

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБА УСКОРЕНИЯ ОСАЖДЕНИЯ МЕЛКОДИСПЕРСНОГО АЭРОЗОЛЬНОГО ОБЛАКА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Степкина М.Ю., Ахмадеев И.Р., Ворожцов Б.И.

Работа посвящена экспериментальному исследованию способа ускорения осаждения мелкодисперсных частиц за счет воздействия электростатического поля на аэрозольную систему. Приведены экспериментальные зависимости среднего объемно-поверхностного диаметра частиц аэрозоля и относительной концентрации от времени для аэросила, талька и насыщенного раствора соли. Показаны результаты седиментации частиц аэрозоля без внешних воздействий, а также осаждения под действием электрического поля для исследуемых веществ.

Ключевые слова: средний объемно-поверхностный диаметр, массовая концентрация, аэрозольная среда, электростатическое поле

ВВЕДЕНИЕ

Большой практический интерес представляют аэрозоли с характерным размером частиц более одного микрона (1 – 20 мк), причем в ряде задач требуется быстрое устранение (практически, мгновенное) таких аэрозолей. В ряде задач экологии и борьбы с терроризмом возникает необходимость нейтрализации аэрозольных образований (облака), возникающих в результате техногенных катастроф, выхлопных газов химических предприятий, а также в результате террористических актов. Для нейтрализации таких образований используются:

- химические методы;
- электростатическая очистка;
- воздействие ультразвука;
- фильтрация;
- жидкостные способы;
- термическая обработка.

Анализ методов показал, что одним из эффективных и прогрессивных методов осаждения является метод электростатической очистки. Данный метод подробнее рассматривается в работах Н.А. Фукса (1955), Х. Грина и В. Лейна (1957), П. Райста (1987), В.С. Швыдкого и М.Г. Ладыгичева (2002), А.Ю. Иваненко (2003) и др. Однако в результате более подробного изучения работ были обнаружены эффекты, противоречащие друг другу по оценке влияния электростатического поля на процесс осаждения и коагуляции различных аэрозолей. Это связано с недостаточной изученностью и сложностью процессов взаимодействия частиц с электрическим полем, а также сильным влиянием физико-химических свойств частиц на эти про-

цессы, все это затрудняет разработку эффективных методов осаждения для конкретных объектов [1].

Принцип действия электрофильтров заключается в улавливании частиц пыли, которые получают (как правило) отрицательный электрический заряд в поле коронного разряда и движутся под действием электрического поля к заземленным электродам, оседая на них.

Целью данной работы является экспериментальное исследование процесса осаждения мелкодисперсных аэрозольных сред (в том числе вредных веществ) при их взаимодействии с электрическим полем.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД

При экспериментальном исследовании процессов осаждения конденсированной фазы аэрозольной среды контролировались дисперсность и концентрация изучаемого аэрозоля, как во времени, так и в пространстве. Для этих целей использовали лазерную измерительную установку ЛИД-2М, разработанную в ИПХЭТ СО РАН [2].

В качестве устройства для создания электрического поля использовался электрофильтр. Его технические параметры представлены в таблице 1.

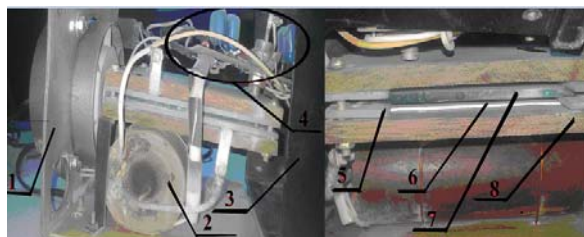
Данное устройство компактно, что позволяет размещать его в любой части измерительного объема. В условиях эксперимента электрофильтр располагался на высоте 0,5 м и на расстоянии 10 см от одной из боковых стенок измерительной камеры.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБА УСКОРЕНИЯ ОСАЖДЕНИЯ МЕЛКОДИСПЕРСНОГО АЭРОЗОЛЬНОГО ОБЛАКА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Таблица 1 – Технические параметры электрофилтра

Параметры	Значения
Площадь осаждения, мм ²	1000
Длина коронирующего элемента (длина активной зоны), мм	85
Габариты, мм	140*140*113
Масса, кг	1,7
Межэлектродное расстояние, мм	8
Напряжение сети, В	220
Потребляемая мощность, Вт	20

Устройство электрофилтра (рисунок 1) представляет собой два плоских металлических электрода, разделенных диэлектрической пластиной. Электроды запитаны от автомобильной катушки зажигания, которая создает высокое напряжение 5-10 кВ. В результате работы прибора возникает пробой (искровой разряд) с высвобождением ионов озона, которые выносятся за пределы устройства с помощью вентилятора, прикрепленного к задней стенке прибора.



1 – вентилятор; 2 – автомобильная катушка; 3 – корпус прибора; 4 – схема регулировки; 5 – пластмассовые клеммы; 6 – металлические электроды; 7 – стеклянная пластина; 8 – активная зона

Рисунок 1 – Внутреннее устройство используемого в эксперименте электрофилтра.

В качестве устройства для распыления жидкостей и твердофазного порошка использовался краскопульт КРАТОН R 200 LVLP-02S и пескоструй соответственно. В условиях эксперимента давление, подаваемое на краскопульт и пескоструй составило 4 ат и 1,5 ат соответственно.

В результате собранный экспериментальный стенд схематично представлен на рисунке 2.

В качестве опытных образцов, подвергаемых диспергированию, приняты следующие вещества: насыщенный раствор соли, мелкодисперсный порошок аэросила, тальковая пыль. Известно [1], что вдыхание пыли аэросила и накопление его в легких может вызвать заболевание – силикоз. А также вдыхание пыли талька в больших объемах может вызывать талькоз – доброкачественное заболевание из группы пневмокониозов. По-

этому особенно важно исследовать способы фильтрации таких веществ для сохранения здоровья человека, имеющего непосредственный контакт с подобными аэрозолями.

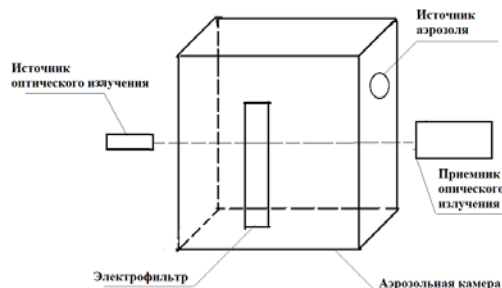


Рисунок 2 – Схема экспериментального стенда.

УСТАНОВКА

Данная установка позволяет определять концентрацию и функцию распределения частиц по размерам аэрозольной среды с высоким временным разрешением. ЛИД-2М реализует модифицированный метод малоуглового рассеяния, представляющий собой обратный оптический метод оптики аэрозолей, основывающийся на определении функции распределения путем решения серий прямых задач и сравнении их с экспериментальными данными.

Модель, основанная на теории переноса излучения в виде узкого коллимированного пучка лазера через туман, облака и другие рассеивающие среды, в частном случае рассеяния под малыми углами, представлена на рисунке 3 [2].

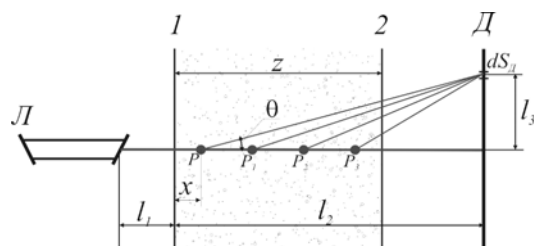


Рисунок 3 – Схема рассеяния луча лазера в слое аэрозоля.

Важной характеристикой для описания процесса седиментации аэрозоля, которую можно установить с помощью установки ЛИД-2М, является массовая концентрация частиц C_m . Метод определения концентрации частиц основан на измерении спектральных коэффициентов пропускания двухфазного потока для некоторой фиксированной длины волны λ зондирующего излучения.

Основным уравнением метода спектральной прозрачности является выражение для оптической плотности слоя равномерно распределенных полидисперсных частиц:

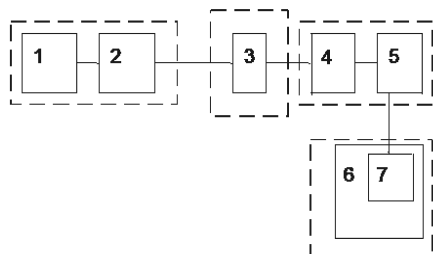
$$\tau = \ln(1/T_i) = \frac{1,5C_m z \bar{Q}(\lambda)}{\rho_k D_{32}}, \quad (1)$$

где $T_i = I_0/I_0'$ – коэффициент пропускания; I_0' – интенсивность зондирующего излучения; I_0 – интенсивность падающего на аэрозоль излучения; z – оптическая длина зондирования; \bar{Q} – усредненный фактор эффективности ослабления; ρ_k – плотность распыляемого вещества; D_{32} – средний объемно-поверхностный диаметр.

Таким образом, по экспериментально измеренным коэффициентам пропускания и определяемому методом малоуглового рассеяния диаметру D_{32} вычисляется концентрация частиц в зоне измерений:

$$C_m = \frac{\tau \rho_k D_{32}}{1,5l \bar{Q}(\lambda)} \quad (2)$$

Структурная схема установки представлена на рисунке 4.



1 – лазер; 2 – модулятор излучения; 3 – измерительный объем; 4 – фотодиодная линейка (7 фотодиодов); 5 – усилители постоянного тока; 6 – ЭВМ; 7 – АЦП

Рисунок 4 – Структурная схема установки ЛИД-2М.

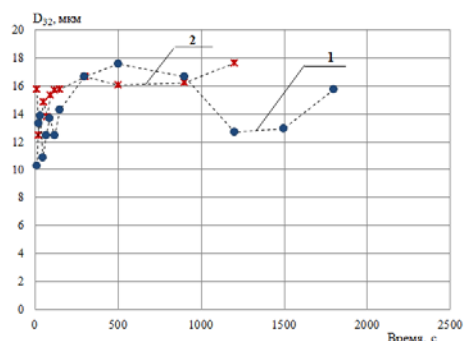
Излучение лазера ориентировано под углом 90° к одной из граней измерительного объема, модулируется с частотой 80 Гц и направляется через рассеивающую среду. Поток оптического излучения, рассеянного под разными углами, регистрируется линейкой фотодиодов, которая расположена в плоскости, перпендикулярной лучу лазера [2].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Время распыления насыщенного раствора соли массой 10 г составило 35 с. Первая серия экспериментов проводится при

нормальных условиях, без каких-либо внешних воздействий, после чего проводятся эксперименты с использованием электрофильтра. На второй минуте после распыления насыщенного раствора соли, когда в воздушной среде остались преимущественно частички соли, включается электрофильтр. Время воздействия электрофильтра на аэрозоль составило 7 минут. Масса мелкодисперсного порошка аэросила составила 3 г, время распыления – 20 с. При проведении экспериментов с воздействием электрофильтра, который был включен сразу после момента распыления аэросила, время его работы составило 5 минут. В экспериментах при распылении присыпки из талька массой 3 гр за 10 с электрофильтр был включен через 40 с после распыления на 7 минут.

Первый опыт был проведен с мелкодисперсным порошком аэросила, результаты которого приведены на рисунках 5 и 6 в виде зависимостей для изменения среднего объемно-поверхностного D_{32} и относительной концентрации C_m в процессе эксперимента при воздействии и без влияния электрофильтра.



1 – эксперимент без воздействий; 2 – эксперимент при воздействии электрического поля

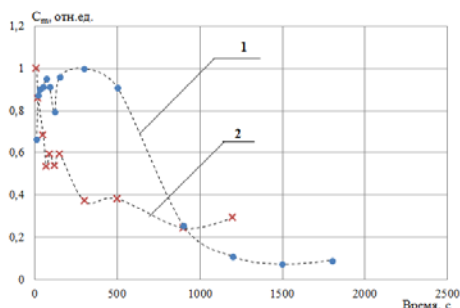
Рисунок 5 – Зависимость среднего объемно-поверхностного диаметра D_{32} от времени для аэросила.

Анализируя результат, полученный на рисунке 5, видно, что воздействие электрофильтра на аэрозольную среду аэросила позволяет получить частицы со средним объемно-поверхностным диаметром 15-16 мкм. В то же время аэрозоль без воздействия имеет более широкий диапазон среднего объемно-поверхностного диаметра в пределах от 10 до 17 мкм в различные моменты времени.

Относительная концентрация (рисунок 6) резко падает с самого начального момента воздействия электрического поля на аэросил и до момента окончания (электрофильтр ра-

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБА УСКОРЕНИЯ ОСАЖДЕНИЯ МЕЛКОДИСПЕРСНОГО АЭРОЗОЛЬНОГО ОБЛАКА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

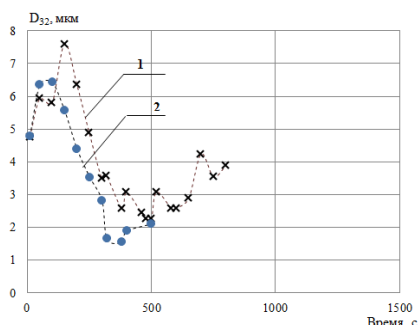
ботал в течение 300 с после начала эксперимента) в отличие от относительной концентрации аэросила без воздействия, в которой заметная убыль концентрации происходит только после 500 с от начала эксперимента.



1 – эксперимент без воздействий; 2 – эксперимент при воздействии электрического поля

Рисунок 6 – Зависимость относительной концентрации от времени для аэросила.

Далее были проведены опыты по распылению насыщенного раствора соли (26 % соли в растворе воды): также с воздействием электрического поля и без него. Результаты эксперимента приведены на рисунках 7 и 8.



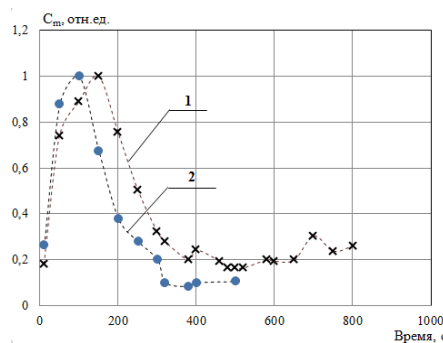
1 – эксперимент без воздействий; 2 – эксперимент при воздействии электрического поля

Рисунок 7 – Зависимость среднего объемно-поверхностного диаметра D_{32} от времени для насыщенного раствора соли.

Из графика на рисунке 7 следует, что при воздействии электрофильтра на частицы соли уменьшение размера происходит быстрее и уже на 250 с размер частицы достигает минимального 1,5-2 мкм, а в эксперименте без воздействия минимальный размер 2,44 мкм наблюдается на 400 с.

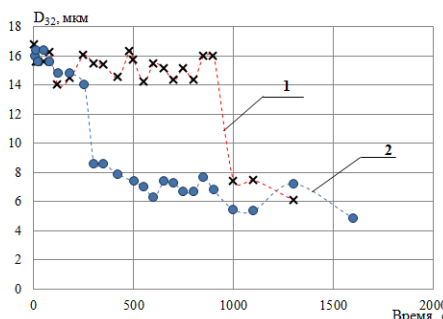
На рисунке 8 показано, что убыль относительной концентрации под действием электрофильтра происходит быстрее и концентрация достигает меньших значений, по сравнению с экспериментом без воздействий.

Подобным же образом проводились опыты по распылению тальковой пудры. Результаты показаны на рисунках 9 и 10.



1 – эксперимент без воздействий; 2 – эксперимент при воздействии электрического поля

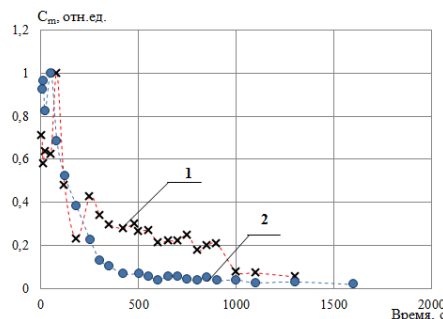
Рисунок 8 – Зависимость относительной концентрации от времени для насыщенного раствора соли.



1 – эксперимент без воздействий; 2 – эксперимент при воздействии электрического поля

Рисунок 9 – Зависимость среднего объемно-поверхностного диаметра D_{32} от времени для тальковой пудры.

Рисунок 9 показывает, что с момента воздействия электрофильтра D_{32} уменьшается с 16 мкм до 6 мкм и далее находится в границах 6-8 мкм. В эксперименте без воздействия (рисунок 9) на протяжении большого отрезка времени располагается в диапазоне 14-17 мкм и только на 1000 с начинает спадать до 6-7 мкм.



1 – эксперимент без воздействий; 2 – эксперимент при воздействии электрического поля

Рисунок 10 – Зависимость относительной концентрации от времени для тальковой пудры.

Относительная концентрация тальковой пудры (рисунок 10) с начала влияния электрического поля на аэрозольную среду начинает плавно уменьшаться и уже после 400 с достигает своих минимальных значений. В опытах без воздействий массовая концентрация приближается к минимальным значениям только после 1000 с.

ВЫВОДЫ

В результате выполненных исследований следует отметить, что воздействие электрического поля на исследуемые вещества приводит к уменьшению размер D_{32} по сравнению с опытами, проведенными без электрофильтров. А также применение электрофильтров приводит к заметному увеличению скорости осаждения аэрозольных сред исследуемых веществ.

При проведении опытов с раствором соли оказалось, что воздействие электрофильтра влияет на процесс испарения воды и тем самым ускоряет осаждение частиц соли.

В процессе проведения опытов по осаждению мелкодисперсного аэрозоля была замечена способность этого порошка электризоваться уже при распылении и быстро прилипать к поверхностям измерительной камеры и предметам, находящимся внутри неё.

В дальнейшем возникает необходимость теоретически обосновать полученные результаты и подробнее изучить факторы, которые могут повлиять на ускорения осаждения под действием электрических полей. Поэтому следует продолжать и развивать работу в данном направлении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Архипов, В. А. Аэрозольные системы и их влияние на жизнедеятельность / А.В. Архипов, У.М. Шереметьев. – Томск : ГТПУ, 2007. – 136 с.
2. Ахмадеев, И.Р. Метод и быстродействующая лазерная установка для исследования генезиса техногенного аэрозоля по рассеянию луча в контролируемом объеме : дисс... канд. тех. наук / Ахмадеев Игорь Радикович. – Барнаул, 2008. – 98 с.
3. Ужов, В.Н. Очистка промышленных газов электрофильтрами / В.Н. Ужов – Москва, 1987. – 258 с.

УДК 547.791.1 (083.744)

СЕЛЕКТИВНАЯ КВАТЕРНИЗАЦИЯ 1-АЛКИЛ-5-НИТРО-1,2,3-ТРИАЗОЛОВ ДИАЛКИЛСУЛЬФАТАМИ: СИНТЕЗ 1,3-ДИАЛКИЛ-4-НИТРО-1,2,3-ТРИАЗОЛИЕВЫХ СОЛЕЙ С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ АЛКИЛЬНЫХ ЗАМЕСТИТЕЛЕЙ

Истошина В.А., Суханов Г.Т., Филиппова Ю.В., Суханова А.Г.

Найдено, что 1-алкил-5-нитро-1,2,3-триазолы легко реагируют с диалкилсульфатами, приводя к селективному образованию наиболее термодинамически выгодных 1,3-диалкил-4-нитро-1,2,3-триазолиевых солей.

Ключевые слова: кватернизация, основность, 1-алкил-5-нитро-1,2,3-триазолы, диалкилсульфаты, региоселективность, 1,3-диалкил-4-нитро-1,2,3-триазолиевые соли

ВВЕДЕНИЕ

Кватернизация азолов – один из наиболее распространенных методов синтеза ди- и тризамещенных азолиевых солей. Реакционная способность производных 4-нитро-1,2,3-триазолов в реакциях кватернизации мало изучена по сравнению с ближайшими аналогами – тетразолами [1] и 3-нитро-1,2,4-триазолами [2, 3]. В то же время такие соединения представляют значительный интерес в

качестве фармацевтических препаратов, высоко-энергетических материалов, ионных жидкостей и интермедиатов в органическом синтезе [4, 5].

Кватернизация N-алкил-4-нитро-1,2,3-триазолов изучена лишь на единичных примерах. В частности, нами описана кватернизация 1-алкил-4-нитро-1,2,3-триазолов диалкилсульфатами [6, 7] и N-втор-бутил-4-нитро-1,2,3-триазолов в системе *t*-BuOH–HClO₄ [8].