

ОТЗЫВ

официального оппонента Ассовского И.Г. на диссертацию Коровиной Натальи Владимировны "Создание аэрозольных сред с помощью автономных распылительных устройств, их эволюция и распространение в замкнутых объемах", представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы

Дисперсионные системы, состоящие из газовой и конденсированной фаз (аэрозоли) чрезвычайно широко распространены в природе, в средах обитания и производственной деятельности человека, а также в разнообразных промышленных и медицинских технологиях. Изучение механизма и закономерностей формирования аэрозольных сред, их эволюции и распространения в помещениях представляет большой интерес, как для механики многофазных сред, так и для многих ее приложений (моторостроение, энергетика, пожаровзрывобезопасность, экология, дезинфекция и многие другие). Этому вопросу посвящено большое число экспериментальных и теоретических исследований. Вместе с тем, из-за большого многообразия методов и условий формирования аэрозолей, а также многофакторности процесса их эволюции ряд фундаментальных вопросов все еще требует специального рассмотрения. К таким вопросам относятся, в частности, задачи повышения дисперсности конденсированной фазы, снижения энергии и времени, необходимых для создания аэрозоля. Поэтому диссертационная работа Н.В. Коровиной, посвященная экспериментальному и теоретическому изучению процессов ударно-волновой генерации аэрозолей и их распространения в замкнутом пространстве для обеспечения заданных пространственно-временных параметров аэрозольных полей, с учетом физико-химических характеристик дисперсной фазы и параметров газовой среды, является весьма актуальной для механики аэрозолей и многих ее приложений.

Отличительной чертой диссертационной работы Н.В. Коровиной является максимальная приближенность решаемых экспериментальных и теоретических задач к проблемам практического применения технологий быстрого создания высокодисперсных аэрозольных сред. Сочетая теоретические и экспериментальные методы исследований автор впервые предложил оригинальную модель функционирования ударно-волнового генератора высокодисперсных аэрозолей и установил ряд общих закономерностей для формирования и эволюции аэрозолей.

Перечисленные факторы характеризуют научную и практическую значимость и новизну представленного в диссертации материала.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка цитируемой литературы, включающего 97 публикации. Во **введении** автор формулирует цель диссертационной работы и задачу исследований, обосновывает актуальность решаемой задачи.

В **первой главе** автором представлен аналитический обзор существующих методов получения, применения и исследования высокодисперсных аэрозолей. Представлена классификация методов распыления жидкости, по используемым физическим принципам подвода энергии для распыления (механический, аэродинамический, гидродинамический, пульсационный, распыление с предварительным газонасыщением жидкости, распыление «центробежными форсунками» и др., а также их сочетание). Показано, что методы отличаются различным соотношением влияния внешних и внутренних сил на процесс распыла жидкости. Детально рассмотрено получение аэрозолей акустическими и взрывными методами, а также механика разрушения капель в газовом потоке и факторы, влияющие на разрушение капель (вязкость и поверхностное натяжение жидкости, кавитация и др.).

Несомненной ценностью представленного обзора является критический анализ достоинств и недостатков существующих методов распыла жидкостей, а также сравнительный анализ существующих теоретических и эмпирических формул, устанавливающих связь параметров распыла с характеристиками жидкости и параметрами конструкций установок. Следует также отметить представленный в завершении первой главы критический анализ существующих экспериментальных методов диагностики параметров аэрозольного облака.

На основании представленных обзоров сделан вывод о необходимости разработки комбинированного метода диспергирования жидкости, сочетающего принципы центробежной форсунки и импульсного распыления. Это позволит использовать преимущества указанных методов: быстрой генерации и высокой дисперсности аэрозоля, свойственных ударно-волновому методу, и повышенной однородности аэрозольного облака, характерной для метода центробежной форсунки.

Среди бесконтактных оптических методов диагностики аэрозолей выбор сделан в пользу лазерного многокурсного зондирования (томографии) и сканирования облака зондирующим лучом, что позволяет получать количественные данные о пространственном распределении концентрации частиц аэрозоля. Эти методы связаны с постановкой и решением обратных задач оптики аэрозолей, что определяет необходимость проведения теоретического анализа процесса импульсного распыления жидкостей, представленного во **второй и третьей главах** диссертации.

Во второй главе автор формулирует достаточно простую модель процесса формирования аэрозоля ударно-волновым генератором. Модель учитывает, вместе с тем, все основные стадии и особенности процесса: от подрыва заряда взрывчатого вещества (ВВ), циркуляции ударной волны в камере генератора, быстрого вырождения ударной волны в серию акустических волн, формирования кавитационной зоны в объеме диспергируемой жидкости до вытеснения кавитированной жидкости через сопло генератора. В рамках предложенной модели и предположения о монодисперсности образующихся частиц автором предложена формула, позволяющая оценить минимальный размер частиц генерируемого потока аэрозоля в зависимости от отношения масс ВВ и диспергируемой жидкости, теплоты взрыва и скорости разлета частиц.

Следует также отметить научную и практическую ценность проведенного автором анализа роли кавитации в процессе ударно-волновой генерации аэрозолей (раздел 2.3).

Автором предложен и обоснован механизм образования капель аэрозоля при истечении кавитированной жидкости, сопровождающемся расширением и последующим разрушением возникших при кавитации пузырьков жидкости.

В качестве дальнейшего усовершенствования конструкции взрывного распылителя, позволяющего быстрого и равномерно по объему распылить необходимую жидкость, автором предложено сочетание взрывного метода и метода центробежной форсунки. В этом случае распыление жидкости предлагается проводить в два этапа. Первый, быстропротекающий, характеризуется образованием кавитационных пузырьков в объеме жидкости и завершается истечением в камеру закручивания. Второй, медленный, этап – истечение распыляемой жидкости из камеры закручивания по объему помещения.

Следует отметить практическую ценность проведенного автором моделирования процесса распыления на втором этапе (раздел 2.5). Используя известные положения теории Абрамовича-Клячко, автор получил оценки для скорости и времени истечения, дисперсности аэрозоля и угла распыла в зависимости от геометрических характеристик конструкции форсунки, начального давления и физико-химических свойств жидкости.

Большую научную и практическую ценность представляет проведенный автором в разделе 2.6 анализ критериев подобия условий распыла жидкости в предложенном комбинированном методе получения аэрозоля, а также влияния полученных критериев на параметры аэрозоля.

Другой предложенной автором полезной модификацией импульсного метода генерации аэрозоля, является ударно-волновой способ распыления аэрозолей с применением отражателя для улучшения геометрических характеристик факела распыла (раздел 2.7).

Украшением диссертации является представленное в **третьей и четвертой** главах теоретическое и экспериментальное исследование процессов эволюции и распространения облака аэрозоля. Автором предложена оригинальная математическая модель процесса, включающая эволюцию жидкокапельного аэрозоля с учетом процессов испарения и коагуляции (в виде варианта интегрального уравнения Смолуховского, со стоком (испарение) и обрезанием спектра (осаждение)), а также диффузию аэрозоля в замкнутом объеме (уравнение нестационарной сферически симметричной диффузии).

Проведенные экспериментальные исследования, позволили впервые получить уникальные данные о конвективной диффузии капель мелкодисперсного аэрозоля при ударно-волновом распылении. Результаты экспериментальных исследований и их сравнение с теоретическими результатами показали правомерность предложенной математической модели процесса, а также выявили важные для практики характерные временные масштабы стадий процесса и их зависимости от природы диспергируемой водной композиции, влажности и температуры воздушной среды.

К **недостаткам** диссертационной работы можно отнести следующее:

1. Автором сформулирован и исследован ряд оригинальных математических моделей механики формирования и эволюции аэрозолей, однако не уделено достаточного внимания оценкам границ применимости предложенных моделей и точности полученных количественных результатов .
2. В диссертации большое внимание уделено обзору предшествующих теоретических

и экспериментальных исследований других авторов. Вместе с тем, отсутствует их прямое сравнение с полученными автором результатами.

В целом, диссертационная работа Н.В. Коровиной является завершенным научным исследованием, выполненным на современном теоретическом и экспериментальном уровне. Полученные в работе фундаментальные результаты позволяют заключить, что Н.В. Коровиной решена важная научная задача – разработаны основы механики формирования аэрозольных сред с помощью автономных ударно-волновых устройств.

Материал диссертации отличается энциклопедичностью, изложен ясно, хорошо оформлен и содержит большое количество иллюстраций.

Представленные выводы и заключения достаточно обоснованы, в том числе с помощью данных экспериментального исследования процесса.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Результаты диссертационной работы Н.В. Коровиной могут быть рекомендованы для использования в учебном процессе при подготовке специалистов в области технологий, использующих аэрозольные среды. Кроме того, результаты диссертации будут полезны при разработке и усовершенствовании способов управления физикохимическими процессами в аэрозольных средах, а также при создании систем противопожарной безопасности.

Считаю, что диссертация Н.В. Коровиной отвечает всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а сам диссертант - Коровина Наталья Владимировна заслуживает присвоения искомой ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы.

Доктор физико-математических наук,
заведующий лабораторией физики горения
твердых топлив ИХФ РАН,

И.Г. Ассовский

09.09.2014 г.



Собственноручную подпись
сотрудника Ассовского И.Г.
удостоверяю
Секретарь

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук,
119991, Москва, Косыгина ул., 4, <http://center.chph.ras.ru>,
тел. 7-495-9397295, mail: krupkin@chph.ras.ru,
Ассовский Игорь Георгиевич