

**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 2 ноября 2022 г. (протокол № 29)

Защита диссертации Судакова Владимира Сергеевича  
на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук  
«Явления самоорганизации в сложных активных коллоидных системах»

Специальность 1.3.14 - теплофизика и теоретическая теплотехника

Москва – 2022

## 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)

Диссертационный совет 24.1.193.01 (Д 002.110.02) утвержден Приказом Министерства образования и науки РФ от 26.01.2022 г. № 86/ в составе 31 человека. На заседании присутствуют 23 человека, из них 9 докторов наук по специальности 1.3.9 – физика плазмы и 11 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 002.110.02) д.ф.-м.н., профессор Храпак А. Г.

**Ученый секретарь** – ученый секретарь диссертационного совета 24.1.193.01 (Д 002.110.02) к.ф.-м.н. Тимофеев А. В.

1	Петров О.Ф.	Академик, д.ф.-м.н., профессор	1.3.9	Присутствует
2	Андреев Н.Е.	Д.ф.-м.н., профессор	1.3.9	Отсутствует
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	Отсутствует
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	Присутствует
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	Подключен
14	Голуб В.В.	Д.ф.-м.н., профессор	1.3.14	Присутствует
15	Грязнов В.К.	Д.ф.-м.н.	1.3.14	Подключен
16	Дьячков Л.Г.	Д.ф.-м.н.	1.3.9	Присутствует
17	Еремин А.В.	Д.ф.-м.н., профессор	1.3.14	Отсутствует
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	Подключен
20	Иосилевский И.Л.	Д.ф.-м.н., профессор	1.3.9	Присутствует
21	Киверин А.В.	Д.ф.-м.н.	1.3.14	Присутствует
22	Кириллин А.В.	Д.ф.-м.н., профессор	1.3.14	Подключен
23	Лагарьков А.Н.	Академик, д.ф.-м.н., профессор	1.3.9	Отсутствует
24	Левашов П.Р.	К.ф.-м.н.	1.3.14	Присутствует
25	Ломоносов И.В.	Чл.-корр. РАН, 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	Присутствует
28	Пикуз С.А.	К.ф.-м.н.	1.3.9	Присутствует
29	Савватимский А.И.	Д.т.н.	1.3.14	Подключен
30	Филиппов А.В.	Д.ф.-м.н., профессор	1.3.9	Присутствует
31	Яньков Г.Г.	Д.т.н., с.н.с.	1.3.9	Отсутствует

## ПОВЕСТКА ДНЯ

На повестке дня защита диссертации младшего научного сотрудника лаборатории активных коллоидных систем Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физический институт имени П. Н. Лебедева Российской академии наук **Судакова Владимира Сергеевича** на тему «Явления самоорганизации в сложных активных коллоидных системах». Диссертация впервые представлена на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.14 - теплофизика и теоретическая теплотехника. Диссертация выполнена в лаборатории №17.3. – активных кулоновских систем Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук (125412, г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2, [jiht.ru](http://jiht.ru)).

### **Научный руководитель:**

**Петров Олег Фёдорович** – академик РАН, профессор, доктор физико-математических наук, директор Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук.

### **Официальные оппоненты:**

**Марчук Игорь Владимирович** – гражданин РФ, доктор физико-математических наук, профессор РАН, декан механико-математического факультета Новосибирского государственного университета (НГУ; Россия, 630090, Новосибирск, ул. Пирогова, д. 1).

**Кузнецов Гений Владимирович** – гражданин РФ, доктор физико-математических наук, профессор Научно-образовательного центра И.Н. Бутакова Томского политехнического университета (ТПУ; Россия, 634034, Томск, пр-кт Ленина, д. 30).

### **Ведущая организация:**

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки институт теплофизики им. С. С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук (ИТ СО РАН; Россия, 630090, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, д. 1)**

На заседании присутствуют официальный оппонент профессор РАН, доктор физико-математических наук Марчук Игорь Владимирович, научный руководитель академик РАН, профессор, доктор физико-математических наук Петров Олег Фёдорович. По видео связи подключился официальный оппонент профессор, доктор физико-математических наук Кузнецов Гений Владимирович.

## СТЕНОГРАММА

### Председатель

Мы можем приступить к заседанию по защите диссертации Судакова Владимира Сергеевича на тему «Явления самоорганизации в сложных активных коллоидных системах», на соискание степени к.ф.-м.н. по специальности 1.3.14 - теплофизика и теоретическая теплотехника.

Я хочу предоставить слово ученому секретарю, который доложит нам содержание всех представленных соискателем документов.

### Ученый секретарь

Уважаемые коллеги, в наш диссертационный совет обратился младший научный сотрудник лаборатории активных коллоидных систем, отдела теоретической физики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физический институт имени П. Н. Лебедева Российской академии наук. Владимир Сергеевич работает в лаборатории с 2020 года, родился в 1994 году. В 2018 году окончил обучение в институте ПМГМУ им. И. М. Сеченова по специальности «лечебное дело», поступил на очную аспирантуру МФТИ, по научной специальности «теплофизика и теоретическая теплотехника». Научный руководитель академик РАН, профессор, доктор физико-математических наук Петров Олег Фёдорович. Для предварительного рассмотрения была избрана комиссия из диссертационного совета в составе: заведующего лабораторией №15.2 – вычислительной физики д.ф.-м.н. Киверина Алексея Дмитриевича, заведующего лабораторией №17.3 д.ф.-м.н. Васильева Михаила Михайловича, главного научного сотрудника лаборатории №17.3 д.ф.-м.н. Филиппова Анатолия Васильевича. Комиссия дала заключение о соответствии работы тематике диссертационного совета и о возможности защиты в нашем диссертационном совете. В аттестационном деле имеются все необходимые документы. С вашего позволения, зачитывать все документы не буду, если будут вопросы, готов ответить.

### Председатель

Владимир Сергеевич, вам предоставляется слово, изложить основные моменты Вашей диссертации.

### Судаков В. С.

*Выступает с докладом по диссертационной работе (выступление не стенографируется, доклад Судакова В. С. прилагается).*

### Председатель

Спасибо, Владимир Сергеевич. У нас есть возможность задать вопросы. Пожалуйста, Анатолий Васильевич.

### Филиппов А.В.

Вы говорили, что у вас на больших расстояниях частицы испытывают электростатическое отталкивание, а какие заряды они несут?

### Судаков В. С.

Спасибо за вопрос. В силу того, что мы использовали анионный стабилизатор, то заряд у частиц будет одинаковый. Только в данном случае, это не частицы, а капли.

### Филиппов А.В.

Да, капли. Какое значение заряда они имеют? Значение электронов, например.

**Судаков В. С.**

В нашей работе такие исследования не проводились.

**Филиппов А.В.**

Ясно. Вы знаете, что на малых расстояниях за счет электростатического взаимодействия частицы могут притягиваться, не только за счет Ван-дер-Ваальсовского взаимодействия.

**Судаков В. С.**

Да. Просто я сказал только про силы Ван-дер-Ваальса.

**Председатель**

Кто еще хочет задать вопрос? Пожалуйста.

**Вараксин А.Ю.**

Владимир Сергеевич, спасибо, очень интересный был доклад, очень много задач вы рассмотрели. Такой вопрос: Вы показали много картинок, какие-то обобщающие графики есть у вас в работе?

**Судаков В. С.**

Да такие графики присутствуют в наших работах. Презентация претерпела большое количество изменений в силу того, что было много выступлений и везде говорили убирать графики и показывать больше видео для лучшего понимания происходящего процесса.

**Председатель**

Есть еще желающие задать вопрос? Пожалуйста.

**Васильев М.Н.**

Спасибо за интересную презентацию. Вопрос вот какой: Вы использовали только один тип эмульсии «вода в масле», никакие другие не пробовали?

**Судаков В. С.**

На чипе мы создавали эмульсию «масло в воде».

**Васильев М.Н.**

Вопрос по-другому сформулирую. Появятся какие-нибудь новые эффекты, если вы возьмете эмульсию другую? От состава эмульсии, эффекты зависят или нет?

**Судаков В. С.**

Спасибо за вопрос. В результате проведения работы, мы перепробовали большое количество углеводородов. В частности, активность имеет октан и нонан. Нонам немного уступает, у него не такая сильная активность. Тридекан не имеет активности, потому что при увеличении концентрации аммиака не выполняется основное условие для возникновения течения Марангони, не снижается межфазное натяжение. Перебором большого количества углеводородов, мы пришли к выводу, что активность имеют только два углеводорода — это октан и нонан.

**Пикуз С.А.**

В продолжении вопроса, хотел бы обратить внимание, что в ваших формулировках положений, выносимых на защиту, они все сделаны все в таком общем виде. Например, второе положение, условия формирования вихревых структур в активной эмульсии или

третье, зависимость скорости роста кристалла в активной эмульсии от скорости движения капель. Правильно я понимаю, что выводы, которые вы сделали из своей работы, они носят общий характер, что вне зависимости от того, какую мы будем рассматривать эмульсию, какие условия, найденные вами зависимости или условия формирования, будут релевантными? Как вы доказываете, что эти утверждения носят общий характер?

### **Судаков В. С.**

Спасибо за вопрос. Сейчас постараюсь объяснить. Что касается положений, выносимых на защиту, допустим, второе положение «условия формирования вихревых структур в активной эмульсии». Кажется достаточно простым, тот ответ, что размеры капель в эмульсии должны быть одинаковыми. Я, наверное, лучше отнесу к третьему положению, про рост кристалла, этот ответ. Полидисперсная эмульсия не подойдет для того, чтобы мы смогли нарастить коллоидный кристалл. Подойдет только монодисперсная. Если мы будем использовать полидисперсную, к сожалению, из-за лимита времени, я это не показал, но в работе это есть, этот эксперимент подтвержденный, коллоидный кристалл не образуется из такой эмульсии, а образуется так называемое стекло. Для пятого положения «критерий возникновения возвратно-поступательного движения». Среди моих перечисленных критериев было, что должна проходить химическая реакция, которая должна изменять межфазное натяжение на границе раздела воздух-вода, также, из-за лимита времени, в работе это продемонстрировано, есть основной критерий в заключении он тоже прозвучал, это то, что должна быть плотная эмульсия. Если эмульсия не плотная, то осциллирующее движение вырождается. Почему? Потому что, тогда не будет возникать разницы поверхностного натяжения. При первой осцилляции, в работе это продемонстрировано, также видео есть, при первой осцилляции капли расходятся и дальше нету второй и третьей фазы в эмульсии. Потому что, нет разницы межфазного натяжения. Как бы такие вот выводы, которые должны соблюдаться, то вот они есть.

### **Пикуз С.А.**

Позвольте, я тогда, может быть, чуть-чуть переформулирую вопрос. Все что вы сейчас сказали было проверено экспериментально на конкретном химическом составе вашей эмульсии. Вопрос в том, что, если мы изменим этот модельный какой-то объект. Значит, как вы обосновываете, то, что результаты, полученные на таком модельном объекте, применимы к более широкому классу? Что вы можете сформулировать эти выводы касаясь вообще всех активных эмульсий в зависимости от полученных результатов? Вы расширяете полученные результаты с модельного объекта на целый класс объектов.

### **Судаков В. С.**

Да, при выполнении этих условий, возможно применение в более широком понятии, если выполнять эти условия, которые были установлены в ходе экспериментов.

### **Председатель**

Алексей Юрьевич, пожалуйста.

### **Вараксин А.Ю.**

В продолжении вопроса. У вас сложная система получается, такая как бы двухфазная или многофазная. Вот она имеет много параметров, определяющих физику, которая в ней там происходит. На самом деле я начал анализировать и не так много параметров. Ключевой который у вас он прозвучал, когда вы активно докладывали. Ключевой параметр — это размер частиц, например, масляных. То есть вы сказали, что

полидисперсные не подходят, надо монодисперсные. Показали устройство, которое их делает. Вопрос касается размера частиц, вот будут они меньше или будут они больше, наверное, поменяется скорость их движения, поменяются вихревые структуры и их интенсивность, это размер и скорость. Вы варьировали размер частиц? Если не варьировали, как, на ваш взгляд, изменится если они будут чуть меньше или чуть больше тех, которые вы использовали?

### **Судаков В. С.**

Спасибо за вопрос. Наше устройство для генерации капель микрофлюидный чип мог образовывать капли размером от 70 мкм до 150 мкм. На этом графике (*Судаков В. С. демонстрирует слайд с соответствующим графиком*) мы видим, что движение прекращается у крупных капель размером 130 мкм. Эти капли уже не могут двигаться за счет гидрофильных частиц, которые, как я уже говорил, приводят в движение сплошную фазу эмульсии. Из-за того, что они гидрофильные они не образуют агломератов. Вот такой ответ могу дать. То, что мы варьировали разные размеры капель, те капли, которые поменьше, скорость их движения больше, те капли, диаметр которых больше в два раза, уже не приводятся в движение.

### **Вараксин А.Ю.**

Большое спасибо. Понятно из этого графика. В той части, что касается образования вихревых структур, вы изучали при одном размере капель вихревые структуры? Какие параметры вихревых структур вы измеряли в своих экспериментах?

### **Судаков В. С.**

Спасибо за вопрос. Сейчас я вернусь, что бы было проще. (*Судаков В. С. демонстрирует слайд с соответствующим графиком и рисунком*). При образовании вихревых структур, мы использовали капли. Здесь не продемонстрировано, здесь продемонстрированы варианты, какие бывают вихревые структуры по своей плотности капель. Они имеют названия «режим вращающегося пузыря», под буквой «б»-это вращающаяся капля, под буквой «в»-режим вращающегося пузыря с другим размером капель, были использованы разные размеры капель: 70 мкм. и 120 мкм. у нас был такой лимит. Дальше, что мы оценивали, мы оценивали скорость движения, траектории движения самих капель. Так же, было показано, что скорость капель — это не постоянная величина, а изменяется во времени, за счёт того, что капли догоняют друг друга и тормозят. Так же, как я и говорил в своем ответе, размеры вихрей очень важны. Крупные не изменяют направления своего вращения, когда уменьшается диаметр вихря, то начинают возникать осцилляции в направлении вращения.

### **Председатель**

Леонид Михайлович, пожалуйста.

### **Василяк Л.М.**

Я бы тоже хотел задать вопрос по вихрям. Судя по всему, у вас получаются структуры и хотелось бы понять. Вы анализировали взаимодействуют они между собой и что при этом получается?! Я немножко поясню, сейчас в «Nature» была статья, где, как большое достижение, экспериментально было получено, что один вихрь трансформируется сначала в два, а потом в линейку из трех вихрей и такая линейка становится устойчивой и существует. У вас что-то похожее я смотрю есть. Вы вот на такой предмет делали какой-нибудь анализ?

**Судаков В. С.**

Спасибо за вопрос. Да, мы делали. Получали, как одинарные вихри, парные, тройные вихри. Как вы только что сказали, что из большого, который начинает дробиться такого мы не наблюдали. Получали одинарные, парные, тройные, но не из одного.

**Василяк Л.М.**

Вот здесь очень похожая структура и непонятно куда двигаются.

**Судаков В. С.**

Это траектории каждой капли в вихревой дорожке была оценена.

**Председатель**

Есть ли желающие задать вопрос онлайн? Если нет желающих, то тогда слово предоставляется научному руководителю диссертанта Олегу Федоровичу.

**Петров О. Ф.**

Спасибо. Уважаемые коллеги. Спасибо, уважаемый председатель. Спасибо вам за то, что предоставили слово. Я буду говорить о самом диссертанте. Поскольку о работе он сам рассказал и вопросы здесь многое прояснили. Владимир Сергеевич проделал за 4 года аспирантуры очень глубоко не тривиальный путь, потому что он пришел, будучи человеком с медико-биологическим образованием, а, за это время, он стал квалифицированным физиком. При чем стал физиком в абсолютно новой и развивающийся области, это в английском языке называется «active matter». Активное вещество, в данном случае, он представлял активные частицы, об активных броуновских частицах. Таких работ сейчас, если брать в масштабах всей планеты, их очень много, идет бум. У нас в стране насчитывается буквально, наверное, по пальцам одной руки, если не меньше, таких мест, где эти работы сумели поставить. Он, за эти четыре года, прошел просто нормальную эволюцию. Набрал необходимую квалификацию. Набрал необходимые знания. Результатом чего явились те опыты, которые сегодня были продемонстрированы и представлены в его выступлении. Здесь, надо сказать, что, не смотря на внешнюю простоту, чтобы поставить один такой опыт требуется очень высокая квалификация. Система оказывается чрезвычайно чувствительной к любым не большим изменениям. Это открытая система «open system». Как результат, даже вопрос повторяемости и воспроизводимости, здесь требует изрядного экспериментально мастерства. На мой взгляд, Владимир Сергеевич, это все прошел. Он набрал опыт и экспериментальное мастерство и уровень. Конечно, сейчас вышел вполне с заслуженным основанием на защиту своей работы. Я очень доволен теми результатами, которые он получил и, самое главное, его ростом, эволюцией, как уже инженера физика-исследователя. Если говорить по физтеху, а он, как я уже упомянул, заканчивал физтеховскую аспирантуру. Спасибо.

**Председатель**

Теперь слово предоставляется ученому секретарю, для оглашения заключения института высоких температур и оглашения отзывов различных организаций.

**Ученый секретарь**

Спасибо. Дорогие коллеги, у нас в деле находится заключение организации, где была выполнена работа. Это-ОИВТ. В заключении раскрыта, достаточно подробно, суть работы, актуальность, личный вклад, новизна и так далее. Позвольте я не буду зачитывать полностью. Про работу сегодня достаточно много сказано. Работа рекомендуется к защите на соискание степени кандидата физико-математических наук. Далее, если позволите,



перейду к отзыву ведущей организации. Ведущей организацией выступил Федеральное государственное бюджетное учреждение науки институт теплофизики им. С. С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук. Отзыв подписал научный руководитель академик РАН Сергей Владимирович Алексеенко. Составил отзыв заведующий лабораторией интенсификации процессов теплообмена института теплофизики им. С. С. Кутателадзе Олег Александрович Кабов. Исполняющий обязанности института Дмитрий Филиппович Сиковский утвердил отзыв. Отзыв положительный, есть замечания. Первое замечание: в диссертации не указаны общие выводы, которые обобщают содержание отдельных глав. Второе замечание: в диссертации не приводится оценка числа Вебера. Третье замечание: несмотря на то, что диссертация ориентирована на анализ фундаментальных механизмов и процессов, желательно расширить перечень потенциальных областей, где могут применяться полученные результаты. Отмеченные выше недостатки не снижают общей высокой оценки работы. Соответствует всем критериям. Отзыв в целом положительный. Если позволите, зачитывать полностью не буду, где раскрывается суть работы. Потому что мы уже слушали. Дальше, я перехожу к отзывам на автореферат. У нас в деле есть пять отзывов на автореферат.

*(Первый отзыв)* Первый отзыв составил старший научный сотрудник лаборатории кинетики процессов горения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института химической кинетики и горения им. В. В. Воеводского Сибирского отделения Российской академии наук Денис Анатольевич Князьков. Отзыв положительный, есть замечания: к недостатку оформления автореферата следует отнести то обстоятельство, что все выводы сделаны на качественном уровне. Однако данное замечание не является принципиальным и не влияет на итоговую положительную оценку представленной работы.

*(Второй отзыв)* Перехожу к следующему отзыву на автореферат. Сосредоточусь на замечаниях. Отзыв составил доктор физ.-мат. наук, главный научный сотрудник отдела кинетики и катализа Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра химической физики им. Н. Н. Семенова Российской академии наук Сергей Павлович Медведев. Отзыв положительный, есть замечания: к замечаниям по диссертационной работе следует отнести: отсутствие данных об использовании различных типов стабилизатора, влияющего на межфазное поверхностное натяжение. В автореферате нет полной информации о том, каким методом можно управлять скоростью перемещения активных капель в эмульсии. Отзыв положительный, перехожу к следующему отзыву.

*(Третий отзыв)* Он составлен ведущим научным сотрудником Научно-исследовательского отдела структурной макрокинетики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Томского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук Анатолием Сергеевичем Мазновым. Отзыв положительный, есть замечания: первое : автореферат в некоторых аспектах оформления не соответствует ГОСТ. В частности, ГОСТ не регламентируют делать обтекание Рисунка его подписью (Рис. 1, Рис.2, Рис.3), не регламентировано использование сокращённого термина «Рис.», а также не допускается использование буквы «ё», в именовании частей рисунков; второе замечание - имеются описки: лишние запятые в 4-7 строках (стр. 8), «по часовой» пишется раздельно, слово «удалить» написано без мягкого знака (стр. 15) и др.; третье замечание - в тексте автореферата не дано разъяснение почему капли октана подвержены эффекту Марангони и являются активными, а капли тридекана нет; «четвертое» замечание - в автореферате не указаны погрешности экспериментов. Замечания не носят принципиального характера. Работа является завершённым исследованием. В целом отзыв положительный, поддерживает диссертацию.

*(Четвёртый отзыв)* Следующий отзыв получен из Федерального государственного

бюджетного учреждения науки Института теоретической и прикладной механики им. С. А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук от доктора физ.-мат. наук, заведующего лабораторией Романа Викторовича Фурсенко. Отзыв положительный, есть замечания: первое: в автореферате, при описании вихревого движения капель в активной эмульсии, желательно было бы представить фазовую диаграмму, демонстрирующие условия реализации того или иного режима; второе: из текста автореферата неясно, возможно ли возникновение осциллирующего движения капель в химически реагирующей эмульсии, при протекании других химических реакций. Несмотря на это, написано, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует всем критериям положения о порядке присуждения ученых степеней.

*(Пятый отзыв)* Пятый отзыв составил доктор физ.-мат. наук, директор Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теплофизики Уральского отделения Российской академии наук Андрей Владимирович Виноградов. Отзыв положительный, написано, что существенных замечаний к материалам автореферата нет. Диссертация поддержана. На этом отзывы закончились.

### **Председатель**

Владимир Сергеевич, у вас есть возможность ответить на поставленные в отзывах вопросы.

### **Судаков В. С.**

Спасибо. Я немного подготовил. Начну с ведущей организации. Первое их замечание, что в диссертации не указаны общие выводы, которые обобщают содержание отдельных глав. Ну, как я уже немного это упомянул в заключении: в работе приведены общие выводы для всей диссертации. Каждый вывод фактически относится к каждой главе. Второе замечание: в диссертации не приводится оценка числа Вебера. Число Вебера определяется отношением сил поверхностного натяжения и гидродинамических сил. Если гидродинамическое воздействие на каплю превосходит поверхностные силы, то капли будут деформироваться. Для такого рода задач, где эффекты деформирования важны, необходимо анализировать число Вебера. В данном случае, поверхностные силы значительно превосходили силы гидродинамического воздействия. Капля в процессе эксперимента практически никак не деформировалась, поэтому число Вебера не имеет важного значения. Третье замечание: несмотря на то, что диссертация ориентирована на анализ фундаментальных механизмов и процессов, желательно расширить перечень потенциальных областей, где могут применяться полученные результаты. В диссертации указаны потенциальные области применения, в частности, продемонстрирован метод доставки лекарств в виде объединённого кластера в виде пассивной капли и агломератом частиц. Потенциально, это можно расценивать, как лекарственного соединения и магнитных частиц.

Отзыв кандидата физ.-мат. наук Князькова. К недостатку оформления автореферата следует отнести то обстоятельство, что все выводы сделаны на качественном уровне. Мы находимся в начальной стадии исследования и, действительно, пока о строгих количественных выводах речь не идет.

Замечание доктора физ.-мат. наук Медведьева. К замечаниям по диссертационной работе следует отнести: отсутствие данных об использовании различных типов стабилизатора, влияющего на межфазное поверхностное натяжение. В автореферате нет полной информации о том, каким методом можно управлять скоростью перемещения активных капель в эмульсии. Предварительные эксперименты показали, что наиболее оптимальным стабилизатором является анионный стабилизатор. Конкретно, я этого нигде не упоминал, это додецилсульфат натрия, коммерческое название SDS. Также проводились

эксперименты с неионогенными стабилизаторами. Он не показал возможности активного движения. При использовании катионного стабилизатора, активность в эмульсии была, но мы не смогли получать с его помощью только полидисперсную эмульсию. Что касается управления скоростью капель, то можно управлять с помощью изменения концентрации аммиака в растворе.

В отзыве доктора физ.-мат. наук Фурсенко, есть замечания. В автореферате, при описании вихревого движения капель в активной эмульсии, желательнее было бы представить фазовую диаграмму, демонстрирующую условия реализации того или иного режима. С этим замечанием согласен. Второе замечание: из текста автореферата неясно, возможно ли возникновение осциллирующего движения капель в химически реагирующей эмульсии, при протекании других химических реакций. Ранее, я немного уже ответил на этот вопрос, что любая химическая реакция, которая может изменить поверхностное натяжение, может быть использована.

В отзыве доктора технических наук Мазного, первое замечание это: автореферат в некоторых аспектах оформления не соответствует ГОСТ. Полностью замечание зачитывать не буду. Ответ, что при оформлении автореферата я старался следовать всем требованиям ГОСТ. С замечанием согласен. По поводу лишних запятых, также с замечанием согласен. Третье замечание: в тексте автореферата не дано разъяснение почему капли октана подвержены эффекту Марангони и являются активными, а капли тридекана нет. Мне кажется, что я на этот вопрос полностью ответил немного ранее, что должно выполняться то требование, что с ростом концентрации аммиака должно уменьшаться поверхностное натяжение. Четвёртое замечание: в автореферате не указаны погрешности экспериментов. Согласен.

Отзыв Виноградова доктора физ.-мат. наук замечаний не содержит.

### **Председатель**

Спасибо. Теперь, согласно регламенту нашего совета, слово предоставляется официальному оппоненту, профессору Игорю Владимировичу Марчуку, из Новосибирского гос. университета.

### **Марчук И. В.**

Спасибо. Уважаемые члены диссертационного совета. Уважаемый председатель. Спасибо за оказанное доверие. В начале, когда я оппонировал диссертацию, меня об этом попросили, я, прочитав название думал, что вряд ли я смогу поскольку там самоорганизация сложных активных коллоидных систем. Я как-то не считал себя специалистом в коллоидных системах, но, когда ознакомился поближе я увидел, что оказывается, здесь явления очень схожие с теми, которыми мы не так давно занимались. Это эффекты Марангони, вот здесь концентрационно-капиллярные эффекты, у нас термокапиллярные и капли. Вот такие капли, которые размером порядка 50-100 микрометра, мы как раз наблюдали и изучали с Александром Федорцом. Это, когда защищали капельный кластер, когда капли висят в потоке воздуха над поверхностью и также с ними происходят интересные вещи: гексагональные упаковки потом они опять в коалиценции со слоем воды, образование капиллярных волн. Очень похожие явления, тоже очень сложный эксперимент. Здесь то, что делал Владимир Сергеевич, эти эксперименты они на самом деле выполнены на очень высоком уровне. Сам экспериментальный подход, уже ценен, поскольку такое проектирование эксперимента, возможность создания эмульсии, создание капель разного размера и одного размера и менять размер — это очень важно. На самом деле, эксперимент очень сложный, это не просто капли эмульсии, но еще и стабилизатор, поверхностно активное вещество, здесь происходят вот эти явления, которые происходят. Владимир Сергеевич смог изучить очень подробно, при чем, грубо говоря, от простого к сложному. Вначале, они получили движение капель, которые с очень высокой скоростью за

счет аммиака движутся, так называемые моторы. Здесь я хочу заметить, что, к сожалению, моторы одноразовые, потому что, когда мы добавляем аммиак, то соответственно вначале будет движение, но потом концентрация выровняется и мотор закончит работу, у него кончится движущая сила и он остановится. Вообще, такими моторами, я немного отвлекусь если вы позволите. В детстве мы макали хвоинки в смолу, опускали в лужу, и они двигались, как раз под действием этого эффекта. Пока лужа не покроется полностью этим слоем они у нас двигались, а когда весь слой поверхностно активный закроется она останавливалась, и мы искали другую лужу. Интересны вихревые движения. Владимир Сергеевич называет их хиральными, видимо, потому что они имеют ориентацию, красивое название, а сами капли он говорит, что они ахиральные. Конечно же сам кристалл. Сам кристалл, по сути дела, мы наблюдаем фазовый переход. Капли собираются и это уже другое состояние. Конечно, очень интересно. Гексагональная упаковка, математически доказано, что на плоскости она самая плотна, а в пространстве для шаров было доказано не так давно. Далее усложнение, конечно с магнитными частицами, магнитным полем мы может двигать, двигатель у нас будет работать сколь угодно долго. Если мы магнитное поле прикладываем и частицы есть. Осцилляции это уже пик, еще большее усложнение, включаются химические реакции, это тоже очень интересно. Очень цельная, мощная экспериментальная работа. Выполнена квалифицировано Владимиром Сергеевичем под руководством Олега Федоровича с коллегами. Чего мне в работе, конечно, не хватает как математику формул, моделей и разных корреляций, но, на самом деле, если брать круг этих явлений и как они на физическом уровне объяснены, эти объяснения очень качественные. Я зачитаю сейчас замечания и общий вывод. Общий вывод у меня, конечно, будет положительный. Я не стал делать замечания редакционного характера по опечаткам, потому что они всегда есть. Первое замечание: что рассматривается только один тип активирующего агента для эмульсии – аммиак. Не сказано какие вещества могут работать в качестве активирующего агента кроме аммиака. Второе замечание: не исследовано влияние размера магнитных частиц на их способность перемешивать капли в эмульсии. Третье: из материала диссертации неясно, как тип стабилизатора влияет на активное движение капель в эмульсии масло-в-воде. Додецилсульфат натрия использовался. Коллеги, наверное, знают, что оно находится в шампунях и широко используется в промышленности, оно безопасно. Четвертое замечание оно по поводу практических приложений: в диссертации не отражено, как полученные результаты будут использованы для создания и улучшения каких-либо микромоторов. Здесь имеется ввиду микромоторов, которые конкретно применяются в конкретных приложениях. Ну и пожелание на будущее посмотреть, как можно эти результаты приложить. Указанные замечания не носят принципиального характера, не влияют на достоверность полученных результатов, не снижают ценность работы Владимира Сергеевича. В заключении у меня написано, что диссертация Владимира Сергеевича является завершенной научно-исследовательской работой, совокупность новых результатов и положений которой можно квалифицировать как решение научной задачи, имеющей существенное значение для теплофизики и гидродинамики и называется динамика и самоорганизация активных капель в эмульсии. Владимир Сергеевич безусловно заслуживает присуждение ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности теплофизика и теоретическая теплотехника. Спасибо.

### **Председатель**

Спасибо, Игорь Владимирович. Владимир Сергеевич у вас есть возможность ответить на замечания.

### **Судаков В. С.**

Спасибо большое. Первое замечание: в работе рассматривается только один тип

активирующего агента для эмульсии — это аммиак. Из диссертации неясно могут ли в качестве активирующего агента использоваться другие вещества. Действительно, в диссертации, в качестве активирующего агента использовался аммиак, в процессе предварительных исследований мы, так же, использовали ацетон. Он тоже может активировать эмульсию, но существенных различий в наблюдаемых режимах мы не обнаружили. Второе замечание: не исследовано влияние размера магнитных частиц на их способность перемешивать капли в эмульсии. Размер частиц не анализировался, они были фиксированного размера. В процессе экспериментов, использовались гидрофобные и гидрофильные частицы. В зависимости от того, какой является поверхность частиц, мы получили совершенно разные результаты. Третье замечание: из материала диссертации неясно, как тип стабилизатора влияет на активное движение капель в эмульсии масло-в-воде. Наши эксперименты показали, что более оптимальным типом стабилизатора, является анионный стабилизатор. При использовании неионогенного типа стабилизатора, мы не наблюдали активности эмульсии. Отсутствие активности обусловлено тем, что на межфазной поверхности капли образуют достаточно объёмные гидрофильные группы и они препятствуют проникновению аммиака внутрь капли. Четвертое замечание: в диссертации не отражено, как полученные результаты будут использованы для создания и улучшения каких-либо микромоторов. В диссертации предложены конкретные технологические решения, например: метод доставки лекарств в виде пассивных капель с помощью магнитных наночастиц, так же в работе показан метод удаления магнитных частиц из потока с помощью намагниченной иглы. Спасибо.

### **Председатель**

Спасибо. Сейчас, согласно регламенту, мы должны предоставить слово официальному оппоненту доктору физ.-мат. наук Гений Владимировичу Кузнецову из центра Бутакова Томского политехнического университета, но, к сожалению, у него возникли технические проблемы, и он просил зачитать его отзыв на нашем совете, о чем я и попрошу Алексея Владимировича сделать это.

### **Ученый секретарь**

Дорогие коллеги! отзыв официального оппонента Кузнецова Гения Владимировича положительный. Поэтому, есть возможность, в силу технических сложностей и просьбы официального оппонента зачитать все, что требуется. У нас отзыв официального оппонента профессора научного центра Бутакова, Инженерной школы энергетики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования Национальный исследовательский Томский политехнический университет доктора физ.-мат. наук Гения Владимировича Кузнецова. Подпись его заверил ученый секретарь университета Екатерина Александровна Кулинич. Отзыв описывает достаточно подробно всю диссертацию. Мы заслушали, поэтому, если нет возражений, я не буду зачитывать полностью. Здесь подробно рассказано про актуальность, содержание всех глав диссертации, раскрыта общая методология и методика исследований, научная новизна выводов и защищаемых положений, практическая значимость, достоверность результатов исследований и приведены замечания по диссертации. На замечаниях я остановлюсь подробнее. Первое замечание: при анализе физики зарегистрированных в проведенных автором экспериментах зависимостей характеристик исследовавшихся процессов от времени и других значимых факторов не проводится численных оценок действующих на капли сил. Такие оценки могли бы существенно усилить аргументацию автора при описании механизмов изучавшихся им процессов. Второе замечание: в автореферат не вошли описания, использовавшихся при проведении экспериментальных исследований, методик и установок, что дает основания для вывода, что автореферат не в полной мере соответствует рукописи диссертации. Третье замечание: значимость

результатов любых экспериментальных исследований, в первую очередь, фундаментальных, какими являются исследования В.С. Судакова в значительной степени обосновывается анализом систематических и случайных погрешностей результатов измерений неопределенностей по новой терминологии. Логичным было бы приведение численных значений неопределенностей, всех использовавшихся при выполнении диссертации методик и средств регистрации характеристик процессов. Но, этого сделано не было. Четвертое замечание: в соответствии с общей теорией эксперимента, разработанной Фишером еще в тридцатых годах прошлого столетия, любые экспериментальные исследования должны заканчиваться построением по результатам этих экспериментов математической модели исследовавшегося процесса в виде зависимости значений основной функции цели от наиболее значимых факторов в диапазоне изменения последних, соответствующем реальной практике. Таких моделей автор диссертации не сформулировал. Сделанные замечания, не снижают высокой, в целом, оценки научной и практической значимости результатов диссертационного исследования соискателя. На основании анализа содержания рукописи и автореферата его диссертации можно сделать заключение, что Владимиром Сергеевичем Судаковым решена новая научная задача в области массопереноса в сложных активный коллоидных системах, имеющая существенное значение для теории теплопереноса в условиях физико-химических превращений. Дальше, я кратко упомяну заключение. Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, выполненной самостоятельно, соответствует специальности. На основании анализа содержания рукописи и автореферата можно сделать обоснованное заключение о том, что она соответствует пункту 9 о Положении о положении присуждения ученых степеней, а ее автор Судаков Владимир Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника. На этом отзыв закончен.

### **Председатель**

Спасибо. Вы можете ответить на сформулированные вопросы к вам.

### **Судаков В. С.**

Спасибо. Первое замечание было: при анализе физики зарегистрированных в проведенных автором экспериментах зависимостей характеристик исследовавшихся процессов от времени и других значимых факторов не проводится численных оценок действующих на капли сил. Такие оценки могли бы существенно усилить аргументацию автора при описании механизмов изучавшихся им процессов. В диссертационной работе предложены многочисленные феноменологические оценки, которые позволяют, на качественном уровне, обосновать существо протекающих явлений и влияние тех или иных факторов. В процессе проведения работы оценивалось численное течение Марангони, но, надо признать, что скорость течения Марангони существенно превосходит наблюдаемые значения. Это связано с чрезвычайной комплексностью рассматриваемых явлений. Капля движется вблизи межфазной поверхности, она увлекает окружающую жидкость, поэтому провести строгие количественные оценки, которые позволяли бы обосновать рассматриваемые явления, достаточно сложно. Второе замечание это: в автореферат не вошли описания использовавшихся при проведении экспериментальных исследований методик и установок, что дает основания для вывода, что автореферат не в полной мере соответствует рукописи диссертации. Я продемонстрировал уже схему экспериментальной установки и также были показаны кадры из видео, поясняющие процесс движения капель внутри капилляра. Третье: значимость результатов любых экспериментальных исследований, в первую очередь фундаментальных, какими являются мои исследования в значительной степени обосновывается анализом систематических и

случайных погрешностей результатов измерений неопределенностей по новой терминологии. Логичным было бы приведение численных значений неопределенностей, всех использовавшихся при выполнении диссертации методик и средств регистрации характеристик процессов. Но, этого сделано не было. В диссертации указан максимальный разброс экспериментальных значений относительно среднего значения. Проводились оценки погрешности проведенных исследований. Последнее, в соответствии с общей теорией эксперимента, разработанной Р. Фишером еще в тридцатых годах прошлого столетия, любые экспериментальные исследования должны заканчиваться построением по результатам этих экспериментов математической модели исследовавшегося процесса в виде зависимости значений основной функции цели от наиболее значимых факторов в диапазоне изменения последних, соответствующем реальной практике. Таких моделей автор диссертации не сформулировал. В диссертации предложен ряд моделей, которые описывают протекающие явления. Для анализа роста кристалла в активной материи предложено кинетическое уравнение, которое позволяет обосновать зависимость скорости роста кристалла от времени. В это уравнение входит член, который оценивает количество присоединившихся капель к кристаллу и количество капель, которые под действием сдвиговых напряжений отрываются. При анализе вихревого течения были предложены также феноменологические модели, которые позволяют обосновать различные режимы наблюдаемых явлений. Все, спасибо.

#### **Председатель**

Спасибо. Теперь у нас есть возможность обсудить результаты, представленные диссертантом. Кто хотел бы высказать свое мнение? Пожалуйста.

#### **Филиппов А.В.**

Как сказал уже Олег Федорович, активные частицы у нас, к сожалению, редко используются, а, на самом деле, это такое богатое направление исследование, которое активно в последние годы развивается. Я недавно прочитал, что такие системы используются для создания зеркал. Наночастицы серебра в жидкости, они формируют такие ровненькие структуры, которые самозалечиваются, если возникают дефекты. Используют это для антенн, катализаторов, для нанесения покрытий, для доставки лекарств и так далее. То есть широчайший спектр исследований. То, что Владимир Сергеевич начал у нас такие исследования, это очень хорошее дело и я считаю, что нужно поддержать и призываю голосовать за.

#### **Васильев М. М.**

Я хотел бы присоединиться к словам Анатолия Васильевича и, уже от части, звучало что, соискатель он прошел большой путь экспериментатора, когда только погружался в работу, опыта не хватало, до состояния нынешнего. Когда пройден большой путь и, на самом деле, это осталось за кадром, но были огромное количество неудачных экспериментов и эксперименты, когда активность не проявлялась. Пришлось перебрать огромное количество химических элементов, реакции и так далее. Это все осталось за кадром. Это был длинный, тяжелый путь, который не остановил и не сломил соискателя. Мы заслушали сегодня прекрасную работу, которую я предлагаю поддержать, и я буду голосовать за.

#### **Председатель**

Из присутствующих онлайн никто не хочет сказать? Нет. Если больше нет желающих. Пожалуйста.

### **Киверин А. Д.**

Я хотел бы тоже присоединиться к коллегам. Работа довольно свежая на такую актуальную, конъюнктурную тематику. При том, она достаточно сложная, и, наш совет, он это показал, что возникает очень много вопросов. Это, на самом деле, старт этого направления. Очень отратно, что у нас в Институте и, в том числе, в коллаборации с другими организациями, эта работа начата. Успехов Владимиру Сергеевичу и руководству в этом пути.

### **Председатель**

Судя по всему, нет желающих выступить. Тогда, мы можем предоставить слово соискателю. Для заключительных слов, которые он хотел бы высказать.

### **Судаков В. С.**

Спасибо большое. Я хотел бы выразить большую благодарность диссертационному совету, слушателям. Это, действительно, была большая работа, начатая практически с нуля. Будем дальше продолжать. Спасибо.

### **Ученый секретарь**

Дорогие коллеги, так как заседание у нас проводится в очно-дистанционном режиме. Голосование проводится с использованием телекоммуникационной системы автоматизированной системой на нашем сайте, поэтому прошу всех присутствующих войти под своим логином и паролем на сайт ОИВТ РАН и проголосовать с помощью мобильного телефона или с помощью компьютера, находящегося в зале. Как только все голоса будут подведем итоги.

*(Проводится процедура голосования).*

### **Председатель**

Голосование закончилось, подведение результатов.

### **Ученый секретарь**

Дорогие коллеги, рассказываю о результатах голосования. Всего присутствовало на заседании 23 члена диссертационного совета, из них очно 13 в том числе докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации 5, дистанционно присутствовали 10 в том числе докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации 6, то есть всего 23 и 11 по профилю. Результаты голосования «за» - 22, «против» - 0, «недействительно» - 1. Прошу утвердить результаты голосования. Поднимите руки, пожалуйста, кто «за»? Кто «против»? Дистанционно, если кто-то «против», прошу сказать голосом. Кто воздержался? «Против» - нет. «Воздержался» - нет. Считаем результаты утвержденными.

### **Председатель**

Владимир Сергеевич, мы Вас поздравляем с успешной защитой и желаем дальнейших успехов. Желательно, в стенах нашего Института. Нам осталось обсудить проект заключения. Кто предлагает какие-нибудь дополнения или изменения?

*(Члены диссертационного совета обсуждают проект заключения).*

### **Председатель**

Прошу проголосовать за данный проект. Кто «против»? Кто «воздержался»? Если есть те, кто «против» на удаленном режиме, то прошу сообщить голосом. Хорошо. Все. Принято и на этом наше заседание заканчивается. Спасибо всем.



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 02.11.2022 г. № 29

О присуждении Судакову Владимиру Сергеевичу, гражданину Российской Федерации ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Явления самоорганизации в сложных активных коллоидных системах» по специальности 1.3.14 - теплофизика и теоретическая теплотехника; принята к защите 01.08.2022 г., (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 № 86/нк от 26.01.2022 г.

Соискатель Судаков Владимир Сергеевич 1994 года рождения, в 2018 году окончил Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова (Сеченовский университет).

Работает в должности младшего научного сотрудника лаборатории активных коллоидных систем Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физический институт имени П. Н. Лебедева Российской академии наук

В 2022 году окончил очную аспирантуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)».

Диссертация выполнена в лаборатории №17.3. – активных кулоновских систем Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук.

Научный руководитель академик РАН, профессор, доктор физико-математических наук, директор Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук Петров Олег Фёдорович.

Официальные оппоненты:

- доктор физико-математических наук, профессор РАН, декан механико-математического факультета Новосибирского государственного университета Марчук Игорь Владимирович;

- доктор физико-математических наук, профессор Научно-образовательного центра И.Н. Бутакова Томского политехнического университета Кузнецов Гений Владимирович дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки институт теплофизики им. С. С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук (г. Новосибирск) в своем положительном заключении, составленном заведующим лабораторией интенсификации процессов теплообмена член-корреспондентом РАН, профессором, д.ф.-м.н. Кабовым О.А. (утвержденном 12.10.2022г. и.о. директора к.ф.-м.н. Сиковским Д.Ф.) указала, что научная значимость работы определяется, в первую очередь, новизной полученных результатов практически по всем направлениям работы. Например, проведено исследование механизма движения активных капель в эмульсии при возникновении на их поверхности течения Марангони. Проанализировано движение смеси активных и пассивных капель в эмульсии. Интересны также исследования процесса

кристаллизации активных капель и проведённый анализ кинетики кристаллизации и условий кристаллизации в активной эмульсии.

Результаты работы могут быть использованы в научных и научно-образовательных центрах, в частности, в Объединённом институте высоких температур РАН, Физическом институте имени П. Н. Лебедева, Московском физико-техническом институте, Институте теплофизики им. С.С. Кутателадзе (ИТ СО РАН), в Томском политехническом университете.

Соискатель имеет 11 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 6 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 6 работ, 4 тезиса в сборниках тезисов конференций:

1. Kichatov B., Korshunov A., Sudakov V., Petrov O., Gubernov V., Korshunova E., Kolobov A., and Kiverin A. Magnetic Nanomotors in Emulsions for Locomotion of Microdroplets // ACS Appl. Mater. Interfaces. 2022. V. 14. P. 10976–10986.
2. Kichatov B., Korshunov A., Sudakov V., Gubernov V., Golubkov A., Kiverin. A. Superfast Active Droplets as Micromotors for Locomotion of Passive Droplets and Intensification of Mixing // ACS Appl. Mater. Interfaces. 2021. V. 13. P. 38877-38885.
3. Kichatov B., Korshunov A., Sudakov V., Gubernov V., Golubkov A., and Kiverin A. Self-Organization of Active Droplets into Vortex-like Structures // Langmuir. 2021. V. 37. P. 9892–9900.
4. Kichatov B., Korshunov A., Sudakov V., Yakovenko I., Kiverin A. Crystallization of active emulsion // Langmuir. 2021. V. 37(18). P. 5691-5698.
5. Kichatov B., Korshunov A., Sudakov V., Gubernov V., Kolobov A., Korshunova E., and Kiverin A. Oscillating Motion of Oil Droplets in the Emulsion Near the Air–Water Interface // J. Phys. Chem. B. 2021. V. 125(36). P. 10373–10382.
6. Kichatov B., Korshunov A., Sudakov V., Kolobov A., Gubernov V., Golubkov A., and Kiverin A. Kinetics of cluster formation in active suspension: Coarsening regime // J. Chem. Phys. 2020. V. 153. P. 084902.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. **Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского Сибирского отделения Российской академии наук** (старший научный сотрудник лаборатории кинетики процессов горения к.ф.-м.н. Князьков Д.А.) – отзыв положительный, с замечанием: К недостатку оформления автореферата следует отнести то обстоятельство, что все выводы сделаны на качественном уровне.

2. **Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук** (главный научный сотрудник отдела кинетики и катализа д.ф.-м.н. Медведев С.П.) – отзыв положительный, с замечаниями:

– Отсутствуют данные об использовании различных типов стабилизатора, влияющего на межфазное поверхностное натяжение;

– В автореферате нет полной информации о том, каким методом можно управлять скоростью перемещения активных капель в эмульсии.

3. **Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Томский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук** (ведущий научный сотрудник Научно-исследовательского отдела структурной макрокинетики д.т.н. Мазной А.С.) – отзыв положительный, с замечаниями:

– Автореферат в некоторых аспектах оформления не соответствует ГОСТ. В частности, ГОСТ не регламентируют делать обтекание Рисунка его подписью (Рис.1, Рис.2, Рис.3), не регламентировано использование сокращённого термина «Рис.», а также не допускается использование буквы «ё» в именовании частей рисунков;

- Имеются описки: лишние запятые в 4-7 строках (стр. 8), «по часовой» пишется раздельно, слово «удалить» написано без мягкого знака (стр. 15) и др.;
- В тексте автореферата не дано разъяснение, почему капли октана подвержены эффекту Марангони и являются активными, а капли тридекана нет.

**4. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук** (заведующий лабораторией Физико-математического моделирования процессов горения д.ф.-м.н. Фурсенко Р.В.) - отзыв положительный, с замечаниями:

- В автореферате, при описании вихревого движения капель в активной эмульсии, желательнее было бы представить фазовую диаграмму, демонстрирующую условия реализации того или иного режима;
- Из текста автореферата неясно, возможно ли возникновение осциллирующего движения капель в химически реагирующей эмульсии, при протекании других химических реакций.

**5. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теплофизики Уральского отделения Российской академии наук** (директор ИТФ УрО РАН д.ф.-м.н. Виноградов А.В.) - отзыв положительный, без замечаний

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается:

- д.ф.-м.н., профессор Кузнецов Г. В. – специалист в области теплофизики, физики горения и взрыва, механики жидкости и газа, сопряженного тепломассопереноса. В сфере науки и высшего образования Гением Владимировичем лично и коллективами исполнителей под его научным руководством решен ряд фундаментальных и прикладных задач.

1) Feoktistov D. V., Glushkov D. O., Kuznetsov G. V., Nikitin D. S., Orlova E. G., Paushkina K. K. Ignition and combustion characteristics of coalwater-oil slurry placed on modified metal surface at mixed heat transfer // Fuel Processing Technology. 2022. V. 233. P. 107291.

2) Lyulin Yu V., Kabov O. A., Kuznetsov G. V., Feoktistov D. V., Ponomarev K. O. The effect of the interface length on the evaporation rate of a horizontal liquid layer under a gas flow // Thermophysics and Aeromechanics. 2022. V. 27. P. 117-121.

3) Kuznetsov G. V., Feoktistov D. V., Orlova E. G., Zykov I. Y., Bartuli E., Raudenský M., Zhuiikov A. V. Dynamic characteristics of water spreading over laser-textured aluminum alloy surfaces // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. 2022. V. 603. P. 125253.

- д.ф.-м.н., профессор РАН Марчук И.В. – специалист в области теплофизики, механики жидкости, двухфазных потоков, автор более 140 научных работ, из них 1 глава в монографии и 6 патентов.

1) Barakhovskaia E., Marchuk I. Fin Shape Design for Stable Film-Wise Vapor Condensation in Microgravity // Microgravity Science and Technology. 2022. V. 34.

2) Marchuk I. V. Thermocapillary deformation of a horizontal liquid layer under flash local surface heating // Journal of Engineering Thermophysics. 2015. V. 24. P. 381.

3) Marchuk I. V., Cheverda V. V., Strizhak P. A., Kabov O. A. Determination of surface tension and contact angle by the axisymmetric bubble and droplet shape analysis // Thermophysics and Aeromechanics. 2015. V. 22. P. 297.

- Федеральное государственное бюджетное учреждение науки институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук, специализируется на проведении фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследований по следующим направлениям: теория теплообмена и физическая гидрогазодинамика; теплофизические основы создания нового поколения энергетических

и энергосберегающих технологий и установок; теплофизические свойства веществ; теплофизические аспекты водородной энергетики.

1. Ajaev V. S., Kabov O. A. Levitation and self-organization of droplets // Annual Review of Fluid Mechanics. 2021. V. 53. P. 203-225.

2. Gatapova E. Ya., Kabov O. A., Ajaev V. S. Evaporation and interface dynamics in microregion on heated substrate of non-uniform wettability // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2019. V. 142. P. 118355.

3. Lobanov P., Pakhomov M., Terekhov V. Experimental and numerical study of the flow and heat transfer in a bubbly turbulent flow in a pipe with sudden expansion // Energies. 2019. V. 12. P. 2735.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

- Предложен новый тип сверхбыстрой активной эмульсии, где движение капель связано с возникновением течения Марангони на межфазной поверхности капли. Такой тип активных капель может использоваться для перемещения пассивных капель и интенсификации химических процессов на микроуровне.

- Впервые показано, что ахиральные активные капли могут самоорганизоваться в хиральные вихревые структуры.

- На основе активной эмульсии впервые получен коллоидный кристалл. Установлено, что скорость роста кристалла в зависимости от скорости движения капель имеет максимум, что во многом подобно кинетике кристаллизации молекулярной жидкости, подчиняющейся закону Вильсона–Френкеля.

- Впервые продемонстрировано, что для перемещения капель в эмульсии могут использоваться магнитные наночастицы, которые диспергированы в сплошной фазе эмульсии.

- Проанализирована природа возникновения возвратно-поступательного движения капель вблизи межфазной поверхности эмульсии при протекании в ней химических реакций. Установлено, что такой тип активного движения в эмульсии возможен лишь в том случае, когда плотность капель в эмульсии превышает некоторое критическое значение.

**Теоретическая значимость исследования** обоснована тем, что:

В диссертации на основе феноменологических представлений предложены критерии, определяющие различные режимы вихревого движения капель, разработана модель для описания кинетики роста коллоидного кристалла на основе активных капель.

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

Магнитные наночастицы, диспергированные в сплошной фазе эмульсии, могут быть использованы в системах, связанных с доставкой лекарств. После завершения процедуры доставки лекарств магнитные наночастицы могут быть легко удалены из организма. Полученные в работе результаты по кристаллизации в активной материи могут быть использованы при создании новых материалов, когда процесс их формирования протекает в существенно неравновесных условиях.

**Оценка достоверности результатов.** Представленные в диссертации результаты экспериментальных исследований с высокой точностью повторяются в многочисленных экспериментах. Научные положения и выводы, сформулированные в диссертации,

подкреплены экспериментальными данными и теоретическими выкладками, которые согласуются с известными результатами других авторов.

**Личный вклад соискателя.** Диссертация обобщает результаты, представленные в научных публикациях автора. Вклад автора в совместно написанные работы заключается в следующем: все экспериментальные установки, используемые в работах, были разработаны и созданы лично автором; во всех экспериментах автор лично проводил экспериментальные исследования, включая отладку экспериментальных и диагностических комплексов, проведение экспериментов, обработку и анализ полученных результатов; автор участвовал в постановке научных задач, совместных обсуждениях, при подготовке рукописей к публикации.

Апробация результатов исследования проводилась на 4 всероссийских конференциях. Основные публикации по выполненной работе подготовлены при определяющем участии автора.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было.

Соискатель Судаков Владимир Сергеевич ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы, привел собственную аргументацию и согласился с замечаниями.

На заседании от 02.11.2022 г. диссертационный совет постановил: за решение научной задачи, имеющей значение для развития исследований механизмов движения и коллективных явлений в активной эмульсии, присудить Судакову Владимиру Сергеевичу ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.14 - теплофизика и теоретическая теплотехника.

При проведении тайного голосования Диссертационный совет в количестве 23 человека, из них очно: 6 докторов наук по специальности 1.3.9 – физика плазмы и 5 докторов наук по специальности 1.3.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника, дистанционно: 3 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 22, против 0, недействительных бюллетеней – 1.

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

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

Храпак А. Г.

Тимофеев А. В.  
02.11.2022 г.

