

## ПРОТОКОЛ № 5

Заседания диссертационного совета Д 212.125.14 от 2 октября 2020 г.

**Присутствовали:** председатель диссертационного совета – д.ф.-м.н. Красильников П.С.,  
ученый секретарь совета – к.ф.-м.н. Гидаспов В.Ю.,  
члены совета: члены совета: д.ф.-м.н. Холостова О.В., д.ф.-м.н. Бардин Б.С.,  
д.ф.-м.н. Бишаев А.М., д.ф.-м.н. Колесник С.А., д.ф.-м.н. Косенко И.И.,  
д.т.н. Котельников В.А., д.ф.-м.н. Котельников М.В., д.ф.-м.н. Никитченко  
Ю.А., д.ф.-м.н. Ревизников Д.Л., д.ф.-м.н. Формалев В.Ф., д.т.н. Ципенко  
А.В., д.т.н. Черепанов В.В.

Всего присутствовало 14 чел.

Состав диссертационного совета утвержден в количестве 21 человек.

**Повестка дня:** о приеме к защите диссертационной работы Кулешова Павла Сергеевича на тему «Резонансная диспергация жидкой фазы в парогазовых средах с химическим реагированием», представленной к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы» (физико-математические науки).

**Слушали:** профессора Ревизникова Д.Л. по диссертационной работе Кулешова Павла Сергеевича на тему «Резонансная диспергация жидкой фазы в парогазовых средах с химическим реагированием», представленной к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы» (физико-математические науки).

Экспертная комиссия полагает:

Диссертационная работа Кулешова Павла Сергеевича на тему «Резонансная диспергация жидкой фазы в парогазовых средах с химическим реагированием» является законченной научной работой, посвященной исследованию явления диспергации и ее следствий, как для пленки водного конденсата в электрическом поле, так и для оксицированных наночастиц алюминия при их быстром нагреве. При этом решались частные задачи: созданы экспериментальные установки по наблюдению дробления пленки водного конденсата и конденсации парогазовой струи в электрическом поле; изучены свойства водного аэрозоля при конкуренции разных видов конденсации парогазовой струи в коронном разряде; теоретически исследованы свойства распределений по размерам алюминиевых наночастиц и кластеров, численно исследовано время воспламенения

последних в разных атмосферах.

- Диссертационная работа выполнена на высоком научном уровне и отвечает всем требованиям «Положения о порядке присуждении ученых степеней» ВАК РФ.
- Результатами диссертации являются оригинальные, научно обоснованные решения, внедрение которых вносит значительный вклад в ускорение научно-технического прогресса; теоретическое значение результатов заключаются в том, что на данный момент предложенный механизм диспергации наночастиц Al при совместном использовании с кинетическим механизмом окисления Al, является, по видимому, единственным научным инструментарием для полных расчетов физико-химической кинетики от момента диспергации в ударной волне крупных Al-наночастиц до момента самовоспламенения их испарившихся фрагментов дробления.
- Разработанный инструментарий использовался в расчетах физико-химической кинетики по грантам РФФИ: №18-08-00476\_a, 17-01-00810\_a, 16-29-01098-офи\_m. На основе расчетов с применением такого инструментария получен патент RU2701249 (в соавторстве с А.М. Савельевым) “Способ диспергирования трудновоспламеняемых наночастиц бора”,
- Исследованный метод резонансной диспергации быстрым нагревом в ударной волне оксидированных наночастиц металлов и металлоидов перспективен для применения в тракте воздушно-реактивного двигателя с целью уменьшения времени воспламенения наночастиц. Метод способствует сокращению массо-габаритных характеристик двигателя и повышению полноты горания топлива.
- Полученные данные по конденсации парогазовой струи в коронном разряде могут найти практическое применение при разработке генераторов аэрозоля для бесконтактной диагностики газовых потоков, в области струйной печати и при разработке 3D-принтеров. Предложенный способ получения аэрозоля конденсацией парогазовой струи на фрагментах дробления жидкой пленки в электрическом поле является перспективным с точки зрения возможности управления средним размером и дисперсностью заряженного аэрозоля с помощью электрического поля.
- Прикладное значение результатов исследования выразилось в их

применении в проекте ИНТАС №1817-01 “Экспериментальное и теоретическое исследование ионно-молекулярных кластеров в дозвуковом турбулентном потоке” (координатор В.В. Вышинский, ЦАГИ) в рамках изучения возможностей визуализации лидаром вихревого спутного следа за тяжелым самолетом при его посадке с целью оценки безопасности садящегося следом легкого самолета.

- Материалы диссертации полностью изложены и опубликованы в 16 работах, в том числе в 3-ех статьях в рекомендованных Перечнем ВАК при Министерстве образования и науки РФ журналах и 2-ух статьях в иностранных журналах, индексируемых в базах SCOPUS и Web of Science, а также в 1-ом патенте РФ, приравненных к рекомендованным Перечнем.
- Содержание автореферата полностью соответствует диссертации.

Автором получены следующие результаты:

1. Результаты экспериментального исследования диспергации пленки водного конденсата в электрическом поле коронного разряда, зависимости средних размеров фрагментов дробления и их дисперсии от величины электрического поля и температуры окружающей среды;
2. Разработан оригинальный механизм диспергации на основе явления резонанса капиллярных колебаний жидкости, пригодный как для описания дробления водяной пленки конденсата, так и для описания дробления жидкой сферической наночастицы алюминия при ударном воздействии, позволяющий предсказывать средний размер и дисперсию фрагментов дробления
3. Результаты экспериментального исследования вольтамперных характеристик коронного разряда в водяном паре в зависимости от его влагосодержания, скорости испарения воды под действием коронного разряда;
4. Результаты экспериментального исследования границ существования разных видов конденсации парогазовой струи (гомогенная, гетерогенная на ионах/фрагментах дробления пленки) под действием коронного разряда в зависимости от величин электрического поля и внешней температуры;
5. Предложен метод нахождения распределения кластеров по размерам

(фрагментов диспергации) по заданному исходному распределению оксидированных наночастиц металлов и металлоидов. В качестве примера изучено распределение кластеров на основе максвелловского распределения наночастиц алюминия.

6. Разработана оригинальная детальная модель окисления кластеров алюминия с учетом их испарения в окислительных атмосферах  $O_2$ ,  $H_2O$ ,  $CO_2$  (в соавторстве с Н.С. Титовой, А.М. Стариком, А.С. Шариповым и А.М. Савельевым).
7. На основе численного моделирования показано, что уменьшение в несколько раз исходных размеров оксидированных наночастиц алюминия уменьшает на порядки время их воспламенения в атмосферах  $O_2$ ,  $H_2O$ ,  $CO_2$  при организации процесса диспергации быстрым нагревом в ударной волне.
8. На основе численного моделирования показано, что при исходном максвелловском распределении наночастиц по размерам распределение вторичных кластеров становится более узким в силу резонансного характера диспергации, возможен упрощенный расчет времени воспламенения по среднемассовым размерам без существенной потери точности.

Перечисленные результаты являются новыми.

Диссертация соответствует профилю специальности 01.02.05 «Механика жидкости газа и плазмы» и может быть принята к защите на заседании диссертационного совета Д 212.125.14.

**Выступили:** д.ф.-м.н., проф. Формалев В.Ф., д.т.н., доц. Ципенко А.В.

**Постановили** 1. Утвердить в качестве официальных оппонентов по кандидатской диссертации Кулешова Павла Сергеевича следующих специалистов:

•

Гладкова Сергея Октябриновича доктора физико-математических наук, профессора, профессора кафедры математического моделирования Московского авиационного института (Национального исследовательского университета, г. Москва).

•

Зиборова Вадима Серафимовича, кандидата физико-математических

наук, старшего научного сотрудника Лаборатории ударно-волновых воздействий ФГБУН Объединенного института высоких температур РАН (ОИВТ РАН)

2. Утвердить в качестве ведущей организации Государственный научный центр Федеральное государственное унитарное предприятие "Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н. Е. Жуковского" 140180 Россия, г. Жуковский, Московская область, ул. Жуковского, 1
3. Назначить дату защиты «11» декабря 2020 г.
4. Разрешить печать автореферата диссертации на правах рукописи.
5. Утвердить список адресов рассылки автореферата диссертации.

**Результаты** За: 14,

**голосования:** Против: нет,

Воздержались: нет.

Председатель  
Диссертационного совета Д 212.125.14,  
д.ф.-м.н., проф.

П.С. Красильников

Ученый секретарь  
Диссертационного совета Д 212.125.14,  
к.ф.-м.н., доцент

В.Ю. Гидаспов

