

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Кулепова Павла Сергеевича “Резонансная диспергация жидкой фазы в парогазовых средах с химическим реагированием”, представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – “Механика жидкости газа и плазмы”

В диссертационной работе Кулепова П.С. исследуются распад пленки водного конденсата в электрическом поле коронного разряда, протекание разряда во влажной атмосфере, и диспергация с последующим воспламенением оксидированных наночастиц алюминия при быстром нагреве в ударной волне в различных газовых средах.

Как справедливо отмечено в автореферате (первая часть диссертации, главы 1, 2, 3): обычно, в технических приложениях, использующих аэрозоль, стремятся к его более мелкому и монодисперсному распылению. Для генераторов аэрозоля конденсационного типа характерно образование пленки конденсата на холодных конструктивных элементах. Эта особенность обычно относится к недостаткам данного вида генераторов, т.к. пленка, ссыпаясь и дробясь, искажает своими разнокалиберными фрагментами распределение по размерам мелкодисперсного аэрозоля, получаемого при объемной конденсации. Поэтому актуально устранения данного недостатка. Автор предлагает формировать с помощью электрического поля резонаторы на выступах пленки около кромок элементов конструкции генератора и получать в режиме резонансного усиления капиллярных волн мелкий монодисперсный аэрозоль вместо разнокалиберных фрагментов, который использовать в качестве зародышей в последующем режиме объемной конденсации.

В автореферате на стр.6-9 описываются собственные эксперименты автора по дроблению жидкой пленки конденсата, образующейся в капилляре в процессе протекания по нему водяного пара, перечислены режимы дробления пленки водного конденсата в электрическом поле, предложен механизм резонансно-волнового распада жидкой фазы. Режимы течения и дробления пленки изучаются в зависимости от температуры окружающей среды и напряженности электрического поля коронного разряда. Механизм дробления разрабатывается на основе теории колебаний, в его рамках выводятся формулы наиболее вероятного радиуса микрокапли, и величина дисперсии распределения микрокапель по размерам.

Автореферат (стр.10-12) сжато описывает экспериментальные исследования поведения коронного разряда в водяном паре в рамках учета электрогазодинамических эффектов взаимодействия коронного разряда с парогазовой струей. Автором приводятся вольт-амперные характеристики (ВАХ) коронного разряда во влажном воздухе, ток выноса. Изучается влияние температуры насыщенного водяного пара в межэлектродном промежутке на ВАХ разряда.

На стр. 12-14 обобщаются авторские эксперименты по наблюдению разных видов конденсации в парогазовой струе. Основным результатом этих экспериментов следует считать классификацию режимов конденсации в зависимости от температуры окружающей среды и напряженности электрического поля вблизи жидкого резонатора на срезе капилляра (или в зависимости от потенциала электрода). Среди гомогенных и гетерогенных режимов конденсации соискатель особо выделяет конденсацию на микрокаплях, полученных дроблением пленки конденсата, что является принципиально новым шагом по сравнению с опубликованными ранее расчетно-экспериментальными результатами по изучению парогазовой конденсации под действием коронного разряда в затопленных струях.

Актуальность изучения диспергации оксидированных наночастиц металлов при быстром нагреве в ударной волне в химически реагирующих средах, заявленная во второй части автореферата на стр.14-22 (4 глава диссертации), следует из задачи повышения энергетических характеристик топлива, и полноты его сгорания при проектировании воздушно-реактивных двигателей ракет и летательных аппаратов.

Отдел документационного
обеспечения МАИ

23 11 2020

Губарев

Вторая часть диссертации отличается от первой, как сменой объекта исследования (оксидированные наночастицы металлов), так и методов исследования (численное моделирование в коммерческом пакете программ Chemkin с привлечением собственного кинетического механизма окисления). Она посвящена расчетно-теоретическим исследованиям с целью моделирования дробления оксидированных наночастиц алюминия в ударной волне с их последующим испарением и воспламенением. Обе части объединяют общий механизм диспергации жидкой материи. Во второй части (стр.16-21) изучалась также эволюция распределения по размерам кластеров алюминия в процессе их испарения и окисления в разных окислительных средах. Соискателем была выполнена проверка как механизма диспергации, так и кинетического механизма окисления по опубликованным ранее экспериментальным данным о диспергации алюминиевых наночастиц, а также по данным о воспламенении алюминиевых наночастиц в ударных трубах (автореферат, рис.10). Судя по результатам сопоставления, проверяемые механизмы удовлетворительно описывают эксперименты.

Среди результатов, полученных соискателем, хотелось бы выделить следующие:

Экспериментально был обнаружен новый вид электростимулированной гетерогенной конденсации в парогазовой струе на микрокаплях - продуктах дробления пленки водного конденсата в капилляре под действием электрического поля и парогазового потока;

Был предложен механизм дробления, основанный на теории колебаний и волн, жидкой пленки конденсата с образованием узкодисперсных микрокапель, и его следствия - формулы средних размеров и дисперсии микрокапель (механизм показал свою универсальность – был использован в задаче диспергации оксидированных наночастиц алюминия быстрым нагревом);

Экспериментально были установлены границы преобладания по температуре и по величине электростатического поля параллельно протекающих разных видов конденсации – как гомогенной, так и электростимулированной гетерогенной, развивающейся на ионах коронного разряда и на фрагментах дробления пленки;

Достоверность

Достоверность положений и выводов глав 1, 2, 3 диссертации подтверждена соответствием собственных и опубликованных экспериментальных измерений и теоретических оценок для характеристик пленки конденсата, коронного разряда, водного аэрозоля. Достоверность результатов моделирования диспергации и воспламенения металлов в главе 4 подтверждена валидацией данных о размерах фрагментов диспергации наночастиц алюминия и их времени воспламенения с опубликованными экспериментами по диспергации алюминиевых наночастиц и их воспламенении в ударных трубах.

Замечания по автореферату диссертационной работы

По диссертационной работе имеются следующие замечания:

1. В основе авторских теоретических подходов при объяснении механизмов диспергации в главах 1 и 4 есть несколько недостаточно обоснованных предположений: а) о применимости к капиллярным волнам на поверхности выступа пленки конденсата и на поверхности сферического жидкого ядра формулы частоты капиллярных колебаний для плоской поверхности; б) о совпадении частоты капиллярных колебаний на жидкой поверхности и собственной частоты радиальных колебаний жидких сферических фрагментов дробления.
2. В главе 4 исследуются необходимые условия диспергации оксидированных наночастиц в ударной волне. В автореферате в отличие от полного текста диссертации не упоминается важное предположение, которому следовал автор, о тонкостенности сферических оксидных оболочек, покрывающих ядра наночастиц. При этом, как следует из текста, толщина оболочки может доходить до 5нм, а радиус ядра мелкой наночастицы может составлять 10нм. Таким образом, это предположение не всегда выполняется.
3. Значения максимальных размеров диспергируемых наночастиц, полученные из необходимых условий, которые есть в полном тексте диссертации, не приводятся в

автореферате. В автореферате лишь упоминается, что они зависят от величин предельных механических напряжений оксидных оболочек, коэффициентов теплового расширения ядер и оболочек. Однако, будучи взятыми из справочников для относительно крупных образцов (где применима гипотеза сплошной среды) и при относительно невысоких температурах, они могут сильно отличаться от реальных. В итоге, полученные максимальные размеры диспергируемых наночастиц являются лишь оценками по порядку величины.

4. Текст автореферата в некоторых вопросах излишне подробен и перегружен формулами и промежуточными выкладками, которые и так излагаются в диссертации.

Несмотря на указанные замечания, стоит отметить, что они не ставят под сомнения основные выводы и результаты научной работы соискателя.

Заключение

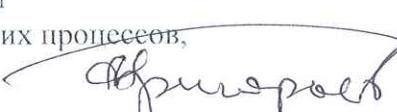
Диссертация Кулешов Павла Сергеевича "Резонансная диспергация жидкой фазы в парогазовых средах с химическим реагированием" представляет собой законченную научно-квалификационную работу.

Тема и содержание кандидатской диссертации соответствует паспорту специальности 01.02.05 – "Механика жидкости, газа и плазмы". Изложенные соискателем результаты обладают научной новизной, обоснованы и опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК. Автореферат верно и достаточно полно отражает содержание диссертации.

Работа выполнена на высоком научном уровне, а ее автор, Кулешов Павел Сергеевич, заслуживает присуждения научной степени кандидата физико-математических наук по специальности – 01.02.05 "Механика жидкости, газа и плазмы".

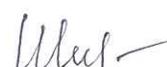
Отзыв подготовили:

Заслуженный деятель науки Российской Федерации,
заведующий учебно-научной лабораторией
математического моделирования физических процессов,
д.ф.м.н., профессор



Григорьев А.И.

профессор учебно-научной лаборатории
математического моделирования физических процессов,
д.ф.м.н., профессор,



Ширяева С.О.

Подпись профессора Григорьева Александра Ивановича и профессора Ширяевой Светланы Олеговны заверяет заместитель начальника управления – директор центра кадровой политики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова» (почтовый адрес: ул. Советская, д. 14, Ярославль, 150000)



Место работы рецензентов: 150003, Ярославская область, г. Ярославль, ул. Советская, д. 14,
Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова, grig@uniyar.ac.ru,
shir@uniyar.ac.ru, +7 (4852) 30-32-62