

Сведения о ходе выполнения проекта

«Экспериментально-теоретическое исследование процессов динамического взаимодействия консолидированной системы частиц дисперсной фазы в двухфазных потоках»

Соглашение №15-19-10014

Руководитель д-р физ.-мат. наук Архипов Владимир Афанасьевич

2015 год

В отчетном 2015 году выполнен весь объем запланированных работ и получен ряд новых научных результатов по процессам динамического взаимодействия консолидированной системы частиц дисперсной фазы в двухфазных потоках.

Проведены патентные исследования в области новых технических решений по созданию высококонцентрированного облака частиц с заданными и контролируемыми параметрами. Разработаны два принципиально новых способа введения в жидкость совокупности твердых частиц с заданными начальными параметрами – с использованием плоской пластины и пластины с полусферическими ячейками. Проведена модернизация экспериментальных установок для исследования основных характеристик гравитационного осаждения совокупности частиц в жидкой среде и процесса распыливания жидкостей с использованием эжекционного эффекта.

Разработан модифицированный турбидиметрический метод определения дисперсного состава аэрозольных частиц в двухфазном потоке. В отличие от классического метода спектральной прозрачности, в модифицированном методе измерение коэффициента пропускания проводится для двух фиксированных значений длин волн. Дополнительно проводится оценка вида функциональной зависимости для функции распределения частиц по размерам методом малых углов индикатрисы рассеяния. Разработаны экспериментальные установки для реализации данного метода, позволяющие определять концентрацию и дисперсный состав аэрозольных частиц с высокой точностью.

Сформулированы две физико-математические модели гравитационного осаждения консолидированной системы твердых или жидких частиц дисперсной фазы. Первая применима на начальном этапе эволюции облака, непосредственно после его первичного формирования. Модель включает в себя уравнения движения и теплообмена частиц с учетом их возможного испарения и дробления. Вторая модель применима для мелких частиц, начиная с того момента, когда скорости частиц конденсированной фазы сравняются со средними скоростями движения несущей фазы. В этой модели учитывается турбулентная диффузия частиц. В качестве модели турбулентного движения дисперсной фазы используется квазиравновесное диффузионно-миграционное приближение. Разработанные модели учитывают все значимые физические эффекты, связанные с образованием и эволюцией облака аэрозольных частиц в атмосфере. Разработаны численные методы и алгоритмы расчета с использованием которых проведены параметрические расчеты исследуемых процессов. Сравнительный анализ результатов моделирования с использованием разработанных физико-математических моделей показал, что основные

характеристики процессов соответствуют опубликованным данным других авторов в пересекающихся диапазонах определяющих параметров.

Проведены экспериментальные исследования процесса движения в жидкости совокупности твердых сферических частиц с начальной объемной концентрацией $C > 0.08$ в поле силы тяжести в широком диапазоне чисел Рейнольдса $0.001 < Re < 4$. В проведенных экспериментах использовались разработанные в процессе выполнения проекта способы создания облака частиц. Проведен анализ результатов исследования, который позволил выявить четыре стадии развития процесса осаждения облака частиц. Получена эмпирическая зависимость коэффициента сопротивления консолидированной системы частиц от нового безразмерного комплекса, равного произведению числа Рейнольдса и начальной объемной концентрации. Обнаружено монотонное уменьшение коэффициента сопротивления при увеличении этого комплекса.

Проведено физическое моделирование процесса распыливания маловязких и вязких жидкостей с использованием эжекционного эффекта для различных типов форсунок. Получены критериальные уравнения для определения дисперсности капель при распыливании жидкости спутным потоком газа.

Разработаны физико-математические модели процесса распыливания жидкости эжекционными форсунками, в том числе с учетом воздействия ультразвуковых колебаний и пульсационных воздействий на струю расплава. Рассмотрены два механизма влияния ультразвука на процесс диспергирования – изменение условий обмена на границе раздела газ-жидкость при генерировании ультразвуковых колебаний в газе и распад пленки жидкости под действием капиллярных сил при генерировании колебаний в жидкости. Показано, что результаты физико-математического моделирования процесса диспергирования жидкости спутным потоком газа удовлетворительно согласуются с данными дисперсного анализа пульверизата, полученными в заводской лаборатории на промышленной площадке ОАО «СУАЛ-ПМ» (г. Шелехов, Иркутская обл.), а также с данными физического моделирования по измерению дисперсности капель турбидиметрическим методом и методом малых углов индикатрисы рассеяния, полученными в условиях холодных продувок на пневмогидравлическом стенде.

Проведен параметрический анализ исследуемых процессов применительно к некоторым задачам экологии и технологии - анализ эволюции облака токсичных жидко-капельных компонентов ракетных топлив в районах падения отработанных ступеней ракет-носителей, анализ характеристик облака авиационного топлива при аварийном сбросе, характеристики процесса распыливания жидкости эжекционными форсунками. Произведен расчет эволюции в замкнутом пространстве облака частиц, полученных ударно-волновым способом. Полученное аналитическое решение хорошо согласуется с экспериментальными данными при подборе значения коэффициента турбулентной диффузии.

По результатам решения поставленных задач проекта в 2015 г. оформлены и направлены в Роспатент три заявки на патенты РФ и два заявления на получение Свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ.