

Сведения о выполненных работах  
в период с 01.07.2018 г. по 30.06.2019 г.

по проекту **«Разработка фундаментальных физико-математических моделей межфазного физико-химического взаимодействия нанодисперсных органических и металлических частиц с реагирующими и инертными средами»**,  
поддержанному Российским научным фондом

Соглашение № 17-79-20011

Руководитель: канд. физ.-мат. наук Моисеева Ксения Михайловна

За второй год выполнения научного проекта были выполнены:

– Параметрические исследования закономерностей скорости горения порошка алюминия в 1) аэровзвеси, 2) в составе Allсе, 3) В составе смесевых твердых топлив. Исследования проводились при двух подходах к решению задач механики реагирующих двухфазных сред: тепло-диффузионная модель, не учитывающая переменности давления по пространству и газодинамическая модель. Также были использованы два подхода к заданию уравнения для скорости горения частиц алюминия: подход Беляева А.Ф., в котором единственным параметром согласования является величина коэффициента в законе горения, и диффузионный подход, не требующий задания температуры зажигания частиц алюминия. Из решения задач получены данные по скоростям горения смесей, содержащих наноразмерный порошок алюминия. Показано, как массовая концентрация и размер частиц алюминия влияют на видимую скорость распространения фронта горения. Показано, что с увеличением начальной температуры и массовой концентрации порошка скорость распространения фронта горения аэровзвеси порошка алюминия увеличивается. Увеличение размера частиц приводит к уменьшению видимой скорости распространения фронта горения, при этом скорость горения стремится к одному и тому же значению, не зависящему от размера частиц. Для бидисперсной аэровзвеси показана зависимость скорости горения порошка алюминия от доли частиц крупной фракции во взвеси. При одинаковых массовых долях крупной и мелкой фракции частиц в порошке скорость горения бидисперсного порошка по значениям ближе к скорости горения монодисперсной аэровзвеси мелких частиц. Для замороженной водяной суспензии порошка алюминия (ALICE) показано, что увеличение массовой доли порошка микронных размеров приводит к уменьшению скорости горения. Также определено, что использование диффузионной модели для определения скорости горения наноразмерного порошка алюминия в ALICE позволяет точнее рассчитывать скорость горения смеси, содержащей наноразмерный порошок алюминия. Рассчитана линейная скорость горения смесевоего твердого топлива с 28 фракциями частиц. Полученная линейная скорость горения попадает в доверительный интервал скорости горения, определенной экспериментально.

– Параметрические исследования критических условий искрового зажигания аэровзвеси порошка алюминия. Показано, что для частиц радиуса меньше 0.6 мкм минимальная энергия искрового зажигания стремится к одному и тому же значению

при стремлении коэффициента избытка окислителя к единице. Для крупных частиц наблюдается существенная зависимость минимальной энергии искрового зажигания от массовой концентрации частиц. Расчеты задачи минимальной энергии искрового зажигания бидисперсной взвеси порошка алюминия показали, что для частиц алюминия в диапазоне 0.2–4 мкм при увеличении массовой концентрации порошка алюминия в сторону стехиометрического состава минимальная энергия искрового зажигания стремится к одному и тому же значению.

– Параметрическое исследование скорости горения взвеси угольной пыли в воздухе и метано-воздушной смеси. Показано, что доля крупных частиц в бидисперсной взвеси влияет на видимую и нормальную скорость горения. С увеличением доли крупных частиц скорость горения уменьшается. Причем чем крупнее частицы, тем более линейным становится изменение скорости с изменением процентного содержания частиц крупной фракции. При горении монодисперсной взвеси угольной пыли в метано-воздушной смеси при малых массах пыли частицы с меньшим содержанием летучих компонентов горят быстрее. Увеличение процентного содержания метана в смеси приводит к уменьшению видимой скорости распространения пламени. Выполнено параметрическое исследование формы и местоположения фронта горения угольной пыли в закрученном канале в зависимости от размера и массовой концентрации частиц угля. Показано, что увеличение массовой доли частиц радиуса 20 мкм в смеси на входе в канал от 0.3 кг/м<sup>3</sup> до 0.5 кг/м<sup>3</sup> приводит к увеличению тепловыделения в области фронта. Увеличение скорости подачи смеси при неизменной массе угольной пыли приводит к перемещению фронта горения вглубь канала. Уменьшение радиуса частиц от 20 мкм до 2 мкм приводит к формированию двух практически симметричных фронтов горения.

– Параметрическое исследование процессов испарения капли керосина и горения аэрозоля керосина в присутствии наноразмерных частиц алюминия. Показано, что присутствие наноразмерного порошка алюминия в капле керосина увеличивает поглотительную способность капли, что уменьшает время ее испарения. При учете лучистого теплообмена зависимость времени испарения капли не пропорционально квадрату ее начального диаметра. Показано, что при одинаковой массовой концентрации керосина увеличение содержания нанопорошка алюминия в суспензии увеличивает скорость распространения пламени. С увеличением массовой концентрации горючего и начальной температуры аэрозоля керосина скорость фронта горения в аэрозоле увеличивается.

– Параметрические исследования закономерностей распространения фронта безгазового горения многослойных биметаллических нанопленок от соотношения толщин нанопленок, начальной температуры пленки и теплоотдачи в окружающую среду. Показано, что скорость волны СВС зависит от размера реакционной ячейки (чем меньше размер реакционной ячейки, тем выше скорость волны). Параметрические условия закономерностей прогрева биологической ткани от двухслойной наночастицы, нагреваемой импульсом лазера. Определена граница значений безразмерных параметров, для которой происходил переход от режима перегрева биоткани к режиму не полного разогрева рассматриваемой области.

Уменьшение параметра, отвечающего за величину воздействия лазерного излучения приводит к уменьшению области значений параметров, для которой возможен перегрев биоткани. Наибольшая область прогрева реализуется при времени действия импульса равном времени паузы. При увеличении времени паузы область параметров, соответствующая перегреву биоткани, сужается и стремится к одному и тому же значению.

За второй год выполнения научного проекта было сделано 25 докладов на 16 научных конференциях, опубликовано и принято к публикации 32 публикации, в том числе 6 статей в журналах конференций, входящих в базу данных Scopus, 3 статьи в рецензируемых журналах, входящих в РИНЦ, Scopus и WoS; направлено 2 статьи в международные журналы.