

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОСАЖДЕНИЯ МЕЛКОДИСПЕРСНОГО АЭРОЗОЛЯ В АКУСТИЧЕСКОМ ПОЛЕ

М.Ю. Степкина, А.А. Антонникова

Институт проблем химико-энергетических технологий СО РАН, Бийск, Россия
antonnikova.a@mail.ru

RESEARCH INTO PRECIPITATION OF FINE AEROSOL IN THE ACOUSTIC FIELD

M.Yu. Stepkina, A.A. Antonnikova

Institute for Problems of Chemical and Energetic Technologies SB RAS, Biysk, Russia

Аннотация. Работа посвящена проблеме осаждения мелкодисперсных аэрозолей с размером частиц порядка 1–15 мкм. Наложение акустического поля способствует ускорению коагуляции частиц, что приводит к ускорению процесса осаждения. В работе представлены результаты экспериментальных исследований изменения дисперсных характеристик и концентрации модельной аэрозольной среды (18-процентный раствор глицерина) при ее осаждении с помощью акустических источников с диапазоном частот колебаний от 2 до 30 кГц, с интенсивностью 120–150 дБ. При этом исследовалась динамика распределения по размерам и концентрации частиц.

Ключевые слова: аэрозоль, коагуляция, осаждение, акустическое воздействие.

Abstract. Work is devoted to a problem of a precipitation of fine aerosols with particle size about 1-15 microns. Imposing of the acoustic field promotes acceleration of particles coagulation that leads to acceleration of a precipitation process. Experimental results of the model aerosol (solution of glycerin 18 %) dispersible characteristics and concentration at its deposition by means of acoustic sources with a frequency range from 2 to 30 kHz and intensity range from 120 to 150 dB are presented. At the same time the dynamics of particle size distribution and concentration was investigated.

Keywords: aerosol, coagulation, precipitation, acoustic influence.

Введение

Важной научно-технической проблемой является осаждение образующихся в современном промышленном производстве аэрозолей, как жидкокапельных, так и твердофазных. Объясняется это тем, что огромные по массе выбросы и аэрозольные образования представляют непосредственную угрозу для здоровья человека и биосферы в целом. Особенно большую опасность представляют мелкодисперсные аэрозоли. Перспективным направлением решения указанной проблемы является создание систем коагуляции дисперсных частиц ультразвуковыми (УЗ) колебаниями высокой интенсивности [Хмелев и др., 2010; Антонникова и др., 2011]. В работе исследовано влияние акустических источников (с диапазоном частот колебаний от 2 до 30 кГц) на скорость осаждения мелкодисперсного аэрозоля.

Экспериментальная установка

Экспериментальные исследования проводились в специальной герметичной аэрозольной камере объемом 1 м³. Схема установки приведена на рис. 1. Воздействующее на аэрозоль акустическое поле создавалось с помощью нескольких звуковых источников: двух ультразвуковых дисковых излучателей с рабочими частотами 22 кГц и 28 кГц (уровень звукового давления не менее 144 дБ) и звуковой сирены РМА 121 с частотой колебаний 2,4 кГц (уровень звукового давления не менее 121 дБ). Отверстие для присоединения акустического источника расположено в верхней части камеры, излучающая поверхность расположена на расстоянии 0,3 м от потолка.

В качестве модельной среды для исследования влияния частоты акустических источников был

выбран трудно испаряемый жидкокапельный аэрозоль — 18-процентный водный раствор глицерина. Испарение воды из раствора завершается, приблизительно, спустя 30–40 мин после распыления. В воздухе остаются мелкие частички глицерина, которые чрезвычайно сложно осадить.

Распыление в экспериментальную камеру осуществлялось инъекционным методом (краскопультом КРАТОН LVLP-02S) с постоянным давлением рабочего газа 4 атм. от баллона высокого давления. Краскопульт был настроен на минимальный расход жидкости, что позволило получить дисперсность частиц до 15 мкм — 75 % частиц по массе. Перед экспериментом измерялась масса жидкости. В течение 35 с было распылено примерно 10 г 18-процентного водного раствора глицерина. Спустя 40 мин после распыления модельного аэрозоля в экспериментах включали источник акустического излучения с частотой 2,4 кГц. Аналогично проводились эксперименты с частотами 22, 28 кГц. Контрольные опыты проводились без воздействия звуковых источников.

Измерения дисперсных параметров и концентрации частиц облака аэрозоля в экспериментальной камере проводились лазерной измерительной установкой ЛИД-2М, основанной на применении метода малоуглового рассеяния, в течение всего времени эксперимента с момента образования облака. [Ахмадеев, 2008].

Результаты экспериментов

График зависимости среднего объемно-поверхностного диаметра аэрозольных частиц от времени представлен на рис. 2.

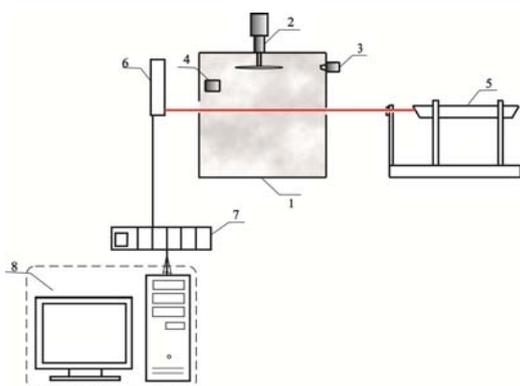


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 — аэрозольная камера; 2 — звуковой излучатель; 3 — распылитель аэрозоля; 4 — психрометр; 5 — лазер; 6 — фотоприемник; 7 — многоканальный усилитель; 8 — система сбора и обработки данных

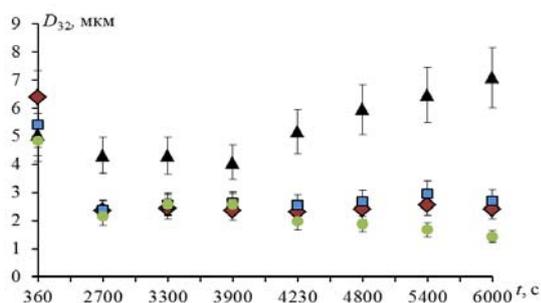


Рис. 2. Зависимость среднего объемно-поверхностного диаметра D_{32} частиц аэрозоля 18-процентного водного раствора глицерина от времени при воздействии акустического излучения различной частоты. Экспериментальные точки: ♦ — без воздействия; ● — воздействие с частотой 2.4 кГц; ■ — воздействие с частотой 22 кГц; ▲ — воздействие с частотой 28 кГц

Результаты экспериментальных исследований эволюции 18-процентного водного раствора глицерина показали, что воздействие ультразвука с частотой 22 кГц практически не меняет зависимость среднего диаметра частиц аэрозоля от времени. Таким образом, если УЗ-воздействие и играет роль, то не за счет ускорения коагуляции (что для таких размеров частиц справедливо), а за счет механизма радиационного давления. Из рисунка очевидно, что воздействие ультразвука с частотой 28 кГц способствует коагуляции частиц (рис. 2, ▲). Звуковая сирена с частотой 2.4 кГц практически не меняет зависимость среднего диаметра от времени.

Результаты по изменению концентрации аэрозоля приведены на рис. 3.

Воздействие акустического излучения с частотой 22 кГц не приводит к заметному ускорению осаждения мелкодисперсного модельного аэрозоля. Применение излучателя с частотой 28 кГц сокращает время осаждения, приблизительно, в 1.8 раза. Звуковая частота 2.4 кГц не сказывается на динамике концентрации водного раствора глицерина.

Используя оптические методы измерения характеристик дисперсности и концентрации аэрозолей во времени, показано, что звуковые частоты неэффективны для осаждения аэрозолей с характерным диаметром частиц 15 мкм. Установлено, что оптимальная частота

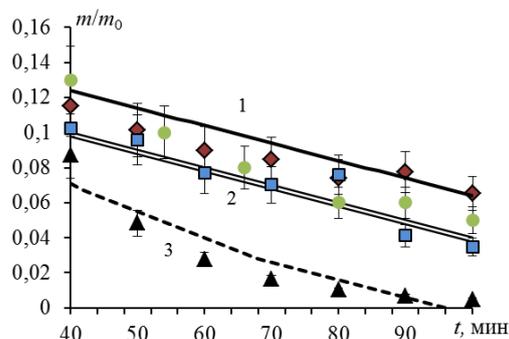
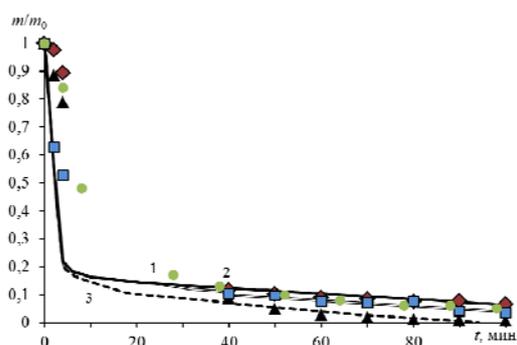


Рис. 3. Зависимость относительной концентрации аэрозоля 18-процентного водного раствора глицерина от времени при воздействии акустического излучения различной частоты: $t=(0\div 100)$ мин (а); $t=(40\div 100)$ мин (б). Расчетные кривые: 1 — без воздействия; 2 — воздействие с частотой 22 кГц; 3 — воздействие с частотой 28 кГц. Экспериментальные точки: ♦ — без воздействия; ● — воздействие с частотой 2.4 кГц; ■ — воздействие с частотой 22 кГц; ▲ — воздействие с частотой 28 кГц

воздействия должна быть порядка 30 кГц и более для увеличения скорости коагуляции и эффективного осаждения частиц мелкодисперсных аэрозолей трудноиспаряемых жидкостей.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 17-79-10209).

Список литературы

Антонникова А.А., Кудряшова О.Б., Хмелев М.В., Шалунов А.В. Исследование эффективности применения ультразвуковых колебаний для осаждения мелкодисперсных аэрозолей // Научно-технический вестник Поволжья. 2011. № 6. С. 96–99.

Ахмадеев И.Р. Метод и быстродействующая лазерная установка для исследования генезиса техногенного аэрозоля по рассеянию луча в контролируемом объеме: дис. ... канд. тех. наук. Бийск: АлтГТУ, 2008. 98 с.

Хмелев В.Н., Шалунова К.В., Цыганок С.Н., Барсуков Р.В., Сливин А.Н., Шалунов А.В. Ультразвуковая коагуляция аэрозолей: монография. Бийск: АлтГТУ, 2010. 228 с.

Antonnikova A.A., Kudryashova O.B., Hmelev M.V., Shalunov A.V. Research of effectiveness of application of ultrasonic fluctuations for a deposition of finely divided aerosols // Scientific and Technical Volga Region Bulletin. 2011. N 6. P. 96–99.

Akhmadeev I.R. Method and the rapid laser machine for a research of genesis of a technogenic aerosol on scattering of a beam in controlled volume: Dis. ... Cand. Tech. Sci. Biysk: AltSTU, 2008. 98 p.

Kmelev V.N., Shalunova K.V., Tsyganok S.N., Barsukov R.V., Slivin A.N., Shalunov A.V. Ultrasonic coagulation of aerosols: monograph. Biysk: AltSTU, 2010. 228 p.