварова.** **Отзыв положительный.**

Замечание. Хотелось бы отметить, что вывод о наличии различных по эффективности режимов сгорания желательнее было более четко продемонстрировать в автореферате с примерами, полученными из экспериментов и расчетов, подчеркивающими именно кинетическую сторону процесса на основе анализа режимов сгорания с учетом оксидов углерода, серы и, конечно, NO_x , особенно важной с точки зрения трудностей борьбы с оксидами азота.

(Первый отзыв) Следующий отзыв получен от главного научного сотрудника Института гидродинамики им. Лаврентьева (ИГиЛ СО РАН), доктора физ.-мат. наук, профессора, **Анатолия Александровича Васильева.**

Основное замечание к автореферату – «микроскопический» шрифт на рисунках.

Из научных напрашивается вопрос о том, как изменятся кинетические константы скорости диссоциации кислорода $O_2 + Ar = 2O + Ar$ при замене аргона на иной инертный газ, например гелий или азот. **Отзыв положительный.**

(Шестой отзыв) Также отзыв получен из МГТУ им. Н.Э. Баумана от заведующего кафедрой теплофизики, доцента, доктора физ.-мат. наук, **Чиркова Алексея Юрьевича.** Имеются некоторые замечания.

Первое. В целях и задачах обозначены в том числе и теоретические исследования, однако, что именно автор относит к теоретическим исследованиями, и каковы их результаты из текста автореферата, включая выводы, не вполне ясно.

Второе. В результате тестирования существующих кинетических моделей были ли выработаны какие-то либо рекомендации по их применению. Указанные замечания не снижают впечатления от работы и в целом не влияют на ее высокую значимость и достоверность представленных результатов. **Отзыв положительный. И также, как и в остальных отзывах, приводятся слова о соответствии критериям и положениям о порядке присуждения степеней.** На этом отзывы на автореферат закончены.

Председатель

Спасибо. Никита Сергеевич, Вам слово.

Быстров Н.С.

Спасибо. Начну я с замечаний ведущей организации (СФ ФИАИ). Вопросы представлены на слайдах (слайды 62-68). То же самое будет с отзывами на автореферат. Черными я подчеркнул – это те, на которые я буду давать комментарии. На некоторые я также дал некоторое письменное описание. Соответственно, все невыделенные замечания – это минорные, которые я упоминать не буду, с ними я по умолчанию согласен. Касательно первого вопроса.

Полученная калибровка действительно релевантна только для измерений на нашей экспериментальной установке и не может быть использована для перевода поглощений, полученных на других АРАС-диагностиках. Так же, как и мы не можем использовать чьи-либо другие калибровочные кривые – это специфика всех АРАС-измерений. Можно сказать, что это цена за точность. По зависимости калибровки от давления, она учитывается по умолчанию, поскольку во всех экспериментах диапазон давлений составляет от полутора до трех бар и соответствует температурам от пяти двух тысяч кельвинов соответственно. В тексте диссертации об этом действительно было сказано только косвенно при указании параметров основных и калибровочных серий. По второму вопросу. Да, модель мне известна, однако версия этой модели, которая содержала кинетику высших спиртов вышла только в 2022 году, когда большинство результатов уже было получено и промоделировано, но, что пожалуй является более важным, она также основана на более детальной модели Полими, которая итак уже была использована, поэтому в результаты диссертационной работы было принято решение ее не включать, но для дальнейших исследований она будет интересна.

Здесь, по первому вопросу у нас с Алексей Юрьевичем была небольшая дискуссия по поводу того, можно ли считать модели теорией, если они наполовину состоят из теоретических оценок, и пришли к мнению, что можно, однако более удачным было бы назвать результаты численными. Более того, модели также использовались для оценки скоростей разложения биотоплив и детальной оценки влияния примесей на наши измерения. По второму вопросу. Объем автореферата, к сожалению, не позволил включить в него соответствующие рекомендации, однако они были выработаны и обособлены в отдельном разделе диссертации. Например, при окислении тетрагидрофурана при низких температурах лучше работает модель Ву (*Wu et al., 2019*), а при высоких модель Сомерса (*Somers et al., 2013*).

Здесь, по первому вопросу Леонид Самойлович прав, абсолютно. В чистом виде в качестве топлив они не используются и вряд ли в скором времени будут использоваться, поскольку ископаемые углеводороды никуда не уйдут еще минимум 50 лет – этот тезис достаточно подробно раскрыт в тексте самой диссертации, однако с точки зрения названия класса – это достаточно устоявшееся определение. По второму вопросу. Этанол действительно очень широко распространён в качестве топлива как минимум в Бразилии, где законодательно регламентированы топливные смеси с двадцатью пятью процентами спирта. Это вызвано спецификой местной экономики, когда этанол дешевле бензина. Тем не менее, во-первых, он уже достаточно хорошо исследован, в том числе АРАС-методом, во-вторых, не является оптимальной добавкой, поскольку имеет достаточно много проблем не только технического, но и социального характера, на эту тему написано много серьезных статей и также достаточно подробно рассмотрено в тексте диссертации. По третьему вопросу. Это действительно так, однако основной задачей исследований являлось исследование именно элементарной кинетики конкретного биотоплива, а не суррогатных топливных смесей. Поскольку кинетические модели строятся по иерархическому принципу, добавление блоков элементарной кинетики соответствующих биотоплив как раз и будет способствовать развитию моделирования реальных топлив.

По следующему замечанию. Изначальная цель работы состояла в исследовании окисления биотоплив исключительно атомарным кислородом, однако позже была расширена и молекулярным, поскольку модели окисления высших эфиров с NO_x появились совсем недавно, а для фуранов, например, отсутствуют до сих пор, вследствие чего их окисление исследовано только в смесях с молекулярным кислородом.

По следующему замечанию, Александр Викторович очень уместно отметил этот момент, однако такие конкретные выводы о чистом и эффективном горении сделать сложно, поскольку исследуемые смеси и термодинамические параметры все же далеки от реальных условий сжигания. Исследования направлены прежде всего на элементарную кинетику, в соответствии с которыми и были выбраны настоящие химические и термодинамические условия, а полученные кинетические данные уже могут лечь в основу будущих всеобъемлющих моделей горения углеводородов, которые и приведут к оптимальным топливным смесям и параметрам горения, обеспечив чистое и эффективное горение.

И по последнему замечанию, насчет скорости диссоциации. Собственно, скорость диссоциации O_2 в большинстве кинетических моделей записывается через буферный газ M и включает в себя коэффициенты столкновительных эффективностей для основных атомов и молекул. Относительно аргона, константа скорости диссоциации O_2 в N_2 увеличится вдвое, что измерено Роттом и соавт. АРАС-методом, а в He практически не изменится, поскольку столкновительные эффективности He с Ag очень близки.

Председатель

Спасибо, Никита Сергеевич. Теперь заслушаем мнения оппонентов. И я прошу, прежде, Андрея Геннадьевича Шмакова сообщить нам свое мнение.

Быстров Н.С.

Андрей Геннадьевич (*Шмаков А.Г.*), я Вам также могу вывести слайд, если Вам будет удобно. Я их несколько подсократил.

Шмаков А.Г.

Уважаемые коллеги, я внимательно с удовольствием ознакомился с диссертацией Никиты Сергеевича. И с формальной точки зрения я не буду повторяться, что она полностью соответствует всем требованиям ВАК и хотел отметить некоторые факты. Во-первых, это действительно актуальная работы, потому что во всем мировом научном сообществе тема биотоплив активно исследуется и полученные результаты являются чрезвычайно ценными по ряду причин. Во-первых, использован метод, который представляет собой, как уже говорилось, «золотой стандарт» химической кинетики и результаты, полученные с его помощью, являются чрезвычайно точными и важными. Во-вторых, полученные результаты измерений констант скоростей реакций биотоплив, перечисленных при исследовании данной работы, они представляют ценность для журналов и баз данных по химической кинетике. В частности, базы данных национальных данных кинетических данных NIST. Также хотелось отметить тот результат, что с экспериментальной точки зрения уточнение процедуры измерения потребовала от экспериментатора скрупулёзности, в частности, приведения данных по температурной зависимости калибровочных коэффициентов по поглощению. Оно является на мой взгляд очень важным вкладом в экспериментальную методику. Помимо этого, я хотел также сказать, что доработка химико-кинетических механизмов, выполненная на основе полученных данных, как Вы уже все прекрасно видели, выражена по публикациям в высокорейтинговых международных журналах и признана, можно сказать, мировым научным сообществом и представляет большую ценность. Таким образом, хочется сказать, что проведенная Никитой Сергеевичем работа заслуживает того, чтобы присудить ему степень кандидата физико-математических наук.

Среди замечаний, которые я сформулирован, по такому существу, сказать мало, что можно, единственное замечание касается процедуры экспериментального измерения, связанная с тем, что при изучении окисления фурана, неожиданно обнаружено значительный экспериментальный шум, и причины этого экспериментального шума в

диссертации нигде не описано, и, в связи с этим, было сформулировано замечание и вопрос в отзыве.

Далее, есть ряд терминологических замечаний, связанных с тем, что тема биотоплив, она перенесена и на биогаз и биометан. В данной диссертации, собственно, рассматривается окисление самого метана атомарным кислородом, в то время как биометана – это все же смесь метана с СО и водородом.

Кроме того, существует ряд опечаток с некорректным указанием химических уравнений, но это, я понял, из пояснений Никиты Сергеевича, связано с опечатками.

И в выводах сформулировано утверждение, что в качестве окислителя были использованы кислород и закись азота, однако, по факту, в рукописи приведены данные только для одного или другого окислителя – это также чисто такое замечание, которое не умоляет, ни в коей степени, полученных результатов и в заключении своего выступления я хотел бы сказать, что диссертация «Исследование кинетики окисления перспективных биотоплив» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует всем критериям, установленным положением о присуждении ученых степеней, а ее автор, Быстров Никита Сергеевич, заслуживает присуждения степени кандидата физ.-мат. наук по специальности 1.3.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника.

Председатель

Спасибо. Никита Сергеевич, пожалуйста.

Быстров Н.С.

Спасибо, Андрей Геннадьевич. Я тогда, собственно, дам комментарии по первому и шестому вопросу, поскольку по 2-5, в диссертации присутствует около 150 формул и в какой-то момент у меня уже «замылился» глаз, и я упустил некоторые буквы. Спасибо Андрею Геннадьевичу за то, что внимательно все посмотрел и все это обнаружил. Теперь, по поводу пульсаций, то – это однозначно особенности конкретных низкотемпературных экспериментов в фуране, где наложились два фактора:

Во-первых, это более низкое соотношение сигнал/шум из-за низких величин измеряемых поглощений, то есть полезного сигнала, что характерно для любых АРАС-измерений.

Во-вторых, поскольку мы постоянно работаем над повышением чувствительности диагностики, серия экспериментов с фураном проводилась с более тонкими диагностическими MgF_2 -окнами, которые должны были ее повысить, однако, чистота и величина пропускания MgF_2 , заявленные производителем, оказалась отличными от действительных величин, что и привело к ухудшению интенсивности нашего опорного сигнала. Чтобы компенсировать потерю сигнала, напряжение на ФЭУ было увеличено до 1700 В. Это, соответственно, привело к дополнительному ухудшению соотношения сигнала/шум.

И с замечанием и/или я также согласен, поскольку при попытке обобщить все смеси одной фразой, я несколько неудачно выбрал формулировку. Окислители имелись в виду по отдельности, а не совместно и Андрей Геннадьевич (*Шмаков А.Г.*) также предложил более корректные формулировки, чтобы в дальнейшем не путать ни читателей, ни других людей, которые будут знакомиться с материалом. У меня на этом все.

Председатель

Спасибо, Никита Сергеевич, я попрошу второго оппонента официального, Смирнова Владимира Николаевича, сказать свое заключение.

Смирнов В.Н.

Уважаемый совет, я не буду останавливаться на содержании диссертации, она достаточно полно была отражена в заглавии соискателя. Не буду также про формальные характеристики, как актуальность, она хорошо прописана в реферате и хотел бы сказать несколько слов о том, что понравилось в этой работе. Мне понравилась прежде всего тщательность эксперимента – это высокий вакуум, это очень тщательные калибровки, и, во-вторых, многократные эксперименты, то есть каждая система проверялась и перепроверялась. То есть эксперименты у меня не вызывают никаких сомнений. Эксперимент обширен, по истине обширен, и, конечно, частично, был самым автором проанализирован, но поскольку существует большое количество кинетических схем, то он (*Быстров Н.С.*) создал огромное поле для, так сказать, сообщества горения, модельных кинетиков в области горения и высокотемпературной кинетики. Далее, это очень тщательный подробный литературный обзор, я в докторских диссертациях не видел такого подхода к литературе. Действительно, вот эти 500 ссылок, они, конечно, потребовали огромной работы и огромного внимания. Еще, что привлекает, это удачное сочетание эксперимента и расчетного подхода, ну, теоретическим его назвать нельзя, здесь просто используются современные кинетических схемы. Я сказал положительное, теперь бы хотел сделать несколько замечаний. Чтобы сократить время, я их просто прочитаю.

Первое. Одним из достоинств работы является обширный, детальный обзор литературы. Однако он несколько перегружен сведениями, касающимися тенденций развития топливной промышленности и экологии, которые сами по себе интересны, но далеки от темы диссертации.

Второе. Основными критериями оценки относительного вклада реакций в наработку и потребление атомов кислорода служили усредненная скорость производства/потребления атомов кислорода, и усредненные по этим периодам нормированные чувствительности. Однако эти процедуры четко не описаны в тексте диссертации.

Третье. Ацетилен является одним из основных продуктов распада исследованных соединений. По этой причине были проведены спец. эксперименты по его окислению. Однако есть и другие важные продукты распада, в частности, метильные радикалы. Почему их окисление не исследовалось?

И предложение использовать озон как источник атомов кислорода, что позволило бы существенно расширить температурный диапазон измерений.

Тем не менее, сделанные замечания не снижают общего положительного впечатления о диссертационной работе и, я считаю, что Быстров Никита Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника.

Председатель

Спасибо, Владимир Николаевич. Пожалуйста, Никита Сергеевич.

Быстров Н.С.

Владимир Николаевич, спасибо за ценные замечания. Пойду я по порядку, и собственно, начиная с первого, я с вами абсолютно согласен, обзор действительно получился несколько выходящим за рамки кинетики, поскольку хотелось также обосновать перспективы биотоплив с экономической, социальной и энергетической точек зрения, не говоря уже об экологии.

По второму замечанию. В тексте диссертации действительно не указано, что использовались именно интегральные анализы путей образования и чувствительности, а только их существование. То есть, как уже говорилось в презентации, выбирались фазы образования и потребления, где с каждого момента времени накапливалась или расходовалась концентрация атомов кислорода по каждой элементарной реакции – это если говорить об анализе путей реакции. С точки зрения чувствительностей, то это пересчет частных производных концентрации атомов кислорода по каждой константе скорости элементарных реакций внутри модели. Значения при этом нормированы на локальную

концентрацию атомов кислорода по каждому моменту времени. В литературе, конечно, чаще встречается локальный кинетический анализ, то есть только в какой-то характерной точке, у нас это был бы пик профиля, однако интегральные, на мой взгляд, куда более информативны.

По третьему замечанию. Подобные эксперименты с метильным радикалом намного труднее реализовать, поскольку нужен идеальный прекурсор, который бы не давал других активных радикалов, чтобы не усложнять элементарную кинетику. Мы занимались этой задачей и в качестве прекурсора использовали диметилэфир и диацетил, однако это, тем не менее окисление соответствующих эфиров, а не метильного радикала. Для реализации подобных экспериментов будет крайне полезен импульсный лазерный фотолиз, и мы как раз заканчиваем дооснащение установки, поэтому это вполне может стать предметом будущих исследований.

По поводу озона, как мне кажется, могут возникнуть некоторые проблемы с его высокой реакционной способностью и при диссоциации он дает в том числе и молекулярный кислород, что усложнит исследуемую кинетику, однако его, конечно же, можно рассмотреть, как интересный окислитель для наших экспериментов и запланировать дальнейшие исследования. У меня все.

Председатель

Спасибо, Никита Сергеевич. У нас время для дискуссии, кто хочет высказаться, пожалуйста.

Вараксин А.Ю.

Решил сказать пару слов. Поскольку находимся в стенах Института, который является головным отделением энергетики Российской академии наук, поэтому то, что будет сказано, будет особенно полезно молодому человеку (*Быстрову Н.С.*). Значит энергетика – сложное направление, оно включает по известному определению изначально физику плюс экономику. На самом деле все сложнее, поскольку выпускники технических ВУЗов, Вы понимаете, о чем я сейчас говорю (*соискатель закончил технический ВУЗ - МГТУ им. Н.Э. Баумана*), мы понимаем, что есть «красивая» физика. Ваша работа, за которую я буду голосовать «за» — это прекрасный пример «красивой физики», красивых физических явлений. Дальше то, как это технически реализуется, можно ли это сделать, чтобы это было в «железе» — это техника. Третье составляющее – это экономика, это вообще далековато от нашего направления. Имеется ли экономическая целесообразность, если не имеется, то это не будет товаром рыночным, мы не сможем это продать, то есть это не будет конкурентноспособным. Сейчас еще четвертая составляющая добавилась — политика. Мы живем в совершенно жуткой геополитической ситуации. Поэтому, когда Вы говорите, или кто-то говорит, что эра газа заканчивается, и идет эра возобновляемых источников, то это надо хорошо себе представлять. Эра газа закончится может только там, где газ заканчивается или газа изначально не было, то есть в России – это 500 лет, тысячу лет. Месторождения нефти много, угля – 20% мировых запасов. Когда Вы говорите про биотоплива – это мне импонирует, я делал акцент, но, к сожалению, частично упустил Ваш ответ из-за дискуссии с коллегами. Извиняюсь. Поэтому, когда мы говорим об этом, мы должна представлять себе цепочку преобразования энергии. Если мы изначально берем электрическую энергию на получение биотоплив из «розетки», где, как известно, КПД электричества крайне низкий, 30-32%. И потом идет цепочка биотоплива и т. д. Это плохая цепочка, неправильная. В продолжении Михаил Михайловича (*Васильев М.М.*), вопрос задал тоже, Вы сказали, что в «розетке» все зеленое нужно. Если «розетка» вся зеленая будет, надо тоже отдавать себе отчет, что, с точки зрения известных теоретических вещей, у нас КПД, ограниченное еще классиком Николаем Егоровичем Жуковским, КПД «ветряка». Есть понятие коэффициент используемой установленной мощности, если говорить про Солнце, то оно еще ниже, 0.3-0.2. И цепочка еще вся удлиняется. Я к тому, что планета Земля – население растет, и, возвращаясь к четвертой составляющей –

геополитической, в которой мы вообще не специалисты. Но, нам надо ее учитывать, и задуматься, если мы говорим про энергетику, потому что когда мы уповаем на технологические прорывы или технологические революции, я имею в виду «термояд» (*термоядерная энергетика*) то, безусловно, нужно вспоминать, что «термояд» и все наши топлива солнечного происхождения, и вся возобновляемая – она тоже солнечного происхождения, потому что на солнце идет реакция термоядерного синтеза и хорошо, что мы под солнцем. Предполагается, что нечто подобное будет поближе, на Земле. Поэтому извините, что немного «ушел», теперь по теме. Совершенно блестящая работа, призываю всех членов ученого совета проголосовать. Физика и оппоненты, и просто зная уровень исследований, который берется Александром Викторовичем (*Еремин А.В.*) в лаборатории, «двумя руками за». Так держать. Дальнейших успехов.

Председатель

Спасибо, Алексей Юрьевич. А можно уточняющий вопрос, насчет термоядерной энергии, там же источником является то, что мы уже имеем на Земле. Поэтому, вроде как, не нужно ничего вкладывать. Где там цепочка до этого?

Вараксин А.Ю.

Когда экономика начинает играть, когда естествоиспытатель плюс нечто академическое сочетаются. Приятные вещи когда получаются? Когда у нас броско и складно. Вот, например, мусор горит. Его и так можно сжечь, и это бесплатно. Вот, возвращаясь к биотопливам, то берем сахар и свеклу, «сгребаем граблями», потом чуть-чуть электричества. Но все равно лучше без электричества, лучше «сгрести граблями» и ТЭН какой-нибудь – емкость, чтобы туда газ шел. То есть вы как бы лабораторно, без электрической розетки. Потому что как только электричество – все, совсем другая цепочка пошла. Да и ядерное топливо есть.

Председатель

Я про термоядерный синтез, гелия-то вроде хватает у нас.

Вараксин А.Ю.

Гелия хватает.

Председатель

Воды хватает.

Вараксин А.Ю.

Хватает. Это очень близко к тому, что, когда люди выступают: «у нас будущее все равно за водородом, у нас есть бесконечный источник водорода - вода», но они не физики, а, например, химики. И они не понимают, что для того, чтобы развалить молекулу воды нужно затратить примерно такую же энергию. И когда используем далее для горения, «то на то» и выходит. Поэтому водородная энергетика, которая сопряжена с постановлением правительства..., то есть её нужно развивать. Поэтому мы, конечно, не политики, но политику пишут постановления, и поэтому если выйдет постановление, нарушающее закон сохранения энергии, то не знаю.

Председатель

Спасибо, тут нельзя не согласиться, согласен. Еще есть желающие выступить? Да, пожалуйста.

Князьков Д.А.

Так оказалось, что я тут совсем случайно оказался в этом зале. Приехал на другую защиту, а тут вот такая еще работа. Оказалось, что мы совсем недавно, сами публиковали

статью. И там была проблема описания кинетическими моделями образования ацетилена в пламени, и проблема оказалась связанная ни просто с какой-то кинетикой окисления, а оказалось, что очень мало в литературе измерений атомов кислорода, его концентрации в различных системах. И когда я начал искать для того, чтобы что-то попробовать описать, я смотрел, что вообще люди измеряли. И я наткнулся на статью знакомых авторов: Емельянов А.В., Еремин А.В., Коннов А.А. И первый автор Быстров Н.С. И только сегодня я обнаружил, что Вы тот самый Быстров Н.С. и есть. Мне очень приятно, Вы известный человек. Очень хорошо. Хорошая работа.

Председатель

Спасибо. Еще есть желающие выступить? Или все достаточно ясно? Но мне представляется, что мы можем уже предоставить заключительное слово и переходить к голосованию. Никита Сергеевич, пожалуйста.

Быстров Н.С.

Собственно, в первую очередь хочется поблагодарить членов диссертационного совета и всех присутствующих за возможность выступить в теплой и приятной атмосфере. Также хочу поблагодарить моего научного руководителя, Еремина Александра Викторовича за чуткое руководство, плодотворное наставничество и творческую свободу в исследованиях. За ценные советы и рекомендации при первом стороннем прочтении моей диссертации, поскольку без них диссертация могла быть намного больше и куда менее лаконична. Также хочется выразить благодарность Киверину Алексею Дмитриевичу и Голубу Виктору Владимировичу за рецензирование моей работы на этапе предзащиты. Благодарю всех своих коллег, в особенности Михееву Екатерину Юрьевну за знакомство с научной деятельностью и приглашение работать в лаборатории, Емельянова Александра Валентиновича и Яценко Павла Ивановича за уже как седьмой год борьбы бок о бок с глубоким вакуумом, ценнейший опыт и поддержку. Отдельную благодарность хочется выразить оппонентам Шмакову Андрей Геннадьевичу и Смирнову Владимиру Николаевичу за ценные замечания и рекомендации, за их личное присутствие сегодня. Также спасибо Аязову Валерию Николаевичу и Антонову Олегу Ивановичу за плодотворное обсуждение результатов со стороны ведущей организации.

Председатель

Спасибо, Никита Сергеевич. Думаю, переходим к голосованию. Пожалуйста.

Ученый секретарь

Дорогие коллеги, наше заседание проводится в комбинационном очно-дистанционном режиме, голосование проводится с использованием телекоммуникационных систем, то есть на сайте института. Таким образом, прошу сейчас всех присутствующих членов диссертационного совета авторизоваться на сайте и в разделе диссовет проголосовать. Это можно сделать на своих устройствах или на компьютере диссовета.

Председатель

Спасибо, Алексей Владимирович (*Тимофеев А.В.*). (*Проводится процедура тайного голосования*). Напоминаю, после голосования и утверждения протокола нужно обсудить заключение, и я сейчас прошу тех, кто готов высказать свои замечания, а Никите Сергеевичу учитывать. (*Члены диссертационного совета обсуждают проект заключения*)

Ученый секретарь

Дорогие коллеги, на заседании присутствовало 23 члена диссертационного совета, в том числе докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации 12, очно присутствовало 12 членов диссертационного совета, в том числе очно по профилю

рассматриваемой диссертации – 6 человек, дистанционно присутствовало 11 членов диссертационного совета, 6 из них – по профилю рассматриваемой диссертации. Получено 23 голоса: 23 – за, 0 против.

Председатель

Спасибо. Прежде всего давайте утвердим. Все «за». Дистанционно никто не возражает? Не возражает. Отлично. *(Протокол счетной комиссии утвержден единогласно)*. Тогда мы Вас поздравляем.

Быстров Н.С.

Спасибо!

Председатель

И дальше, в таком едином порядке, давайте утвердим, с теми замечаниями, которые слышали, проект заключения. Кто «за»? Воздержавшихся нет. Против? Нет. Хорошо. Дистанционно тоже нет? *(Проект заключения принят единогласно)*. Тогда, Никита Сергеевич, пожалуйста, учтите те замечания, которые были сделаны, и, вообще, нужно еще раз внимательно прочитать.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.93.01(Д 002.110.02),
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 18.10.2023г. № 10

О присуждении Быстрову Никите Сергеевичу, гражданину Российской Федерации ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Исследование кинетики окисления перспективных биотоплив» по специальности 1.3.14 - теплофизика и теоретическая теплотехника принята к защите 07.08.2023г., (протокол заседания № 3) диссертационным советом 24.1.193.01 (Д 002.110.02), созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук (125412, г. Москва, Ижорская ул., д. 13, стр. 2, (495) 485-8345, jiht.ru), утвержденного Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 105/нк от 11.04.2012г.

Соискатель Быстров Никита Сергеевич 1995 года рождения, в 2019 году окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)».

Работает в должности научного сотрудника лаборатории № 19 – неравновесных процессов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук.

В 2023 году окончил очную аспирантуру Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук.

Диссертация выполнена в лаборатории № 19 – неравновесных процессов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук.

Научный руководитель доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией № 19 – неравновесных процессов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук Еремин Александр Викторович.

Официальные оппоненты:

- доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник отдела специальных материалов и технологий Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра химической физики им. Н. Н. Семенова Российской академии наук Смирнов Владимир Николаевич;

- доктор химических наук, заведующий лабораторией кинетики процессов горения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института химической кинетики и горения им. В. В. Воеводского Сибирского отделения Российской академии наук Шмаков Андрей Геннадьевич

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Самарский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П. Н. Лебедева Российской академии наук в своем положительном заключении, составленном PhD, старшим научным сотрудником Антоновым И. О. (утвержденном 23.08.2023г. директором СФ ФИАН, д.ф.-м.н. Аязовым В. Н., 08.09.2023 директором ФИАН, член-корреспондентом Колачевским Н. Н.) указала, что научная значимость работы определяется в первую очередь новизной полученных результатов. Например, впервые получены экспериментальные данные по окислению *n*-и-пропанола, *n*-бутанола, *n*-и-пентанола, диметилового эфира и метана атомарным кислородом в ультраразбавленных смесях при температурах 1600-3200 ± 50 К и давлениях 2-3 ± 0.1 бар; *n*-и-пентанола, фурана и тетрагидрофурана молекулярным кислородом в ультраразбавленных смесях при температурах 1600-4000 ± 50 К и давлениях 1.5-3 ± 0.1 бар. Интересны также результаты измерений константы скорости реакции мономолекулярной диссоциации молекулярного кислорода $O_2 + Ar = 2O + Ar$ в диапазоне температур 2500-5000 ± 50 К и давлений 1.5-2.5 ± 0.1 бар с точностью, превышающей существующие измерения в данных термодинамических условиях не менее, чем в три раза.

Результаты работы могут быть использованы в научных и научно-образовательных центрах, например кафедрах химической кинетики МГУ М.В. Ломоносова, теплофизики МГТУ им. Н.Э. Баумана, химической физики МИФИ, физической химии МХТИ Д.И. Менделеева, а также в организациях, разрабатывающих системы внедрения биотоплив в энергетическую структуру РФ, например такие нефтегазовые компании как ПАО «Лукойл», ПАО «Роснефть», которые активно инвестируют в разработку, производство и использование биотоплив; в частности, результаты исследований могут быть полезны организациям, реализующим системы выработки электричества посредством сжигания биотоплива, например ГК Корпорация «ГазЭнергоСтрой» и Корпорация «БиоГазЭнергоСтрой».

Соискатель имеет 16 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 6 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 6 работ, а также 17 тезисов в сборниках трудов конференций:

1. *Bystrov N.S., Alekseev V.A, Emelianov A.V., Eremin A.V., Yatsenko P.I., Konnov A.A.* High-temperature oxidation of acetylene by N₂O at high Ar dilution conditions and in laminar premixed C₂H₂ + O₂ + N₂ flames // *Comb. Flame* 2022, V. 238, 111924.

2. *Bystrov N.S., Capriolo G., Emelianov A.V., Eremin A.V., Yatsenko P.I., Konnov A.A.* High-temperature oxidation of propanol isomers in the mixtures with N₂O at high Ar dilution conditions // *Fuel* 2021, V. 287, 119499.

3. *Bystrov N.S., Emelianov A.V., Eremin A.V., Loukhovitski B.I., Sharipov A.S., Yatsenko P.I.* Experimental study of high temperature oxidation of dimethyl ether, *n*-butanol and methane // *Comb. Flame* 2020, V. 218, P. 121–133.

4. Быстров Н.С., Емельянов А.В., Еремин А.В., Яценко П.И. Экспериментальное исследование реакции н-бутанола с кислородом за ударными волнами АРАС методом // Физико-химическая кинетика в газовой динамике 2019, Т. 20, вып. 1.
5. Быстров Н.С., Емельянов А.В., Еремин А.В. Яценко П.И. Исследование кинетики окисления тетрагидрофурана за ударными волнами методом атомно-резонансной абсорбционной спектроскопии // Горение и взрыв 2021, т. 14, №4, с. 30–45.
6. Bystrov N.S., Emelianov A.V., Eremin A.V., Yatsenko P.I. Refined data on O₂ dissociation rate measured by O-ARAS behind shock waves // Combustion and Explosion 2023, V. 16, №1, P. 3–10.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. **Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»** (зав. кафедрой теплофизики и ядерной энергетики д.ф.-м.н., доцент Чирков А.Ю.) – отзыв положительный, с замечаниями:

- в целях и задачах обозначены в том числе и теоретические исследования (п. 4), однако, что именно автор относит к теоретическим исследованиям, и каковы их результаты из текста автореферата, включая выводы, не вполне ясно.

- в результате тестирования существующих кинетических моделей были ли выработаны какие-либо рекомендации по их применению?

2. **Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова»** (профессор физического факультета по кафедре молекулярных процессов и экстремальных состояний вещества, д.ф.-м.н. Уваров А.В.) – отзыв положительный, с замечанием:

- хотелось бы отметить, что вывод о различных по эффективности режимов сгорания желательно было более четко продемонстрировать в автореферате с примерами, «положительными и отрицательными», полученными из экспериментов и расчетов, подчеркивающими именно кинетическую сторону процесса на основе анализа режимов сгорания с учетом оксидов углерода и серы, и, конечно, NO_x химии, особенно важной с точки зрения трудностей борьбы с оксидами азота.

3. **Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»** (зав. кафедрой химической физики, д.ф.-м.н., профессор Губин С.А.) – отзыв положительный, с замечанием:

- из текста автореферата понятно, что в качестве окислителя использовались либо молекулярный кислород, либо закись азота, однако не совсем ясно из каких побуждений выбирался тот или иной окислитель для конкретного вида биотоплива, поскольку н-пентанол, например исследовался с обоими окислителями, в то время как остальные спирты только с N₂O, а фурановые соединения только с O₂. Автору следовало бы охарактеризовать такую специфику составления смесей в автореферате. Также текст автореферата содержит небольшое количество незначительных опечаток.

4. **Государственный научный центр Российской Федерации, Федеральное автономное учреждение «Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова»** (начальник отдела специальных авиационных двигателей и химмотологии, д.т.н., профессор Яновский Л.С.) – отзыв положительный, с замечаниями:

- называть рассмотренные в работе спирты – биотопливом или перспективным биотопливом некорректно, поскольку в чистом виде применяться в технике они не могут, топлива всегда включают ряд компонентов, в т. ч. присадки, улучшающие его эксплуатационные свойства.

- в качестве объектов исследования в работе не рассмотрен этанол, между тем в странах Латинской Америки этанол находит широкое применение в технике и считается перспективным компонентом топлива.

- помимо базовых компонентов биотоплив большое значение на ход процесса окисления оказывают входящие в состав присадки, что следует учитывать при выполнении работ по исследованию кинетики окисления топлив.

5. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» (доцент кафедры физической и вычислительной механики механико-математического факультета, к.ф.-м.н. Касымов Д.П.) – отзыв положительный, с замечанием:

- следует отметить незначительное количество пунктуационных и орфографических опечаток. Также соискателю следовало бы придерживаться единого формата в оформлении рисунков: легенды, в зависимости от рисунка, выполнены либо на русском, либо на английском языке.

6. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева Сибирского отделения Российской академии наук (ИГиЛ СО РАН) (главный научный сотрудник лаборатории газовой детонации д.ф.-м.н., профессор Васильев А.А.) – отзыв положительный с замечанием:

- «микроскопический» шрифт на рисунках; как изменятся кинетические константы скорости диссоциации кислорода $O_2 + Ar = 2O + Ar$ при замене аргона на иной инертный газ, например Не или азот N_2 ?

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается:

- д.ф.-м.н. Смирнов В.Н. является ведущим ученым в области экспериментальных исследований процессов горения и воспламенения различных углеводородов, а также известным специалистом по кинетике пиролиза различных топлив, в том числе в тестировании предсказательных возможностей кинетических моделей окисления углеводородов.

1. P.A. Vlasov, A.R. Akhunyanov, V.N. Smirnov, Experimental Studies and Simulation of Methane Pyrolysis and Oxidation in Reflected Shock Waves Accompanied by Soot Formation // Kinet. Catal., 64, 135–153 (2023);

2. A.M. Tereza, S.P. Medvedev, V.N. Smirnov, Self-ignition and pyrolysis of acetone behind reflected shock waves // Acta Astronautica, 2020, V. 176, P. 653-661;

3. Власов П.А., Смирнов В.Н., Малышев Н.С., Рябиков О.Б., Агафонов Г.Л., Ахуньянов А.Р. Предсказательные возможности кинетических моделей окисления углеводородов на примере низко- и высокотемпературного окисления н-гептана // Горение и взрыв. – 2019. – Т. 12, № 2. – С. 14-24.

- д.х.н. Шмаков Андрей Геннадьевич является признанным специалистом в области кинетики горения углеводородов и биотоплив, автор и соавтор более 120 публикаций по данной тематике, на основе обширных экспериментальных и теоретических исследований разработал и усовершенствовал несколько кинетических схем и механизмов горения и окисления широкого класса углеводородов и оксигенатов.

1. Shmakov, A.G.; Korobeinichev, O.P.; Mebel, A.M.; Porfiriev, D.P.; Ghildina, A.R.; Osipova, K.N.; Knyazkov, D.A.; Gerasimov, I.E.; Liu, Z.; Yang, B. High-temperature thermal decomposition of triphenyl phosphate vapor in an inert medium: Flow reactor pyrolysis, quantum chemical calculations, and kinetic modeling // Combustion and Flame, 2023, V. 249, 112614;

2. Yakush, S.E.; Korobeinichev, O.P.; Shmakov, A.G.; Bolshova, T.A.; Trubachev, S.A. A reduced kinetic scheme for methyl methacrylate gas-phase combustion // Combustion Theory and Modelling, 2023, V. 27 (2), P. 139-152;

3. Osipova, K.N.; Zhang, X.; Sarathy, S.M.; Korobeinichev, O.P.; Shmakov, A.G. Ammonia and ammonia/hydrogen blends oxidation in a jet-stirred reactor: Experimental and numerical study // Fuel, 2022, V. 310 (A), 122202.

- Самарский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук является профильной организацией, специализирующейся на исследовании физико-химических

процессов в газовых средах, энергообменных и химических процессов в углеводородных пламенах и электрических разрядах. В лаборатории физики-химической кинетики ведутся интенсивные работы по измерению кинетических констант быстропротекающих процессов с возбужденными частицами, характеризующих скорости протекания химических и энергообменных реакций, а также измерению и расчету кинетических констант реакций инициирования и поддержания горения, образования и распада вредных веществ и активных частиц (радикалы, промежуточные комплексы, возбужденные атомы и молекулы, ионы и др.)

1. A. R. Ghildina, D. P. Porfiriev, V. N. Azyazovab and A. M. Mebel, The mechanism and rate constants for oxidation of indenyl radical C_9H_7 with molecular oxygen O_2 : a theoretical study // J. Phys. Chem. A 2022, 126, 11, 1889–1898;

2. G.R. Galimova, V.N. Azyazov, D.P. Porfiriev, A.M. Mebel, Reaction mechanism, rate constants, and product yields for the oxidation of embedded five-member ring radicals with atomic oxygen // Chemical Physics, 2019, V. 519, P. 101-1093.

3. A. N. Morozov, I. A. Medvedkov, V. N. Azyazov, and A. M. Mebel, Theoretical Study of the Phenoxy Radical Recombination with the $O(3P)$ Atom, Phenyl plus Molecular Oxygen Revisited // J. Phys. Chem. A 2021, 125, 18, 3965–3977.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– Представлены новые экспериментальные данные по окислению н-/и-пропанола, н-бутанола, н-/и-пентанола, диметилового эфира и метана атомарным кислородом в ультраразбавленных смесях при температурах $1600-3200 \pm 50$ К и давлениях $2-3 \pm 0.1$ бар; н-/и-пентанола, фурана и тетрагидрофурана молекулярным кислородом в ультраразбавленных смесях при температурах $1600-4000 \pm 50$ К и давлениях $1.5-3 \pm 0.1$ бар.

– Представлены новые кинетические экспериментальные данные по специфике окисления н-/и пропанола, н-бутанола, н-/и-пентанола и диметилового эфира в присутствии азотной NO_x химии;

– Расширен диапазон термодинамических и химических условий экспериментального исследования окисления ацетилена и биометана атомарным кислородом в присутствии NO_x химии;

– Определены общие закономерности и специфика окисления высших спиртов, фурановых соединений и диметилового эфира в исследуемых термодинамических и химических условиях;

– Протестированы современные химические кинетические модели на новых данных; в соответствии с полученными результатами, были предложены и, в случае модели Коннова, реализованы оригинальные модификации со значительным улучшением предсказательной эффективности данной модели;

– Показано, что диссоциация O_2 определяет кинетику окисления исследуемых биотоплив уже с 3000 К, оценка скорости которой сильно разнится между кинетическими моделями из-за высокой неопределенности, в связи с чем константа скорости мономолекулярной диссоциации кислорода $O_2 + Ar = 2O + Ar$ измерена в диапазоне температур $2500-5000 \pm 50$ К и давлений $1.5-2.5 \pm 0.1$ бар с точностью, превышающей существующие измерения в данных термодинамических условиях не менее, чем в три раза.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что полученные детальные данные по кинетике окисления различных классов перспективных биотоплив в широком диапазоне термодинамических условий важны для развития и понимания общих принципов горения оксигенатов и углеводородов. Так, например, было установлено, что определяющую роль в кинетике окисления исследуемых биотоплив занимают реакционные пути окисления ацетилена, метильного, этинильного и СН радикалов.

Значение полученных соискателем результатов **исследования для практики подтверждается** тем, что полученные кинетические данные по окислению перспективных классов биотоплив могут быть использованы для верификации не только существующих

химических кинетических моделей, но и любых впоследствии созданных. Тестируемые в настоящем исследовании кинетические модели, с одной стороны, могут быть редуцированы до использования в прикладных расчетных задачах горения биотоплив, а с другой, расширены до универсальной модели горения углеводородов и их кислородсодержащих производных, являясь еще одним шагом на пути к чистому и эффективному горению.

Результаты работы могут быть использованы в научных и научно-образовательных центрах, например кафедрах химической кинетики МГУ М.В. Ломоносова, теплофизики МГТУ им. Н.Э. Баумана, химической физики МИФИ, физической химии МХТИ Д.И. Менделеева, а также в организациях, разрабатывающих системы внедрения биотоплив в энергетическую структуру РФ, например такие нефтегазовые компании как ПАО «Лукойл», ПАО «Роснефть», которые активно инвестируют в разработку, производство и использование биотоплив; в частности, результаты исследований могут быть полезны организациям, реализующим системы выработки электричества посредством сжигания биотоплива, например ГК Корпорация «ГазЭнергоСтрой» и Корпорация «БиоГазЭнергоСтрой».

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что полученные результаты обеспечиваются сочетанием глубоковакуумной ударной трубы, оригинальной системы смещения и прецизионной АРАС-диагностики; такая диагностика именуется «золотым стандартом» химической кинетики. Дополняется использованием исключительно сверхчистых веществ с детальным анализом, учетом и/или оценкой источников экспериментальных неопределенностей. В том числе, соответствием полученных экспериментальных данных с численными результатами, также полученных с использованием современных методов и программных комплексов, согласуясь с актуальными теоретическими представлениями о кинетике горения углеводородов и их кислородсодержащих производных. Значимость обсуждений и выводов настоящей работы подтверждается публикациями в высокорейтинговых рецензируемых международных и отечественных журналах, а также высокими оценками на международных и отечественных конференциях профильных и смежных тематик.

Личный вклад соискателя состоит в развитии конкретных направлений в рамках обозначенной тематики работы, постановке экспериментов. Разработка экспериментальных установок и их реализация, подбор соответствующего экспериментального оборудования проходили при определяющем участии автора. Автор принимал активное участие в проведении основных экспериментальных исследований, а также анализе и интерпретации полученных результатов.

Апробация результатов исследования проводилась на 18 российских и международных конференциях и симпозиумах. Основные публикации по выполненной работе также подготовлены при определяющем участии автора.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было.

Соискатель Быстров Никита Сергеевич ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы, привел собственную аргументацию и согласился с высказанными замечаниями.

На заседании от 18.10.2023г. диссертационный совет постановил за решение научной задачи, имеющей значение для развития отрасли знаний о горении в области детальной кинетики окисления перспективных в качестве биотоплив: углеводородов и их кислородсодержащих производных – присудить Быстрову Никите Сергеевичу ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности теплофизика и теоретическая теплотехника.

При проведении тайного голосования Диссертационный совет в количестве 23 человека, из них очно: 5 докторов наук по специальности 1.3.9 – физика плазмы и 6 докторов наук по специальности 1.3.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника, дистанционно: 5 доктора наук по специальности 1.3.9 – физика плазмы и 6 докторов наук по специальности 1.3.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника, участвовавших в

заседании, из 31 человека, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 23, против 0, недействительных бюллетеней - 0.

Зам. председателя диссертационного совета 24.1.193.01 (Д 002.110.02)
д.ф.-м.н., профессор

Андреев Н.Е.

Ученый секретарь диссертационного совета 24.1.193.01 (Д 002.110.02)
к.ф.-м.н.

Тимофеев А.В.

18.10.2023

