

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

**СТЕНОГРАММА**

заседания диссертационного совета 24.1.193.01 (Д 002.110.02), созданного на базе  
Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного  
института высоких температур Российской академии наук (125412, г. Москва, ул.  
Ижорская, д. 13, стр. 2)  
от 8 декабря 2021 г. (протокол № 29)

Защита диссертации Яценко Павла Ивановича

на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук

«Исследование термодинамических и кинетических свойств йодсодержащих  
галогенуглеродов пропанового ряда»

Специальность 1.3.14 - теплофизика и теоретическая теплотехника

Москва – 2021

## СТЕНОГРАММА

заседания диссертационного совета заседания диссертационного совета 24.1.193.01 (Д 002.110.02), созданного на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук (125412, г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2)  
Протокол № 29 от 8 декабря 2021 г.

Диссертационный совет 24.1.193.01 (Д 002.110.02) утвержден Приказом Министерства образования и науки РФ от 11.04.2012 г. № 105/нк., редакция Приказ № 1046/нк от 15 октября 2021г.

На заседании присутствуют 24 человека, из них 11 докторов наук по специальности 1.3.9 – физика плазмы и 13 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 Д 002.110.02  
д.ф.-м.н., профессор Андреев Н. Е.

**Ученый секретарь** – ученый секретарь диссертационного совета Д 002.110.02  
к.ф.-м.н. Васильев М. М.

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

## 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) **Яценко Павла Ивановича** на тему «Исследование термодинамических и кинетических свойств йодсодержащих галогенуглеродов пропанового ряда». 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](http://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:**

**Уваров Александр Викторович** - гражданин РФ, доктор физико-математических наук, профессор кафедры молекулярных процессов и экстремальных состояний вещества физического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова» (МГУ им. М. В. Ломоносова; Россия, 119991, г. Москва, Ленинские горы, 1/2).

**Власов Павел Александрович** – гражданин РФ, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник лаборатории окисления углеводородов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук (1 ИХФ РАН; Россия, 19991, г. Москва, ул. Косыгина, 4)

### **Ведущая организация:**

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского Сибирского отделения Российской академии наук (ИХКГ СОРАН; Россия, 630090 г. Новосибирск ул. Институтская, 3).**

На заседании присутствуют официальные оппоненты д.ф.-м.н., профессор Уваров А.В. и д.ф.-м.н., гл.н.с. Власов П.А., научный руководитель Яценко П.И. д.ф.-м.н., профессор Еремин А.В.

## СТЕНОГРАММА

### Председатель

Добрый день, уважаемые члены совета нашего совета. Давайте начнем заседание. Оно сегодня состоит из двух частей, поэтому давайте постараемся организованной реализовать нашу повестку. Первый соискатель у нас – Яценко Павел Иванович и Михаил Михайлович (*ученый секретарь*) нас ознакомит сейчас с необходимыми документами.

### Ученый секретарь

Уважаемые коллеги, добрый день. Яценко Павел Иванович обратился в наш диссертационный совет с просьбой принять к защите его диссертацию на соискание ученой степени кандидата физ.мат. наук по специальности теплофизика и теоретическая теплотехника. Работа выполнена в нашей организации, в ОИВТ РАН. Павел Иванович – выпускник МГТУ им. Баумана. По работе создана экспертная комиссия из членов диссовета в составе Виктора Владимировича Голуба, Алексей Георгиевича Храпака и Равиль Хабибуловича Амирова. Экспертная комиссия дала положительное заключение о возможности защиты работы в нашем совете. В деле имеются все материалы, необходимые для защиты, они оформлены в соответствии с требованиями ВАК. С вашего позволения зачитывать их я сейчас не буду, но в случае возникновения у вас вопросов, готов на них ответить.

### Председатель

Есть вопросы? Если нет, спасибо Михаил Михайлович (*Васильев*). Тогда Павел Иванович (*Яценко*) пожалуйста, у вас 20 минут.

### Яценко Павел Иванович

*Выступает с докладом по диссертационной работе (выступление не стенографируется, доклад Яценко П.И. прилагается).*

### Председатель

Спасибо, а вот еще слайд с публикациями вы нам показали. Спасибо, Павел Иванович. Пожалуйста, вопросы к соискателю. Слушаем, Равиль Хабибулович (*Амиров*).

### Амиров Р.Х.

У меня вопрос такой. Что вы скажете о механизмах ингибирования вот тех соединений, которые вы изучали? Когда вы говорите об ингибировании процессов горения, есть ли какие-то соображения о конкретных механизмах и конкретных реакциях? Что вообще известно или ваше мнение по этому поводу?

### Яценко П.И.

Да, механизмы имеются. Правда скажу, что в них есть разногласие с экспериментами. Но в целом механизмы ингибирования условно можно разделить на тепловой и химический. Тепловой механизм заключается в следующем: хладон, если это жидкость, например, попадая в зону реакции, начинает нагреваться и испаряться, отбираю теплоту из очага возгорания. Затем вещество диссоциирует, что также приводит к теплопотери пламени. Одновременно с этим включается кинетический механизм ингибирования, т. е. либо

исходное вещество, либо его радикалы взаимодействуют с радикалами горения в очаге возгорания и обрывают цепи химических реакций, тем самым не дают им разветвиться. Соответственно, оба этих механизма приводят в итоге к подавлению пламени в очаге возгорания. Конкретно какие реакции отвечают за подавление горения и в какой пропорции действуют механизмы теплового и химического ингибирования, то этот вопрос остается открытым, особенно для сложных хладонов. Но в целом понятно, что во взаимодействие с радикалами O, H, OH, и другими вступают в основном галогенированные радикалы и сам исходный хладон.

**Амиров Р.Х.**

Спасибо.

**Председатель**

Пожалуйста, следующий вопрос.

**Дьячков Л.В.**

Когда вы говорили про первый раздел, вы сказали, что расчеты проводились в широком диапазоне температур и давлений. Температуры еще можно было заметить на слайде или по графикам, это до 5000 К, а вот диапазон давлений что-то я не заметил. Какой диапазон рассчитывался?

**Яценко П.И.**

Диапазон давлений при расчетах был от  $10^{-5}$  до  $10^2$  бар.

**Дьячков Л.В.**

И еще один вопрос. Вот эти молекулы, которые вы исследовали, до каких температур они вообще «доживают»?

**Яценко П. И.**

Стабильны?

**Дьячков Л.В.**

Ну да, начинают разваливаться.

**Яценко П. И.**

Конкретно эти хладоновые соединения стабильны примерно до 800 градусов Кельвина, затем начинается их диссоциация.

**Дьячков Л.В.**

А вот при 1000, при 5000 градусов что от них тогда остается?

**Яценко П. И.**

Например, при 1000 градусов от них остаются крупные радикалы и атом йода. Водородсодержащие радикалы дальше продолжают быстро распадаться. При 5000 градусов, естественно, это уже «бульон» из мелких радикалов и атомов.

**Дьячков Л.В.**

Спасибо.

**Председатель**

Да, пожалуйста.

**Вараксин А.Ю.**

Павел Иванович, вопрос касается экспериментальной части работы. У вас достаточно сложная экспериментальная установка. По-видимому, и диагностика у вас тоже не простая, требуется высокая квалификация. Поэтому, мой вопрос касается вашего личного вклада. Расскажите, что вы лично делали, что коллеги помогали?

**Яценко П.И.**

Мой личный вклад точь такой же, как и у моих коллег. Дело в том, что на этой установки невозможно работать одному, в принципе. Поэтому все эксперименты были выполнены вместе с коллегами: с Александром Валентиновичем Емельяновым и с Никитой Быстровым. Мы все принимали непосредственное участие в подготовке и проведении экспериментов и обработкой экспериментов также занимались вместе.

**Председатель**

Вы удовлетворены?

**Вараксин А.Ю.**

Да.

**Председатель**

Есть еще вопросы у нас тут присутствующих? Если нет, Ольга Александровна, там (в программе «Zoom») может кто-то хочет спросить что-то?

**Левина О. А.**

Ну что-то пока все молчат, нет вопросов.

**Председатель**

Павел Иванович, можно я тогда задам вопрос? Может быть специалистам понятный. Вы там часть графиков показывали до 5000 градусов. И вот меня интересует, при 5000 градусов, это 0.5 электрон-вольт, если иметь в виду хвост функции распределения, то там есть частицы с большей энергией. Как там насчет ионизации? Может ли она там быть существенной при 5000 градусов? Когда вы говорите 1000–2000 градусов, то тут понятно.

**Яценко П.И.**

Насколько мне известно, все-таки эта температура еще низковатая для ионизации йода, хотя там порог относительно не высокий, что-то около 6 электрон вольт. В целом для расчета мы выбрали такой диапазон температур, поскольку он считается достаточно стандартным для программ, которые используются для кинетического моделирования в химической кинетике. Там необходим широкий диапазон температур, чтобы программа

успешно считала. Выше 5000 Кельвинов мы уже не брали на себя ответственность рассчитывать термодинамические функции в приближении идеального газа, но а до этой температуры такое соотношение вполне обосновано.

**Председатель**

Спасибо Павел Иванович. Ну раз вы употребили слово программы, тогда уж расскажите, откуда вы брали эти программы и какие пакеты вы использовали. Вы их покупали?

**Яценко П.И.**

Я использовал достаточно много программ, как я уже отмечал. Квантово-химические расчеты я проводил в программе Gaussian и частично в FireFly. FireFly это открытый бесплатный пакет, а Gaussian это коммерческий пакет, он достаточно дорогой. Но тут я ездил на летнюю школу в Самару к профессору Мебелю. У них эта программа присутствует и у меня был доступ к суперкомпьютеру, на котором я запускал расчеты. Далее, термодинамику я рассчитывал также в Gaussian, плюс я проверял расчеты GPRO и KistHelp. Это открытые базовые пакеты, поэтому там проблем с доступом не было. А кинетическое моделирование я проводил в пакете Chemkin. У нас еще старая версия, она достаточно свободна, а новой версией мы не пользуемся, потому что она очень дорогая.

**Председатель**

Спасибо, Павел Иванович. Есть еще вопросы? Пожалуйста, Лев Гаврилович.

**Дьячков Л.Г.**

У вас здесь (*на слайде*) на температурный диапазон начинается от 200 градусов по Кельвину, то есть минус 70 примерно по Цельсию. Неужели это актуально для этих всех процессов?

**Яценко П.И.**

Скорее всего, к этим соединениям, не актуально, но есть стандартные программы, для которых желательно, чтобы диапазон был другой. Она не понимает, актуальный он или нет.

**Председатель**

Спасибо. Если больше нет вопросов, тогда Александр Викторович (*Еремин-научный руководитель Яценко П.И.*), мы попросим вас высказаться. Извините, вопрос появился. Давайте слушаем по «Zoom»

**Грязнов В.К.**

Вы сейчас сказали, что до 5000 градусов вполне работают приближения идеального газа. А что мешает работать этому приближению дальше, выше 5000 Кельвинов?

**Яценко П.И.**

Дальше мешают, точнее могут уже мешать, процессы ионизации. Соответственно, появляются зависимости термодинамических функций от давления, например теплоемкости и энтальпии, поэтому дальше мы не идем по температуре.

### **Грязнов В.К.**

Понятно, значит процессы ионизации. Понятно, спасибо.

### **Председатель**

Еще кто-нибудь имеет вопросы? Нет. Тогда, Александр Викторович (*Еремин*), возвращаемся к вашему выступлению, которое должно быть посвящено человеку, а не той работе, которую он сделал.

### **Еремин А. В.**

Ну я думаю, что про Павла много говорить не нужно здесь, потому что его все знают. Он дважды был победителем конкурса научных работ ИВТана (*ОИВТ РАН*) – два года, два раза. Но я все-таки немножко скажу о роли Павла в этой работе и вообще в нашей лаборатории. Павел пришел к нам еще на бакалаврскую работу из МГТУ и уже во время бакалаврской работы он включился в оснащение установки чрезвычайно сложным прецизионным методом атомно резонансной абсорбционной спектроскопии - его называют золотым стандартом кинетики. Он действительно требует чрезвычайно высокой чистоты, аккуратности и тут свойства Павла, как очень требовательного и аккуратного экспериментатора, сыграли решающую роль. Уже первые данные, которые вошли в диссертацию, были опубликованы в ведущих мировых журналах, получили очень широкий отклик. Не знаю, упомянул Павел или нет, они сейчас включены в базу данных NIST. Да, там есть ссылка. И вот здесь такой известный кинетик номер один в мире, как его называют, Юрген Трое написал нам. Он эту работу очень расхваливал её, предлагал дальше проводить исследования в этом направлении. Но это эксперимент, такой аккуратный эксперимент потребовал моделирования. Павел быстро сначала овладел сначала методом кинетического моделирования, о котором он здесь рассказывал. Но это для нашей лаборатории было не ново. Но когда мы присылали в ведущие журналы эти данные, нам говорили: «А почему бы вам не посчитать и квантовой химией, из первых принципов, эти же ваши полученные данные». Павел первым в нашей лаборатории овладел этими методами, как он упомянул, сам он ездил в школу в Самару, где профессор, который очень известен в квантовой химии, Александр Мебель. Он в Самаре, но на самом деле, он во Флориде. Он организовал эту школу. Это был очень ценный первый опыт для Павла и сейчас это новое направление возникло в лаборатории по квантово-химическим расчетам термодинамики и кинетики элементарных химических реакций, которое Павел возглавляет.

Ещё под конец я добавлю, что то, что мы сегодня слышали – это отнюдь не всё, что Павел делает, это может быть примерно половина. У него есть уже целый ряд результатов, которые не вошли в диссертацию, которые являются продолжением его успешной работы. Мы очень надеемся, что это будет также успешно развиваться. Меньше месяца назад Павел сделал большой обзорный доклад о методах экспериментальных и квантово-химических вычислений для изучения элементарных процессов химической кинетики. Это было на симпозиуме по горению топлив в Новосибирске. И насколько я знаю, все прошло успешно. Вот такой у нас замечательный кандидат.

### **Председатель**

Спасибо, Александр Викторович. Мы очень рады за вашу лабораторию.

Теперь, Михаил Михайлович (*Ученый Секретарь*), ваш выход. Мы хотели бы услышать



все отзывы.

### **Ученый секретарь**

Уважаемые коллеги, на разосланный автореферат Яценко Павла Ивановича поступили отзывы. **Всего поступило 5 отзывов, все они положительные.** Ряд отзывов имеет замечания. Я остановлюсь только на замечаниях.

**(Первый отзыв)** Первый отзыв поступил из Института Проблем Механики им. Ишлинского РАН. (*ИПМех РАН*). Отзыв составил Директор Института проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук, заведующий лабораторией термогазодинамики и горения, доктор физ-мат. наук Якуш Сергей Евгеньевич. Отзыв положительный, следующие замечания:

- в формулах (8)–(11) и (15)–(19) энергия активации приведена в кДж/моль, тогда как в общей формуле закона Аррениуса (7) на стр. 12 утверждается, что энергия активации измеряется в Дж/моль. Следовало более четко указать единицы измерения этой величины.

**(Второй отзыв)** Другой отзыв поступил из Самарского филиала Физического института им. Лебедева Российской академии наук (*СФ ФИАН*). Отзыв составлен и подписан директором филиала, доктором физ-мат. наук, профессором Аязовым Валерием Николаевичем. Отзыв положительный, без замечаний.

**(Третий отзыв)** Третий отзыв поступил из Института гидродинамики им. Лаврентьева Сибирского Отделения Российской академии наук (*ИГиЛ СО РАН*). Он составлен главным научным сотрудником, доктором физ-мат. наук, профессором Васильевым Анатолием Александровичем. Отзыв положительный, без замечаний.

**(Четвертый отзыв)** Четвертый отзыв из НИИ механики МГУ (*НИИ механики МГУ им. М.В. Ломоносова*). Отзыв составлен ведущим научным сотрудником кандидатом физ-мат. наук, Погосбэжян Михаилом Юрьевичем. Отзыв положительный, без замечаний.

**(Пятый отзыв)** Наконец пятый отзыв поступил из МГТУ им. Баумана (*МГТУ им. Н.Э. Баумана*). Составлен заведующим кафедры Теплофизики, доцентом, доктором физ-мат. наук, Чирковым Алексеем Юрьевичем. Отзыв положительный, есть замечания и вопросы.

- Первое. Не вполне корректное сочетание слов «термодинамических и кинетических свойствах молекул» в цели работы.

- Второе. Приведенные на стр. 8 выражения термодинамических свойств не зависят от давления. В связи с этим возникает вопрос: каким давлениям они соответствуют? В частности, на стр. 13–14 говорится о свойствах молекул на основе потенциала Леннарда-Джонса (что проявляется в зависимости термодинамических свойств от давления) и «расслоению» константы скорости по давлениям.

Также в диссертационном деле имеется отзыв от ведущей организации. С вашего позволения отзыв зачитывать я не буду, только объявлю его структуру. В отзыве содержится актуальность темы диссертации, степень обоснованности научных положений и достоверность, научная новизна диссертационного исследования, а также объем и структура диссертации. В месте с этим в отзыве имеются замечания, которые я сейчас зачитаю. Итак, дискуссионные вопросы и замечания по диссертационной работе.

- В обзоре литературы отсутствуют некоторые ссылки на статьи, в которых численно и экспериментально изучалось влияние добавок  $\text{CF}_3\text{I}$  на процессы горения метана и диметилового эфира, а именно на работу Бабушка 1996 года, а также на работу Князькова 2019 года.

- Второе. На странице 8 в коммерческом названии перфторированного кетона  $\text{CF}_3\text{CF}_2\text{C}(\text{O})(\text{CF}(\text{CF}_3))_2$  допущена опечатка, корректное название которого - Novoc1230.

- Третье. На странице 19 приведена фраза, содержащая текст "гидрида фтора и брома", корректно было бы указать "фтороводорода и бромоводорода".

- Четвертое. На ряде рисунков 3.10, 3.13, 3.14, 3.19, 3.23, 3.25, 3.26 подписи данных в легенде и подрисуночном тексте выполнены на английском, в то время как в основном тексте с описанием приведенных на этих рисунках данных - на русском. Следовало бы все подписи сделать однообразно, на русском языке, как этого требуют правила оформления диссертаций.

- И наконец пятое. В диссертации приведены данные экспериментальных исследований кинетики превращения  $n\text{-C}_3\text{F}_7\text{I}$  и  $n\text{-C}_3\text{H}_7\text{I}$ , в то время как квантово-химические расчеты термодинамики и кинетики также проводились и для  $i\text{-C}_3\text{F}_7\text{I}$  и  $i\text{-C}_3\text{H}_7\text{I}$ . Из текста диссертации неясно, почему не проводились эксперименты в ударной трубе для  $i\text{-C}_3\text{F}_7\text{I}$  и  $i\text{-C}_3\text{H}_7\text{I}$ .

Да, самое главное. Тем не менее это несколько не влияет на положительную оценку диссертации, которая является законченным трудом, а соискатель заслуживает присуждения ученой степени кандидата физ-мат.наук.

### **Председатель**

Павел Иванович, у вас сейчас есть слово для ответа, но я вас прошу не отвечать на семантические замечания, которые, понятно, что вы принимаете к будущему руководству.

### **Яценко П.И.**

Во-первых, спасибо за замечания. Действительно, собственный глаз уже приелся, я неоднократно вычитывал свой материал, но, видимо, все опечатки отследить не удалось. Поэтому я останавливаться на них сейчас не буду, а конкретно отвечу на вопросы по существу.

Начнем с вопросов из отзыва на автореферат от Алексея Юрьевича Чиркова. Параметры потенциала Леннарда-Джонса, такие как сигма и эpsilon являются константами и не зависят от давления. Они просто необходимы для определения сечения столкновения и, соответственно, числа газокинетических соударений, которые уже, как и сама константа скорости, проявляют зависимость от давления, что и проявляется в «расслоении» константы скорости диссоциации от давления.

По поводу термодинамических функций. Как я уже говорил, мы использовали приближение идеального газа. В таком случае теплоемкость и энтальпия от давления не зависят. Энтропия зависит от давления, поэтому представленная функция относится к стандартным условиям по давлению, т. е. соответствует одной атмосфере.

Теперь по замечаниям от ведущей организации. Да, в некоторых местах у меня, действительно, может проскальзывать не совсем корректная химическая терминология. Все-таки профильное мое образование не химическое и такие неточности в названиях могут присутствовать.

По вопросу использования работ Бабушка и Князькова, то тут, пожалуй, это продолжение вопроса Рауля Хабибуловича (Амирова). С работой Бабушка я внимательно ознакомился

при написании литературного обзора. Наряду с работой Хасти 70-х годов ее можно считать базовой в изучении механизмов химического ингибирования хладонов. А вот с работой Князькова, признаюсь, до рекомендации от ведущей организации, знаком не был. В литературном обзоре я действительно не ссылался на подобные работы из следующих соображений: надо было где-то остановиться. У меня действительно получился достаточно большой литературный обзор, где я подробно рассмотрел историю хладонов, индивидуальные характеристики, область их применения, параметры эффективности, экономичности, экологичности и механизмы первичного разложения хладонов. Для оценки эффективности я рассматривал только стандартизированные тесты по ИСО, по которым можно было сделать выводы об относительной эффективности хладонов и не рассматривал причины такой эффективности. Я решил поставить черту обзора именно на этой границе. То есть я сознательно не касался особенностей механизмов взаимодействия хладонов с различными топливами, хотя сам с ними, конечно, ознакомился. Эта тема очень масштабна, и потребовала бы включения уж если не целой главы, то точно большой подглавы, что перегрузило бы и не без того не маленький обзор.

По последнему вопросу, почему экспериментально не исследовались изоформы молекул  $C_3F_7I$  и  $C_3H_7I$ . Основных причин тут две. Начнем, наверное, с формальной. В данной диссертационной работе и так подробно исследовано 5 соединений. Этого более чем достаточно для материалов одной диссертационной работы. Но все-таки в основном мы руководствовались техническими причинами. Первое, это то, что наши экспериментальные исследования очень время затратные. В день из-за высоких требований чистоты и глубокого вакуума мы можем проводить только один эксперимент, и чтобы настроять по успешной серии для каждого дополнительного вещества нужно много времени. А сюда также добавляется подготовка к экспериментам, составление смесей, прогрев трубы, контроль внешнего натекания и тп. Теоретические расчеты не требовали больших затрат, поскольку они принципиально не отличаются от других исследованных веществ, поэтому их дополнительное проведение для изо-молекул не составляло больших трудов. Ну а почему выбраны были именно нормальные молекулы, а не изо молекулы также есть объяснение. Когда я ставил себе задачу в литературе была найдена информация, что нормальные молекулы являются более эффективными ингибиторами горения и тут я последовал исключительно промышленному интересу. Тогда, пожалуй, это все комментарии, которые я хотел оставить по озвученным вопросам.

### **Председатель**

Спасибо, Павел Иванович. Теперь мы можем заслушать мнение двух оппонентов. Я попросил бы сначала высказаться Уварова Александра Викторовича. Если можно, то в соответствии с нашей традицией, мы просим не перечислять подробно содержание диссертации, поскольку мы только что ее заслушали, а перейти к конструктивному обсуждению.

### **Уваров А.В.**

Ну я, конечно, не буду обсуждать целиком содержание диссертации. Актуальность темы не вызывает сомнения, и она связана с необычной, но очень современной ситуацией. Когда сначала были хорошие хладоны, хлор и бром содержащие, но все мы помним историю Марио Молина – озоновые дыры, Нобелевская премия. Озоновая дыра, правда, позже затянулась, но премия осталась. Тем не менее, внятный кинетический механизм (*no*

*взаимодействию хладонов с озоном*) так и не был создан, но слово было уже сказано, и оно вылилось в соответствующие решения (*Монреальский протокол*). И эти решения потребовали поиска других веществ, например йодсодержащих веществ, которые гораздо хуже (*по эффективности пожаротушения*), чем хлор и бром содержащие вещества, но не обладают озоноразрушающим потенциалом и потенциалом глобального потепления. По этой причине актуальность однозначна.

В первой главе сформулирован обзор, причем очень подробно. Первые несколько страниц вообще напоминают журнальную публикацию по темам хладонов и только потом осуществляется плавный переход к более научной тематике по исследованию их физико-химических свойств. Всего имеется три главы. Глав мало, поэтому параграфов используется очень много. Вторая глава — это термодинамические расчеты квантово-химическими методами. И тут, конечно, я представляю себе проблемы диссертанта, потому что, как преподающий квантовую химию на физическом факультете МГУ, могу сказать, что она очень трудно «заходит в души» студентов, которые уже «испорчены» годовым курсом квантовой механики. Потому что, если вы не так ищете наборы волновых функций, то и получите вы совершенно не то, что нужно. Я к тому, что применение пакетов программ по *ab initio* вычислениям требует очень большой квалификации. И для выпускника Бауманки это тяжелая была проблема, Яценко ездил в летнюю школу, интересовался, работал, учился. Павел схватывает новый материал быстро, как я понял по общению с ним. Поэтому все вышесказанное идет ему в заслугу то, что там делалось. Это современный уровень. Человек должен уметь на современном пакете считать термодинамику. Переходный комплекс сосчитать. Он ненадолго создается (*переходный комплекс*), но его энергия как раз определяет все кинетические процессы. Образуется переходная молекула, электроны вокруг нее двигаются, затем протоны медленно расходятся, а за ними уже в новой конфигурации расходятся электроны. И энергетика этого процесса важна, ее надо уметь считать. Это сложно, но ничего не поделаешь. Именно эта энергия определяет все аррениусовские величины. Поэтому была проведена большая работа в данной главе. Ну и третья глава по кинетике. Здесь, собственно, есть и фундаментальная составляющая работы и практическая составляющая. Потому что понятно, что для расчетов процессов пожаротушения, да и вообще любых процессов, связанных с горением, с тепловыделением, требуется в идеале кинетическая схема. Потому что нужно знать, на каком этапе что-то от молекул отваливается, что-то к ним присоединяется и где будет сформировано равновесное состояние. И для этого нужно знать константы скоростей, что и выполнил диссертант. Это тяжелое дело, безусловно, очень тяжелое, но его также нужно было сделать в теоретической части. Я, как специалист, также прекрасно и представляю экспериментальные трудности работы. В диссертации вопросам чистоты эксперимента, оценкам примесей и натекания посвящен целый раздел работы. Очень подробно рассказаны методы оценки точности проведения экспериментов. И здесь, я также вопросов к Яценко Павлу не имею. То, что данные работы попали в НИСТ (*Национальный институт стандартов и технологий США*) также говорит о ее качестве. И конечно же к достоинствам фундаментальной части работы можно отнести то, что эксперименты попали в переходную область по давлению. То есть, мы явно наблюдаем ситуацию, когда постепенно, с увеличением давления, реакция перевода молекулы в возбужденное состояние начинает превалировать над реакцией распада возбужденного состояния по константе скорости первого порядка. Эти экспериментальные данные очень интересны.

Теперь перейдем к замечаниям, которые я хотел бы сделать. Разбиение на 3 главы, одна из которых обзорная, при разнообразии полученных результатов представляется не очень удачным. Третью главу можно было бы разделить на две. Первую часть обзора по истории развития ситуации с запретом хлор- и бромсодержащих хладонов можно было бы и сократить, с моей точки зрения.

Еще один комментарий относится к теоретическим РРKM расчетам. Я уже сразу скажу, преимущества работы связаны с тем, что в ней одновременно хорошо выполнена экспериментальная и теоретическая часть. Рассмотрены фундаментальные и прикладные проблемы. То есть, с точки зрения квалификации на степень кандидата наук – задача идеал – лучше вообще не придумашь. Мы получили специалиста, с навыками и в той области, и в той. Как говорится, «и швец, и жнец, и на дуде игрец». Но, например, в ситуации с переходными состояниями по давлению я привык к тому, что в классических работах, скажем Кондратьева и Никитина, Кузнецова Николая Михайловича, молекула, которая распадается, «разбивается на две группы». Сначала она переходит в возбужденное состояние, и затем возбужденное состояние разваливается по первому порядку (*константа скорости первого порядка*). Такое представление очень удобно и очень наглядно. Но пакет программ, которым пользовался диссертант, сделать этого не позволяет. Можно было бы попробовать такое разбиение добавить в работу самому. Это мое еще одно замечание.

Также работа содержит некоторое количество опечаток. Критический уровень не превышает, но они есть, и это не позволяет сказать, что текст был тщательно вычитан. Встречается на графиках и англоязычная легенда, как уже ранее отмечалось.

Но конечно же, с моей точки зрения, отмеченные замечания и недостатки не снижают важности и достоверности полученных в диссертации результатов. Новизна результатов также не вызывает сомнений. Понятно и практическое применение. Это для пожарников очень важно. Им переходить на подобные вещества, с ними работать, создавать модели. И тут диссертант получил уже эти данными, да еще и включенные в НИСТ. Это очень полезно. Есть пять работ в ведущих изданиях.

Так что перейду к заключительной фразе. Диссертация «Исследование термодинамических и кинетических свойств йодсодержащих галогенуглеродов пропанового ряда» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая по актуальности, объему, уровню выполнения, новизне результатов и остальным установленным критериям, соответствует п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней № 842, а ее автор Яценко Павел Иванович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника.

Спасибо за внимание!

**Председатель:**

Спасибо большое, Александр Викторович. Я, так понимаю, после такого очень подробного и конкретного обсуждения, вопросы к Александру Викторовичу вряд ли имеются. Но, в принципе, если вдруг, поскольку вы там подробно высказывали свою точку зрения, вопросы возникли, слушаю. Тогда если их нет, Павел Иванович, вам время для ответов. Прошу еще раз, на опечатки уже не отвечать, а соглашаться.

### **Яценко П. И.**

Хорошо. Пожалуй, основная проблема и основной вопрос, который Александр Викторович высказал, это по поводу разделения константы скорости на составляющие.

Признаюсь, до рекомендации Александра Викторовича Уварова, я не был знаком с такой формой представления мономолекулярного распада. Я не встречал его ни в работах профессора Мебеля, на которые я опирался в своих расчетах, ни в справочнике Лосева и Черного, где представлены базовые идеи РРKM теории. Тут я могу только согласиться и поблагодарить за очень интересный вопрос. В будущем я постараюсь разобраться с ним более детально.

Так действительно, программный пакет, которым я пользовался, не позволял провести такого рода разделение по отдельному вкладу константы скорости активации и распада. Хотя, естественно, и скорость активации и скорость дезактивации и скорость спонтанного и столкновительного распада учитывается RRKM теорией. В своей работе я постарался представить константы скорости не только в аррениусовской форме, но и в зависимости от давления. Тут можно частично проследить такого рода взаимосвязи (*Яценко П. И. демонстрирует слайд с соответствующими графиками*). То есть константа скорости низкого давления или второго порядка по факту отражает скорость активации и вклад столкновительного распада, а скорость в пределе высоких давлений или первого порядка отражает скорость активации и вклад спонтанного распада. Возможно также, программа в своем функционале не имеет свойства такого разделения, потому что современная РРKM теория рассматривает модель диссоциации не как двухстадийный процесс, это как раз-таки представление классической диссоциации из литературы по модели Линдемана-Хиншельвуда, а как трехстадийный. То есть сначала возбуждение, затем переход из возбужденного состояния в переходный активированный комплекс и уже затем распад из переходного комплекса в продукты. Возможно, программный пакет не умеет так анализировать константу, потому что тут не два процесса накладывается, а три. Но, повторяю, это мое предположение.

### **Председатель**

Спасибо, Павел Иванович. Давайте перейдем тогда к заслушиванию мнения второго оппонента. Это у нас Власов Павел Александрович. Он также присутствует лично. Пожалуйста, и я обращаюсь к вам с такой же просьбой – не тратить время на формальные описание содержания.

### **Власов П. А.**

Первое чтение этой работы показало мне, что эта попытка создать почти идеальную работу. По всем пунктам. Видно было, что человек совершенно поглощен этим занятием и отдает все силы этому делу. Часто такой подход дает очень хороший результат, но, как всегда бывает, что лучшее – враг хорошего. И тут начинаются некоторые моменты.

Первый момент – это первая глава. Она настолько была прописана подробно и с такими деталями, уже даже медицинскими, что, честно говоря, ее надо было вынести в значительной мере в приложение. Такой грандиозный труд не должен остаться в столе, он должен присутствовать, но могу сказать, что у меня он перевесил по значимости все остальное, что было сделано. По крайней мере при первом прочтении. Уж слишком там солидно и много написано, вплоть до американских подзаконных актов. Это надо было чуть-чуть подсократить. Все-таки мы не пожарные и тушить пожары не собираемся. Эти

медицинские воздействия и реакции у мышей не стоило выносить в первую главу. Достаточно было приложения.

Также действительно я согласен, что двух глав с результатами может быть маловато. Поскольку большинство полученных результатов представляют высокий промышленный и научный интерес, то надо было три главы сделать. Может не четыре или пять, но три было бы лучше в плюс к введению.

С экспериментом все браво. Сделан он великолепно. Установка очень чистая. Здесь никаких комментариев нет. Все замечательно.

Павел освоил целый ряд программных продуктов (*по квантово-химическим вычислениям*). В свое время я пытался как пользователь запустить Gaussian. Поставить на расчет сложную молекулу. Перед этим надо было, правда, ее еще правильно «скормить» этому программному комплексу, чтобы он вас правильно понял. Дня три он у меня дома считал на моем Pentium, потом мне стало «жалко» диск и расчет я остановил. Как мне потом объяснили энтропия – это последнее, что выдает пользователю программа расчета. Наши теоретики косо на все мои расчеты посмотрели и сказали, что ты «играешь не на своем поле», а дискуссии с профессором Стариком привели к тому, что он сказал «чтобы в ваши расчеты поверили, и чтобы вы смогли хорошо публиковаться, вам нужно пять профессоров и пять лет их жизни». Дело в том, что методы, хотя и считаются *ab initio*, но результаты требуют определенных эмпирических поправок. Эти поправки далеко не очевидны. Все приходит только с опытом, с большим опытом, со сравнением с другими проделанными результатами, поэтому за Павла тут можно только порадоваться. За его широкую осведомленность. Он также освоил и экспериментальные методики, и теоретические расчеты. Все это увязано и дало очень неплохие результаты.

По поводу переходности (*константы скорости в зависимости от давления*) – это интересный вопрос. В последней статье мы также попытались это сделать, правда дискуссии возникли колоссальные. Но в общем ясно к чему данный вопрос рассматривается Павлом. К тому, чтобы вставить полученные результаты в серьезную кинетическую схему, которая бы, действительно, дала бы ответы на вопросы, как ингибируют хладоны и в чем тут дело? И здесь, наверно, основной комментарий к этой работе – нужно было хоть чуть-чуть добавить некоторой информации о том, какие рассматриваются механизмы ингибирования и как к эти механизмам надо подходить и относиться. Дело в том, что такие сложные молекулы  $C_3F_7I$  и  $C_3H_7I$  явно находятся близко к пределу высоких давлений и интуитивно понятно, что сначала от них должен отщепляться атом йода. А вот дальше возникает интересный вопрос. А когда этот йод должен отщепиться? В периоде индукции задержки воспламенения, или после? В зависимости от того, какая константа скорости, какие условия и где это происходит вы можете данными веществами как промотировать, так и ингибировать пламя, что иногда и наблюдалось. Для водорода с кислородом это хороший ингибитор, а для метана с кислородом – хороший промотор. Если бы диссертант добавил эту информацию в свою работу, все бы встало на свои места.

### **Председатель**

Совсем идеально?

### **Власов П. А.**

Вот совсем идеально. Стало бы гораздо понятней, зачем находились константы скорости,

зачем нужна такая точность их определений, зачем рассчитывалась термодинамика и все остальное. И тогда бы вопросов многих здесь бы не было. А так работа близка к идеалу, но сразу не очевидна.

Из формальных замечаний озвучим такие:

- Обзор литературы может выглядеть избыточным. В диссертационной работе слишком подробно представлены характеристики различных галогеносодержащих соединений, термодинамика и кинетика которых не рассматривается далее. Эта, безусловно полезная с точки зрения общих знаний информация, могла быть представлена в приложении.

- Вещество  $C_3F_7I$  представлено в диссертации в двух различных наименованиях: йодгептафторпропан и гептафторйодпропан. Следовало бы придерживаться единой номенклатуры названий.

- Константы скорости диссоциации всех соединений в переходной области по давлению аппроксимированы по модели Трое с постоянным фактором центрального уширения  $F_c$ . Этот коэффициент, несомненно, позволяет описать всю переходную область в широком диапазоне термодинамических параметров. Тем не менее, современные программные комплексы устроены таким образом, что им для кинетического моделирования нужно три коэффициента для описания переходной области по давлению. Это  $T^*$ ,  $T^{**}$ ,  $T^{***}$ . Не лишним было бы дать для справки и эти коэффициенты, или прокомментировать их взаимосвязь, чтобы читателю было проще самостоятельно внедрить полученные данные в современные кинетические механизмы. Потому что все должно быть направлено на, чтобы вставить полученные результаты в современные кинетические механизмы.

- При расчете стандартной энтальпии образования методом атомизации для всех исследуемых соединений необходимы коэффициенты термокоррекции. В диссертации указано, что эти коэффициенты заимствуются либо из литературных данных, либо определяются самостоятельно на основании квантово-химического расчета. В данном случае использовались литературные значения, но мотивация такого выбора не в диссертации не прокомментирована и остается неясной.

- Оптимизированная геометрия молекул, полученная в ходе квантово-химических вычислений, представлена в диссертации только для исходных соединений, хотя можно было бы представить и для соединений после распада.

Тем не менее, отмеченные замечания и мелкие недостатки не влияют на высокую положительную оценку диссертационной работы и не снижают научную и практическую значимость проведенных исследований.

Таким образом, работа полностью соответствует положению о порядке присуждения ученых степеней номер 842.

Спасибо!

### **Председатель**

Спасибо! Спасибо, Павел Александрович. Павел Иванович, у вас есть время для ответов.

### **Яценко П.И.**

Да, постараюсь все прокомментировать. Спасибо большое за вопросы. Наверно начну, раз уже и у Александра Викторовича, и у Павла Александровича возник вопрос по введению, с этой части. Я хочу прокомментировать свою мотивацию, почему обзорная глава такая большая и почему так все там подробно рассказано.



## Председатель

Интересно, наверно, было?

## Яценко П. И.

Да, первым делом, наверно, мне. Когда я начал готовить литературный обзор, я обнаружил, что по современным хладам практически отсутствует русскоязычная литература, как таковая. Поэтому я решил сделать не просто формальный обзор, а провести систематизацию и анализ различных параметров галогенуглеводородов. Что я, собственно, и сделал. Возможно, эта работа получилась объемной, но я считаю она может быть полезной для читателей и русскоговорящих исследователей, потому что можно в одном месте ознакомиться с современным положением дел в хладамном пожаротушении. По поводу аппроксимации константы скорости в переходной области по давлению. Как отмечено, главное, что выбранная мной форма представлений переходной области позволяет описать кинетику в широком диапазоне температур – это самое главное. Я выбрал такую форму, как самую традиционную и самую простую. Она описывает переходную область давления в симметричном представлении, что чаще всего является хорошим приближением. Для  $\text{CF}_3\text{I}$  мы провели обобщенный расчет, он оказался близок к упрощенному, поэтому я решил не перегружать работу введением дополнительных коэффициентов. Но если это необходимо, например, для химкина, в тьюриале и к программе есть описание данных коэффициентов и как к ним переходить (*Яценко П.И. продемонстрировал соответствующий слайд с из презентации*). Поэтому этот переход есть, хотя и не такой простой.

Дальше вопрос по моделям атомизации, чтобы посчитать энтальпию образования. Как ни странно – это совсем не тривиальный вопрос, хотя изначально кажется и простым. По нему среди исследователей нет однозначного консенсуса и критерия, какие коэффициенты, когда мы должны выбирать. Как оказалось, тут я соглашусь с Павлом Александровичем, для хороших квантово-химических расчетов нужно много времени. Сами исследователи в этой области называют такие способности не опытом, а химической интуицией. Тут есть два лагеря. Кто-то использует расчетные параметры термокоррекции, то есть самостоятельно определяет их на основании квантово химических вычислений, кто-то экспериментальные, то есть берет из литературных данных. Причем, в зависимости от выбора подхода, меняется даже их физический смысл. Я решил руководствоваться литературными параметрами, поскольку их рекомендуют авторы программы Gaussian и они чаще встречаются в литературных данных. Поэтому вот таким был мой критерий их применимости.

И по поводу представления данных о геометрической оптимизации молекул. Я действительно привел результаты только для исходных соединений. Уже это достаточно большой массив данных, поэтому для каждого промежуточного соединения или продукта представлять декартовы координаты по каждому из входящих в это соединение атому я посчитал излишним. Вы представляете, сколько было промежуточных соединений, а в каждом соединении сколько атомов, и для каждого атома нужно три декартовы составляющие. Хотя действительно эта информация может быть полезна.

И наверно, я постарался ответить на те замечания, которые были мне заданы.

## Председатель

Спасибо, большое, Павел Иванович.

**Яценко П. И.**

Спасибо!

**Председатель**

Вы присаживайтесь, а у нас время для дискуссий. Пожалуйста, кто хочет высказаться?

**Амиров Р.Х.**

Можно я скажу?

**Председатель**

Да, пожалуйста.

**Амиров Р.Х.**

Мне эта работа хорошо известна, потому что я и так член конкурсной комиссии. Павел участвовал с частью материалов в конкурсе молодых ученых два раза. Еще в начале студенчества, потом аспирантом. Еще я на предзащите присутствовал. Что я хочу в первую очередь отметить, новые моменты, положительные. Это есть тут две части – есть теоретическая и экспериментальная. И обе равносильны. Обычно в кандидатских диссертациях, когда делаются попытки теорией, например, заняться, что всегда какая-то часть работы перевешивает.

Вторая вещь, которая в плюс идет, поскольку я хорошо знаю работы лаборатории неравновесных процессов, это в общем то, что появилась новая тематика в лаборатории. Почему у нее большой потенциал, много развития? Ну самое простое это то, что будут выпускаться достаточно большое количество статей нужного качества. Мы все знаем, в какие игры нам приходится сейчас играть.

Ну и третий момент, который я хотел отметить, не занимая больше времени – очень удачно выступает кандидат. Мы когда проводили конкурс, сначала проводится заочный тур. Люди сначала ориентируются на краткие формулировки и прежде всего на список публикаций. Чем больше их кварталы, тем больше есть желание поднять автора повыше при заочном туре. И вот в обоих конкурсах, и в студенческом, и в аспирантском, наш сегодняшний диссертант из середины резко поднимался вверх. Причем среди членов комиссии существует разумное правило, что желательно проводить ротацию победителей. Потому что плотность результатов настолько высокая, когда там тридцать человек претендует на первое место, например в конкурсе аспирантов, то отрывы минимальные. Чуть-чуть измени результаты члены комиссии – все будет совсем по-другому. И вот когда Павел уже второй раз выиграл, то там был отрыв настолько большой по очкам, что уже членам комиссии деваться было некуда. Поэтому я призываю ученый совет голосовать «за» за очень хорошую работу.

**Председатель**

Спасибо, Равиль Хабибулович. Кто-то еще? Да, Виктор Владимирович, пожалуйста.

**Голуб В. В.**

У меня работа Павла Ивановича вызывает восхищение. Я могу еще сказать, поскольку тут были замечания насчет того, какая часть работы была выполнена им самим, что я нахожусь близко с этой установкой, и я много раз и много лет видел его непосредственно

работающим на ударной трубе. И вот этот вопрос, подтверждаю, можно снять. И мы видим, что Павла Ивановича, на самом деле, два человека, которые очень высокого уровня экспериментатор и теоретик. Реально, здесь две части работы, каждая из которых претендует на то, чтобы быть самостоятельной диссертацией. Тут высочайшего уровня эксперимент и расчет, но они так тесно взаимосвязаны, что красиво представлены здесь вместе в одной работе.

Что касается вопросов по поводу первой главы. Поскольку для меня эта тема была достаточно новой, я прочел ее с огромным удовольствием. И могу сказать, что, в принципе, эту главу можно.... У нас есть такой журнал институтский – энергия. Он как раз такого уровня, где можно более-менее популярно, но с глубокими новыми знаниями.... И вот в этот журнал, по-моему, вот прямо сейчас можно первую главу туда давать, и она будет прямо так опубликована. И это уже станет достоянием для людей, которые хотят, так скажем, образоваться в этом новом интересном направлении.

Еще много чего хочется сказать. Да, насчет эксперимента. Близкий мне вопрос. Я лет шесть работал с вакуумом  $10^{-7}$  мм. ртутного столба, правда в больших объемах, и, честно говоря, с ужасом вспоминаю то время. Настолько это требует серьезного отношения ко всему – это кошмар какой-то. И вот, помимо тех «тонких» квантово-химических расчетов, Павел смог преодолеть все эти сложности очень высокого вакуума.

Короче говоря, чтобы не задерживать вас, хочется наступить, что называется, «сапогом на свою песню», так как хочется петь о нем долго, но в сухом остатке я, конечно, призываю голосовать за положительное решение по этой работе.

### **Председатель**

Спасибо, Виктор Владимирович.

### **Храпак А.Г.**

*(Тянет руку)*

### **Председатель**

Да пожалуйста, если хочется. Пожалуйста, Алексей (*Храпак А.Г.*).

### **Храпак А.Г.**

Буквально несколько слов. Мне пришлось с удовольствием быть рецензентом на предзащите этой диссертации, тем самым я вынужден был прочитать весь том диссертации и получил от этого большое удовольствие. Диссертация написана великолепным языком. Особенно большое и сильное впечатление на меня произвела первая глава, о которой много уже здесь говорили. Потому что конечно все, почти все присутствующие мало что знают о пожаротушении и веществах, которые наиболее полезны в этом деле. Но отсюда получаются очень хорошие результаты. И я присоединяюсь к Вашему предложению по публикации, но только предлагаю немного его усилит. Не в Энергии (*журнал*), а может быть в теплофизике высоких температур (*журнал*) – обзорную статью небольшую опубликовать. Потому что очень, в принципе ее немного подредактировать, конечно, эту главу.... Это можно сделать.

Ну а в целом, диссертация очень хорошая и я призываю членов ученого совета голосовать «За».

### **Председатель**

Спасибо большое! Там может кто-то удаленно хочет что-то сказать? Нет? Тогда мне ситуация представляется достаточной ясной, поэтому я предлагаю перейти к следующему пункту нашей повестки. Павел Иванович, у вас есть возможность произнести заключительное слово. Не стесняйтесь. Перед голосованием это важно!

### **Яценко П. И.**

Ну, наверное, будут общие слова. Я бы хотел всех поблагодарить. Во-первых, поблагодарить всех членов диссертационного совета, всех присутствующих тут, за то, что позволили мне сегодня представить мою диссертационную работу, которая преследовала меня последний год. Также хочу сказать, конечно, большое спасибо Александру Викторовичу Еремину за то, что направлял, сопровождал меня в течение всего диссертационного проекта и отдельное спасибо за то, что давал мне такую творческую свободу в этой работе – она помогла мне, в том числе, для первой главы. Также, хочу поблагодарить всех своих коллег, особенно: Александра Валентиновича Емельянова, Никиту Быстрова – с ними мы все четыре года занимались экспериментами, этим «тяжелым» вакуумом. Отдельное спасибо Екатерине Юрьевне Михеевой за то, что в принципе познакомила меня с научной деятельностью, пригласила сюда в лабораторию работать. Спасибо оппонентам: Александру Викторовичу Уварову, Павлу Александровичу Власову. Их замечания были очень важны и более того, это не только замечания в отзывах, но это также были рекомендации на предзащите, ими я старался пользоваться, часть осталась на будущие работы. Поэтому это было очень полезно.

Также Андрею Геннадьевичу Шмакову из Новосибирска, который составил отзыв от ведущей организации, тоже большое спасибо.

Ну и в принципе, спасибо всем, кто поддерживал меня, помогал пройти все бюрократические процедуры. Вам спасибо, Ольга. Поэтому всех благодарю за отзывы на автореферат, за помощь с бюрократией.

### **Председатель**

Спасибо. Так мы переходим к голосованию. И в связи с тем, что у нас часть людей присутствует удаленно, мы не выбираем счетную комиссию – голосуем электронно.

### **Ученый секретарь**

Уважаемые коллеги! Мы переходим к голосованию.

*(Проводится процедура голосования).*

Итого все проголосовали, есть результаты!

Уважаемые коллеги, уважаемый соискатель! У нас есть результаты голосования членов диссертационного совета. Итак, на защите сегодня присутствовало 24 члена диссертационного совета, из них 12 очно и 12 онлайн. По специальности, по профилю диссертации, у нас 13 человек. И окончательно объявляю – все единогласно проголосовали «за». Просьба утвердить.

### **Председатель**

Кто «за»? *(Протокол счетной комиссии утвержден единогласно).* Все «за»! Спасибо! Спасибо большое.

### Ученый секретарь

Тогда мы поздравляем Павла Яценко!

Остается еще важная часть. Соискателю просьба отмечать замечания, которые сейчас будут по проекту заключения совета. Переходим к обсуждению проекта заключения. Есть замечания, пожелания? *(Члены диссертационного совета обсуждают проект заключения).*

### Председатель

Если больше нет желающих обсуждать проект, тогда мы должны проголосовать с теми замечаниями, которые были указаны и высказаны. Кто за заключение с замечаниями, которые были указаны? Кто против? Нет. Кто воздержался? Нет. Спасибо, принято единогласно. *(Проект заключения принят единогласно).* Первая защиту на этом закончили.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.193.01  
(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 08.12.2021 № 29

О присуждении Яценко Павлу Ивановичу, гражданину Российской Федерации ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Исследование термодинамических и кинетических свойств йодсодержащих галогенуглеродов пропанового ряда» по специальности 1.3.14 - теплофизика и теоретическая теплотехника принята к защите 05.10.2021г., (протокол заседания № 16) 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.(ред. 1046/нк от 15.10.2021г.)

Соискатель Яценко Павел Иванович 1993года рождения, в 2017году окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)».

В 2021 году окончил очную аспирантуру Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московского государственного технического университета 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.

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, профессор кафедры молекулярных процессов и

экстремальных состояний вещества физического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова» Уваров Александр Викторович;

- доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник лаборатории окисления углеводородов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук Власов Павел Александрович

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского Сибирского отделения Российской академии наук (г. Новосибирск) в своем положительном заключении, составленном заведующим лабораторией кинетики процессов горения, кандидатом химических наук Шмаковым А. Г. и утвержденном 17.11.2021г директором ИХКГ СО РАН, доктором химических наук Онищук А.А указала, что диссертация является законченной научно-квалификационной работой с высокой научной и прикладной значимостью. Например, в работе комплексно исследованы и получены данные о термодинамических и кинетических свойствах молекул йодтрифторметана  $CF_3I$ , 1-йодгептофторпропана  $n-C_3F_7I$ , 2-йодгептофторпропана  $i-C_3F_7I$  и 1-йодпропана  $n-C_3H_7I$ , 2-йодпропана  $i-C_3H_7I$ . Впервые получены температурные зависимости энтальпии, энтропии и теплоемкости указанных соединений и константы скоростей их первичной мономолекулярной диссоциации. Интересны также результаты по обобщению кинетических свойств йодсодержащих галогенированных углеродов гомологических рядов  $C_nH_{2n+1}I$  и  $C_nF_{2n+1}I$ . Все представленные в работе данные имеют непосредственное отношение к развитию представлений о механизмах химического и теплового ингибирования очагов пожаров с помощью йодированных хладонов.

Результаты работы могут быть использованы в научных, научно-образовательных и научно-производственных учреждениях, развивающих кинетические и термодинамические базы данных различных веществ, а также занимающихся разработкой и уточнением химико-кинетических моделей воспламенения, горения и взрыва. В частности, в Объединенном институте высоких температур РАН, в Институте нефтехимического синтеза им. А. В. Топчиева РАН, Институте химической физики им. Н.Н. Семенова РАН (ИХФ РАН), Институте химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского СО РАН (ИХКиГ СО РАН), Московском государственном техническом университете им. Н.Э. Баумана (МГТУ им. Н.Э. Баумана), в НИИ противопожарной обороны (ФГБУ ВНИИПО МЧС России). Некоторые результаты диссертации уже используются Национальным институтом стандартов и технологий США (NIST) в собственной базе данных химической кинетики.

Соискатель имеет 5 опубликованных работ по теме диссертации в реферируемых журналах из списка ВАК (4 индексируются в «Web of Science» и «Scopus») и 6 работ в сборниках материалов и тезисов конференций.

Основные публикации:

1. Bystrov N.S., Emelianov A.V., Eremin A.V., Yatsenko P.I. ARAS monitoring of various halogen atoms formation in pyrolysis reactions behind shock waves//J. Phys. Conf. Ser. 2018. V. 946. 012069.
2. Bystrov N.S., Emelianov A.V., Eremin A.V., Yatsenko P.I. Direct measurements of rate coefficients for thermal decomposition of  $CF_3I$  using shock – tube ARAS technique//J. Phys. D: Appl. Phys. 2018. V. 51. 184004
3. Bystrov N, Emelianov A, Eremin A, Loukhovitski B, Sharipov A, Yatsenko P. Direct measurements of  $n-C_3F_7I$  dissociation rate constants using a shock tube ARAS technique//Int J Chem Kinet. 2019. V. 51. p. 206–214.
4. N.S. Bystrov, A.V. Emelianov, A.V. Eremin, B.I. Loukhovitski, A.S. Sharipov, P.I. Yatsenko. Monomolecular decomposition of  $C_3F_7I$  and  $CF_3I$ : Theory meets experiment// J. Phys. Conf. Ser.

2020. V. 1556. 012037.

5. Н.С. Быстров, А.В. Емельянов, А.В. Еремин, Б.И. Луховицкий, А.С. Шарипов, П.И. Яценко. Термодинамические свойства  $n\text{-C}_3\text{F}_7\text{I}$  и его мономолекулярная диссоциация в условиях ударно-трубного нагрева // Горение и взрыв. 2020. Т. 13, №3. стр. 43-49.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. **Самарский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук** (директор СФ ФИАН, д.ф.-м.н., профессор Аязов Валерий Николаевич) – отзыв положительный, без замечаний.

2. **Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук**(директор ИПМех РАН, заведующий лабораторией термогазодинамики и горения, д.ф.-м.н. Якуш Сергей Евгеньевич) – отзыв положительный, с замечанием:

- В формулах (8)-(11) и (15)-(19) энергия активации приведена в кДж/моль, тогда как в общей формуле закона Аррениуса (7) на стр.12 утверждается, что энергия активации измеряется в Дж/моль. Следовало более четко указать единицы измерения этой величины.

3. **Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт гидродинамики имени М. А. Лаврентьева Сибирского отделения Российской академии наук** (главный научный сотрудник, д.ф.-м.н., профессор Васильев Анатолий Александрович) – отзыв положительный, без замечаний.

4. **Научно-исследовательский институт механики МГУ имени М. В. Ломоносова** (ведущий научный сотрудник лаборатории кинетических процессов в газах, к.ф.-м.н., Погосбэжян Михаил Юрьевич) - отзыв положительный, без замечаний.

5. **Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»** (заведующий кафедрой «Теплофизика» МГТУ им. Н. Э. Баумана, доцент, д.ф.-м.н. Чирков Алексей Юрьевич) - отзыв положительный, с замечаниями и вопросами:

- Не вполне корректное сочетание слов «термодинамических и кинетических свойствах молекул» в цели работы.

- Приведенные на стр. 8 выражения термодинамических свойств не зависят от давления. В связи с этим возникает вопрос: каким давлениям они соответствуют? В частности, на стр. 13–14 говорится о свойствах молекул на основе потенциала Леннарда-Джонса (что проявляется в зависимости термодинамических свойств от давления) и «расслоению» константы скорости по давлениям.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается:

- доктор физико-математических наук, профессор кафедры молекулярных процессов и экстремальных состояний вещества физического факультета МГУ, профессор Уваров А.В. является ведущим ученым в области физики молекулярных взаимодействий, физико-химической кинетики и физической газодинамики, руководителем постоянно действующего семинара "Физико-химическая кинетика в газовой динамике".

1. N. A. Vinnichenko, A. V. Pushtaev, Y. Yu. Plaksina, A. V. Uvarov. Measurements of liquid surface relief with moon-glade background oriented Schlieren technique // *Experimental Thermal and Fluid Science*, 2020. Vol. 114. P. 110051

2. N. A. Vinnichenko, A. V. Pushtaev, Y. Yu. Plaksina, A. V. Uvarov. Natural convection flows due to evaporation of heavier-than-air fluids: Flow direction and validity of using similarity of temperature and vapor density fields // *Experimental Thermal and Fluid Science*, 2019, V. 106, P. 1-10.

3. N. A. Vinnichenko A. V. Pushtaev, Y. Yu. Plaksina, Yu. K. Rudenko, A. V. Uvarov. Horizontal convection driven by nonuniform radiative heating in liquids with different surface behavior // *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 2018, V. 126, P. 400-410.

- доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник лаборатории окисления углеводородов ФИЦ ХФ РАН Власов Павел Александрович является

признанным специалистом в области химической кинетики, физики воспламенения, горения и взрыва газообразных и конденсированных веществ, а также в области ударно-трубных исследований высокотемпературных процессов в реагирующих газах. Автор нескольких иерархических химико-кинетических механизмов по горению и воспламенению различных углеводородных топлив.

1. V. N. Smirnov, P. A. Vlasov. Effects of hydrocarbon impurities, vibrational relaxation, and boundary-layer-induced pressure rise on the ignition of  $H_2-O_2-Ar$  mixtures behind reflected shock waves // *International Journal of Hydrogen Energy*, 2021, V. 46, P. 9580-9594/

2. V. N. Smirnov, P. A. Vlasov. Kinetic and thermochemical characteristics of the dissociation of  $Mo(CO)_6$  and  $W(CO)_6$  // *Int J Chem Kinet.*, 2019, V. 51, P. 232–245.

3. P. A. Vlasov, G. L. Agafonov, D. I. Mikhailov, V. N. Smirnov, A. M. Tereza, I. V. Zhiltsova, A. E. Sychev, A. S. Shchukin, D. N. Khmelenin, A. N. Streletskii, A. B. Borunova, S. V. Stovbun. Shock-tube study of the formation of iron, carbon, and iron-carbon binary nanoparticles: experiment and detailed kinetic simulations // *Combustion Science and Technology*, 2019, V. 191, P. 243-262.

- Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского Сибирского отделения Российской академии наук является профильной организацией, специализирующейся на изучении кинетики элементарных процессов и механизмов химических превращений с использованием и разработкой теоретических и экспериментальных физических методов исследований. В институте активно ведутся работы по исследованию структуры и динамики химических и биологических систем на молекулярном, супрамолекулярном и микроскопическом уровнях, поиску взаимосвязей между химической реакционной способностью и функциональными свойствами вещества. В лаборатории кинетики процессов горения ИХКГ СО РАН проводятся интенсивные работы по развитию и уточнению механизмов горения в газовой и конденсированной фазе, а также по способам ингибирования и промотирования пожаро- и взрывоопасных горючих соединений.

1. Dmitriev A. M., Osipova K. N., Shmakov A. G., Bolshova T. A., Knyazkov D. A., Glaude P. A. Laminar flame structure of ethyl pentanoate at low and atmospheric pressure: experimental and kinetic modeling study // *Energy*, 2021, V. 215, 119115.

2. Sinditskii V. P., Smirnova A. D., Serushkin V. V., Yudin N. V., Vatsadze I. A., Dalinger I. L., Sheremetev A. B., Kiselev V. G. Nitroderivatives of N-pyrazolytetrazoles: Thermal decomposition and combustion // *Thermochimica Acta*, 2021, V. 698, 178876.

3. O.P. Korobeinichev, A.A. Paletsky, M.B. Gonchikzhapov, R.K. Glazneva, E. Gerasimov, Y.K. Naganovsky, I.K. Shundrina, A.Yu. Snegirev, R. Vinu. Kinetics of thermal decomposition of PMMA at different heating rates and in a wide temperature range // *Thermochimica Acta*, 2019, V. 671, P. 17-25.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– Впервые первопринципными методами рассчитаны термодинамические характеристики молекул  $n-C_3F_7I$  и  $i-C_3F_7I$  такие как энтальпия образования, энтропия, изобарная теплоемкость. Получены температурные зависимости этих данных в диапазоне 200–5000 К. Для молекул  $n-C_3H_7I$  и  $i-C_3H_7I$  термодинамические характеристики были уточнены при помощи квантово-химического расчета на более высоком, чем ранее, уровне теории.

– Определена термохимия реакций диссоциации и изомеризации  $C_3F_7I$  и  $C_3H_7I$ , а также впервые рассчитаны константы равновесия в реакциях их изомеризации.

– Расширен диапазон температур и давлений, в котором константа скорости мономолекулярной диссоциации  $CF_3I$  определена посредством прямых экспериментальных измерений. Впервые посредством прямых измерений определены константы скорости мономолекулярной диссоциации  $n-C_3F_7I$  и  $n-C_3H_7I$  в широком диапазоне температур при различных давлениях.

– Для молекулы  $CF_3I$  на основе теории РПКМ уточнены значения константы скорости



диссоциации в пределе высоких и низких давлений, а также в переходной области. Для молекул  $n\text{-C}_3\text{F}_7\text{I}$  и  $n\text{-C}_3\text{H}_7\text{I}$  расчеты констант скоростей диссоциации на основе теории РРKM проведены впервые в широком диапазоне термодинамических параметров.

– Выявлены общие закономерности рядов  $\text{C}_n\text{F}_{2n+1}\text{I}$  и  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{I}$  в энергетике С-И связи и поведении констант скоростей диссоциации в зависимости от давления, размера молекул, влияния замещающих атомов и т.п.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

– термодинамические и кинетические характеристики молекул йодтрифторметана  $\text{CF}_3\text{I}$ , 1-йодгептофторпропана  $n\text{-C}_3\text{F}_7\text{I}$ , 2-йодгептофторпропана  $i\text{-C}_3\text{F}_7\text{I}$  и 1-йодпропана  $n\text{-C}_3\text{H}_7\text{I}$ , 2-йодпропана  $i\text{-C}_3\text{H}_7\text{I}$  являются фундаментальными свойствами данных соединений. В частности, полученные результаты по константам скорости мономолекулярной диссоциации указанных выше соединений, их теплоемкости, энтальпии образования и энтропии пополняют базы данных о теплофизических и кинетических свойствах веществ новыми данными, необходимыми для широкого класса теоретических и прикладных задач.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

– показана перспективность использования йодсодержащих галогенированных углеродов в качестве химически активных ингибиторов горения и взрывопредупреждения;

– полученные свойства соединений необходимы для разработки кинетических моделей, требующихся для понимания природы химического ингибирования и точного предсказания процессов взаимодействия хладонов с топливами в очаге возгорания.

– показаны общие закономерности в кинетике распада рядов  $\text{C}_n\text{F}_{2n+1}\text{I}$  и  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{I}$  по энергетике С-И связи и поведению констант скоростей диссоциации в зависимости от давления, размера молекул, влияния замещающих атомов и т.п. Эти сведения полезны для проведения оценочных аналогий в промышленной химии, если отсутствуют необходимые экспериментальные данные.

Результаты работы могут быть использованы в научных, научно-образовательных и научно-производственных учреждениях, развивающих кинетические и термодинамические базы данных различных веществ, а также занимающихся разработкой и уточнением химико-кинетических моделей воспламенения, горения и взрыва. В частности, в Объединенном институте высоких температур РАН, в Институте нефтехимического синтеза им. А. В. Топчиева РАН, Институте химической физики им. Н.Н.

Семенова РАН (ИХФ РАН), Институте химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского СО РАН (ИХКиГ СО РАН), Московском государственном техническом университете им. Н.Э. Баумана (МГТУ им. Н.Э. Баумана), в НИИ противопожарной обороны (ФГБУ ВНИИПО МЧС России). Некоторые результаты диссертации уже используются Национальным институтом стандартов и технологий США (NIST) в собственной базе данных химической кинетики.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что достоверность представленных данных обеспечивается использованием прецизионного экспериментального метода АРАС, являющегося «золотым стандартом» в измерениях элементарных констант скоростей, и квантово-химических расчетных процедур на высоком уровне теории с использованием необходимых поправочных коэффициентов, рекомендованных базой данных вычислительной химии NIST. Теоретический расчет констант скоростей мономолекулярной диссоциации проведен на микроканоническом уровне модели РРKM, являющейся по современным представлениям в химической кинетике одной из наиболее точно сформулированных теорий. Все расчеты проведены в общепринятых программных пакетах. Достоверность результатов дополнительно подтверждается хорошим соответствием экспериментальных и теоретических данных, а также согласием с имеющимися литературными сведениями.

Личный вклад соискателя является определяющим. Все положения, выносимые на защиту, получены лично автором или при его активном участии. Автором осуществлена постановка целей, задач и планирование исследований. Он принимал непосредственное участие в проведении экспериментальных работ и теоретических расчетов, в обработке и анализе полученных данных, в подготовке публикаций по теме диссертации.

Апробация результатов исследования проводилась на 7 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 Яценко Павел Иванович согласился с замечаниями и ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию и обоснования.

Диссертационным советом сделан вывод о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям пункта 9, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней № 842 от 24.09.2013г.

На заседании от 08.12.2021г. диссертационный совет принял решение присудить Яценко Павлу Ивановичу ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.14 - теплофизика и теоретическая теплотехника;

При проведении тайного голосования Диссертационный совет в количестве 24 человек, из них 12 очно (6 докторов наук по специальности 1.3.9 – физика плазмы и 6 докторов наук по специальности 1.3.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника) и 12 дистанционно (5 докторов наук по специальности 1.3.9 – физика плазмы и 7 докторов наук по специальности 1.3.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника), участвовавших в заседании, из 30 человека, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 24, против 0, недействительных бюллетеней - 0.

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



Андреев Н. Е.

Ученый секретарь диссертационного совета Д 002.110.02  
д.ф.-м.н.



Васильев М. М.

08.12.2021г.