

УДК 537.562, 537.523.3

А. В. Алексеенко¹, С. А. Якимов²

¹ Новосибирский государственный университет
ул. Пирогова, 2, Новосибирск, 630090, Россия

² ООО «Академлаб»
ул. Инженерная, 20, Новосибирск, 630090, Россия

anfismagina@mail.ru, s.yakimov@gmail.com

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПОДВИЖНОСТИ АЭРОЗОЛЬНЫХ ЧАСТИЦ, ЗАРЯЖЕННЫХ В КОРОННОМ РАЗРЯДЕ

Рассчитана электрическая подвижность заряженных аэрозольных частиц при их зарядке в коронном разряде, проведено сравнение с экспериментально измеренной подвижностью. Полученные результаты позволяют оценить эффективность зарядки существующих зарядителей, а также оптимизировать его параметры.

Ключевые слова: коронный разряд, аэрозоли, аэрозольная фильтрация, электрофильты, электрогидродинамика.

Введение

С начала XX в. электрофильты широко используются для удаления взвешенных в воздухе частиц, таких как капли кислоты, сажа, радиоактивные частицы и др. [1]. Взвешенные в воздухе частицы могут пагубно влиять на организм и здоровье человека, а также могут оказывать отрицательное влияние на ряд технологических процессов в микроэлектронном, фармацевтическом и некоторых других видах производств. Принцип работы этих устройств основан на передаче электрического заряда аэрозольным частицам с последующим осаждением заряженных аэрозолей электрическим полем на твердых поверхностях или пористых средах. Наиболее распространенным способом электрической зарядки аэрозольных частиц является пропускание аэрозольного потока через зарядитель с газовым разрядом. Такой зарядитель аэрозольных частиц, как правило, состоит из не-

скольких тонких проволок, подключенных к источнику высокого напряжения, и нескольких заземленных пластин. В определенном диапазоне приложенных напряжений в промежутке между проволоками и пластинами зажигается коронный разряд, носителями заряда в котором являются ионизованные частицы несущего газа.

На рис. 1 изображена схема процесса коронного разряда. Для зажигания коронного разряда требуются два электрода: коронирующий и собирающий. Коронирующим электродом является проволока маленького радиуса кривизны, на которую подается высокое напряжение. Собирающий электрод представляет собой плоскую металлическую заземленную пластину. Высокая напряженность электрического поля вблизи коронирующего электрода вызывает ионизацию газа с образованием положительных ионов и электронов, которые затем участвуют в процессе вторичной ионизации и образовании электронных лавин. На больших рас-

Алексеенко А. В., Якимов С. А. Применение электрогидродинамического моделирования для расчета электрической подвижности аэрозольных частиц, заряженных в коронном разряде // Вестн. Новосиб. гос. ун-та. Серия: Физика. 2016. Т. 11, № 4. С. 5–16.

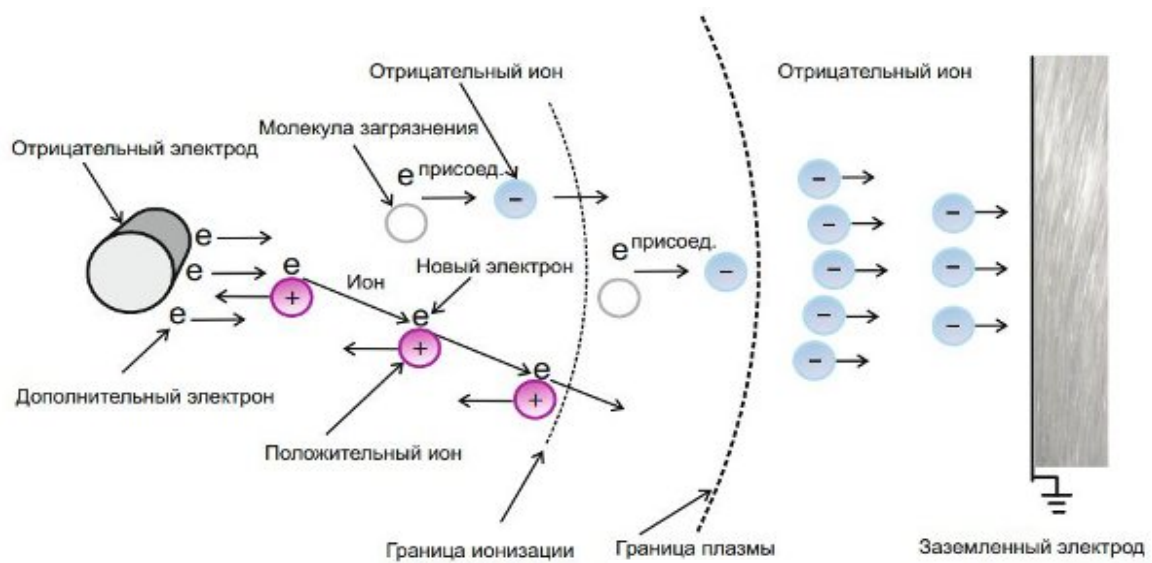


Рис. 1. Схема процесса коронного разряда, на примере отрицательной короны

стояниях от коронирующего электрода, где напряженность электрического поля недостаточна для дальнейшей ионизации среды, происходит дрейф ионов соответствующей полярности в направлении заземленного электрода. Направленное движение ионов также увлекает за собой нейтральный газ, что является предметом изучения электрогидродинамики (ЭГД).

Наиболее часто в электрофильтрах используется тип конфигурации проволока – пластина, но существует также конфигурация проволока – цилиндр, менее распространенная из-за большей сложности изготовления. Основные физические процессы, происходящие в зарядителе, были хорошо описаны в литературе [1–5] и включают в себя движение газовой среды, коронный разряд, перенос и осаждение заряда на частицах. Было проведено много экспериментальных исследований характеристик зарядителей аэрозольных частиц, связанных с коронным разрядом [6–7], эффективностью осаждения частиц [8–10] и движением частиц [11]. Помимо экспериментальных исследований, также существует много аналитических теорий [12–15] и численных моделей процесса сбора частиц в электрофильтре.

Ключевой проблемой численных моделей является описание процесса зарядки частиц. Основные механизмы зарядки частиц включают в себя: 1) полевую зарядку – осаждение ионов среды на аэрозольной частице под действием внешнего электрического поля; 2) диффузионную зарядку – осаждение ионов среды за счет их участия в диффузионном движении. Многие исследователи занимались разработкой теории полевой [16–17] и диффузионной зарядки [18–22]. Кроме того, некоторые исследователи предложили теории, сочетающие оба механизма [23–28].

В последние годы появилось много работ, использующих программный пакет Comsol Multiphysics для моделирования коронного разряда с целью описания электрогидродинамических потоков и разрядных характеристик короны [29]. В настоящей работе использованы существующие теоретические модели для расчета поля скоростей потоков, ионной плотности разряда и электрического поля в зарядителе с использованием Comsol Multiphysics. Рассчитаны распределения подвижностей аэрозольных частиц, прошедших через зарядитель, проведено сравнение полученных распределений с экспериментальными данными. Ре-

зультаты могут быть использованы для разработки и проектирования зарядителей аэрозольных частиц с коронным разрядом.

Моделирование

Обозначения

- R – радиус ионизационной зоны
 R_w – радиус коронирующей проволоки, $1 \cdot 10^{-4}$ м
 E_0 – напряженность пробоя воздуха, $3,23 \cdot 10^6$ В/м
 E – напряженность электрического поля
 U – электрический потенциал
 ϵ_0 – электрическая постоянная, $8,85 \times 10^{-12}$ Ф/м
 q – объемная плотность заряда
 q_s – заряд насыщения
 Q – заряд, приобретаемый аэрозольной частицей
 ρ – плотность воздуха
 \mathbf{V} – вектор скорости воздушного потока
 V_{flow} – скорость воздушного потока, $V_x = 1,5$ м/с, $V_y = 0$
 p – давление воздуха
 \mathbf{J} – вектор плотности тока
 Z_i – подвижность ионов, $1,9$ м²/В·с
 \mathbf{E} – вектор напряженности электрического поля
 D – коэффициент диффузии ионов, $1 \cdot 10^{-6}$ м²/с
 d_p – диаметр аэрозольной частицы
 $C(d_p)$ – поправочный коэффициент Каннингема
 λ – длина свободного пробега частицы газа, $6,3 \cdot 10^{-8}$ м
 η – динамическая вязкость среды, $1,8 \times 10^{-5}$ Н·с/м²
 e – заряд электрона, $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл
 i – число элементарных единиц заряда на аэрозольной частице
 ϵ – диэлектрическая проницаемость аэрозольных частиц, 2,1025 (диэтилгексилсебацанат, DEHS)
 t – время зарядки частицы
 N_i – плотность ионов
 Z – подвижность аэрозольной частицы
 T – температура окружающей среды, 300 К
 k – постоянная Больцмана, $1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К

Для расчета подвижности аэрозольных частиц был использован распространенный подход электрогидродинамического модели-

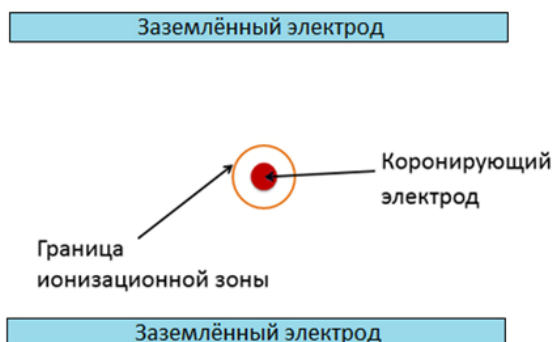


Рис. 2. Схема моделирования зарядителя (без масштаба)

рования зарядителя с коронным разрядом [29].

2D-модель зарядителя в программе Comsol Multiphysics состоит из 5 расчетных областей (рис. 2): коронирующий электрод, окружающая его ионизационная зона, два заземленных электрода и область воздушной среды, в которой располагается зарядитель. Проволочка имеет радиус 0,1 мм, пластины зарядителя располагаются на расстоянии 18–25 мм от проволоки, радиус границы ионизационной зоны рассчитывается по эмпирической формуле Ф. Пика и составляет 362 мкм. Область расчета ограничена квадратом со стороной 60 см (не показано на рисунке).

Электрогидродинамический поток, индуцированный коронным разрядом, описывается путем совместного решения уравнений электростатики, движения сплошной среды и переноса объемного заряда. Электрический потенциал в воздухе, рассчитывается с помощью уравнения Пуассона:

$$\nabla^2 U = \frac{q}{\epsilon_0}.$$

Напряженность поля определяется через электрический потенциал:

$$\mathbf{E} = -\nabla U.$$

Электрический ток в дрейфовой зоне – это комбинация трех эффектов: проводимости, конвекции (перенос заряда воздушным потоком) и диффузии. Поэтому плотность тока

$$\mathbf{J} = Z_i \mathbf{E} q + \mathbf{V} q - D \nabla q.$$

Условие непрерывности тока описывается следующим уравнением:

$$\nabla \cdot \mathbf{J} = 0.$$

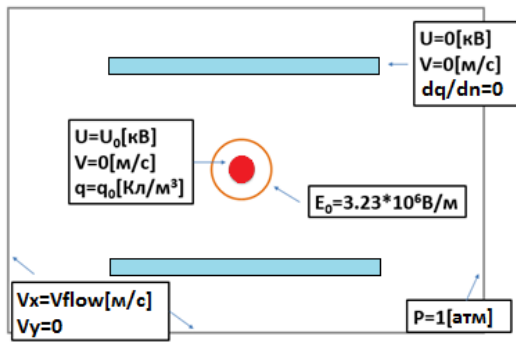


Рис. 3. Граничные условия зарядителя (без масштаба)

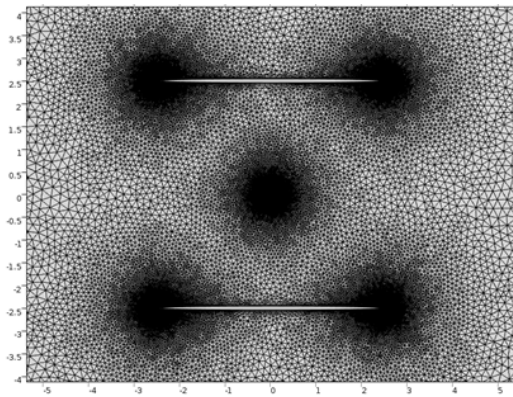


Рис. 4. Фрагмент расчетной сетки вокруг коронирующего и собирающих электродов

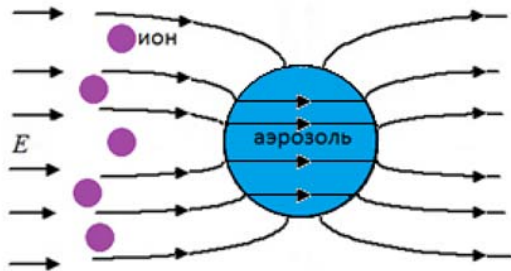


Рис. 5. Полевая зарядка аэрозольной частицы

Гидродинамическая часть описывается уравнением Навье – Стокса и условием нежимаемости воздушного потока:

$$\rho \mathbf{V} \cdot \nabla \mathbf{V} = -p + \eta \nabla^2 \mathbf{V} - q \nabla U,$$

$$\nabla \cdot \mathbf{V} = 0.$$

Широко известна эмпирическая формула Ф. Пика, связывающая напряженность электрического поля на поверхности проволоки

при зажигании коронного разряда с радиусом проволоки [30]:

$$E_w = E_0 \left(1 + 2,62 \cdot 10^{-2} / \sqrt{R_w} \right).$$

По предположению Капцова [31], возле коронирующего электрода существует ионизационная зона радиусом

$$R = R_w \left(1 + 2,62 \cdot 10^{-2} / \sqrt{R_w} \right) \quad (1)$$

с граничным условием $E_0 = 3,23 \cdot 10^6$ В/м.

Стационарная модель включает в себя три группы дифференциальных уравнений со следующими граничными условиями.

1. Уравнения электростатики.

Электрический потенциал задается на поверхностях пластин и проволоки, $U = 0$ и $U = U_0$ соответственно.

2. Движение сплошной среды.

Условие движения без проскальзывания $\mathbf{V} = 0$, т. е. нулевой скорости потока, задается на границах пластин и проволоки.

3. Распределение объемной плотности заряда.

Величина поверхностной плотности заряда задается на поверхности проволоки таким образом, чтобы на границе ионизационной зоны, рассчитанной по формуле (1), удовлетворялось предположение Капцова: напряженность электрического поля равна напряженности пробоя в воздухе $E_0 = 3,23 \cdot 10^6$ В/м. Нулевой диффузионный поток $dq/dn = 0$ задается на всех границах, кроме границы ионизационной зоны. Это условие необходимо, поскольку наличие диффузионного члена в уравнении переноса плотности заряда оказывает пренебрежимо малое воздействие на получаемые распределения, но сильно влияет на сходимость задачи.

На рис. 3 приведены граничные условия, использованные в моделировании. На правой границе расчетной области давление задается равным атмосферному (свободное истечение газа). На левой границе x -компонента скорости равна заданной скорости потока, а y -компонента равна нулю.

Был подобран оптимальный размер расчетной сетки в программе Comsol Multiphysics. На рис. 4 изображен фрагмент расчетной сетки вокруг коронирующего и собирающего электродов. Максимальный и минимальный размеры ячейки составляют

0,78 и 0,009 см соответственно. Полная расчетная зона представляет собой квадрат со стороной 60 см.

Расчет заряда частиц

В зарядителе аэрозоль приобретает заряд благодаря двум механизмам: полевой и диффузионной зарядке частиц. При полевой зарядке частиц (рис. 5) ионы газа в дрейфовой зоне коронного разряда осаждаются на поверхности аэрозольных частиц электрическим полем. Интенсивность такой зарядки зависит от концентрации униполярных ионов и величины напряженности электрического поля.

Диффузионная зарядка частиц (рис. 6), происходит за счет броуновского движения ионов к поверхности аэрозольной частицы. Интенсивность диффузионной зарядки частиц зависит от произведения $n \cdot t$, где n – концентрация униполярных ионов, t – время пребывания частицы в униполярной ионной среде.

Заряд, приобретаемый аэрозольной частицей в поле E , за время t в ионной среде с концентрацией ионов N_i за счет осаждения ионов электрическим полем, рассчитывается по следующей формуле [22]:

$$q_E = \frac{q_s e Z_i N_i t}{e Z_i N_i t + 4 \epsilon_0},$$

$$q_s = \pi \epsilon_0 \frac{3 \epsilon}{\epsilon + 2} E d_p^2.$$

При полевой зарядке осаждение ионов на частице происходит до тех пор, пока электрическое поле заряженной частицы не станет достаточно велико для отталкивания новых ионов.

За счет диффузии ионов на частицу за время t осаждается заряд [32]

$$q_D = \frac{2 \pi \epsilon_0 d_p k T}{e} \ln \left(1 + \frac{D e^2 N_i t}{\epsilon_0 k T} \right). \quad (2)$$

Этот механизм приводит к медленному логарифмическому росту величины заряда аэрозольной частицы без насыщения.

Подвижность сферической частицы диаметром d_p описывается следующей формулой [33]:

$$Z = \frac{i e C(d_p)}{3 \pi d_p \eta},$$

где участвует поправочный коэффициент Каннингема:



Рис. 6. Диффузионная зарядка аэрозольной частицы

$$C(d_p) = 1 + \frac{\lambda}{d_p} \left[2,33 + 0,966 \cdot \exp \left(-0,499 \frac{d_p}{\lambda} \right) \right].$$

В ходе решения задачи о расчете количества осевших зарядов на аэрозольной частицу – i , была построена модель, включающая в себя механизмы полевой и диффузионной зарядки частиц. В первом приближении ток зарядки является суммой диффузионного и полевого токов [34]:

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{dq_E}{dt} + \frac{dq_D}{dt}. \quad (3)$$

Уравнение (3) интегрируется по линиям тока воздуха через зарядитель, затем считается распределение по полученным зарядам.

Эксперимент

Эксперименты проводились на установке, принципиальная схема которой представлена на рис. 7. В очищенный НЕРА-фильтром от атмосферных частиц воздух вводился монодисперсный аэрозоль, полученный на конденсационном генераторе частиц Topas SLG 250 (Topas, GmbH). После перемешивания аэрозольный поток проходил через зарядитель с коронным разрядом. Заряженный аэрозоль затем отбирался из потока и анализировался спектрометром дифференциальной подвижности частиц TSI SMPS 3938 (TSI Inc.), состоящим из дифференциального анализатора подвижности (Differential mobility analyzer, DMA) и конденсационного счетчика частиц (Condensation particle counter, CPC).

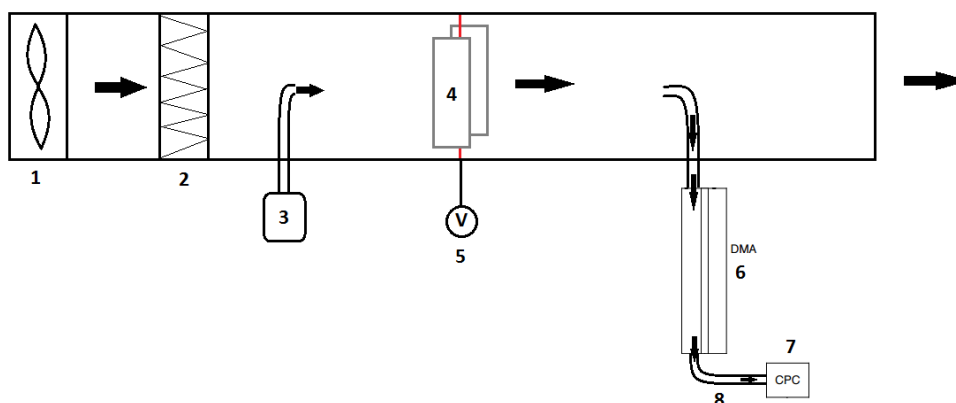


Рис. 7. Схема экспериментальной установки для исследования подвижности аэрозольных частиц: 1 – вентилятор; 2 – HEPA-фильтр; 3 – генератор частиц Topas SLG 250; 4 – зарядитель; 5 – источник тока; 6 – дифференциальный анализатор подвижности (DMA); 7 – конденсационный счетчик частиц (CPC)

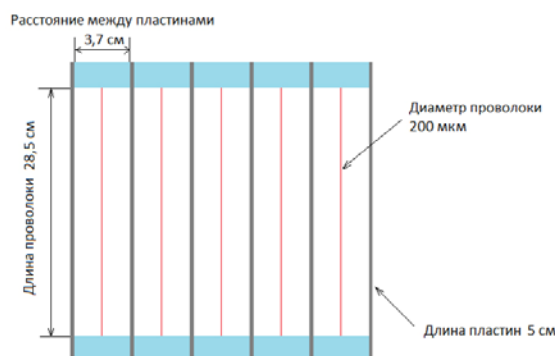


Рис. 8. Схема зарядителя аэрозольных частиц

На рис. 8 представлена схема зарядителя аэрозольных частиц. Расстояние между пластинами составляет 3,7 см, диаметр проволоки 200 мкм, длина проволоки 28,5 см, количество проволок 5 шт., длина пластин 5 см.

Метод дифференциальной подвижности основан на явлении зависимости скорости движения заряженных взвешенных частиц в электрическом поле от их размера. В анализаторе дифференциальной подвижности создается электрическое поле, в котором взвешенные частицы дрейфуют со скоростью, определяемой их электрической подвижностью. Таким образом, зная распределение частиц по размерам можно вычислить их подвижности.

Результаты и обсуждение

В этом разделе будут представлены расчетные и экспериментальные данные для зарядителя частиц, изображенного на рис. 8.

Скорость потока воздуха в зарядителе составляет 1,5 м/с.

На рис. 9 представлены результаты электрогидродинамического моделирования, полученные в Comsol Multiphysics. Расчеты производились при следующих параметрах: ток коронного разряда 0,75 мА, напряжение на проволоке 9 400 кВ, скорость потока воздуха 1,5 м/с.

Расчетные и экспериментальные данные вольт-амперной характеристики зарядителя хорошо согласуются между собой (рис. 10).

Конденсационный генератор монодисперсных аэрозолей позволяет получать частицы диэтилгексилсебацата (DEHS) с низкой дисперсией по размерам. Пример спектра размеров таких частиц приведен на рис. 11, а. Распределение хорошо описывается логнормальным распределением со средним значением $X_c = 288$ нм и дисперсией $\sigma = 1,18$. При пропускании аэрозольного потока через зарядитель частицы приобретают электрический заряд, который можно измерить при помощи дифференциального анализатора подвижности. На рис 11, б показано распределение частиц по величине d_p/i , где i – число элементарных зарядов на частице. Из полученного распределения можно вычислить средний заряд частицы и ее среднюю электрическую подвижность.

На рис. 12 представлены расчетные и экспериментальные результаты средней подвижности аэрозольных частиц в зависимости от тока коронного разряда для частиц размерами 290, 480 и 740 нм. Скорость потока воздуха через зарядитель составляет 1,5 м/с.

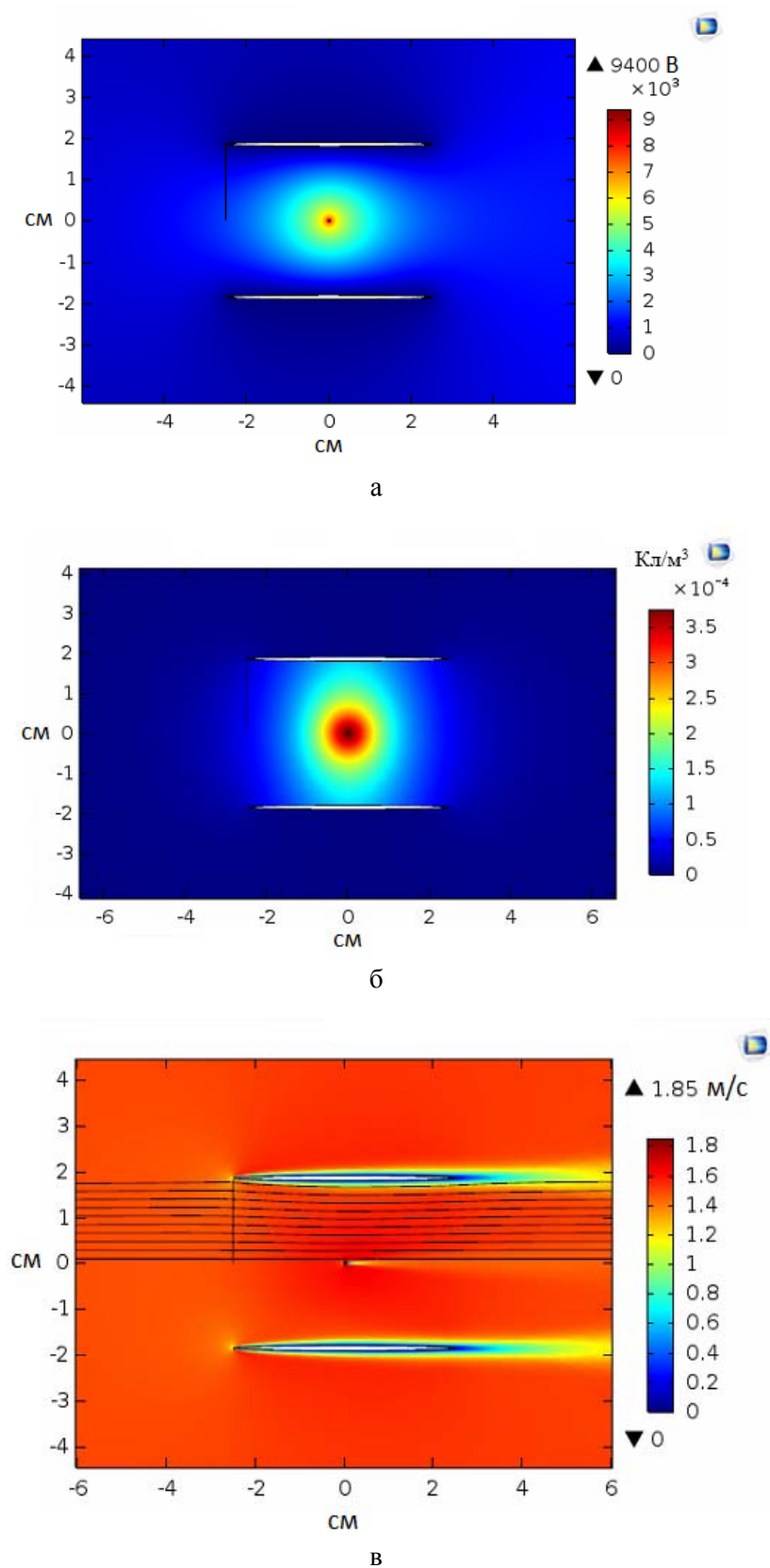


Рис. 9. Распределение потенциала (а),
объемной плотности заряда (б) и скорости потока (в) в зарядителе.
Черные кривые соответствуют линиям тока

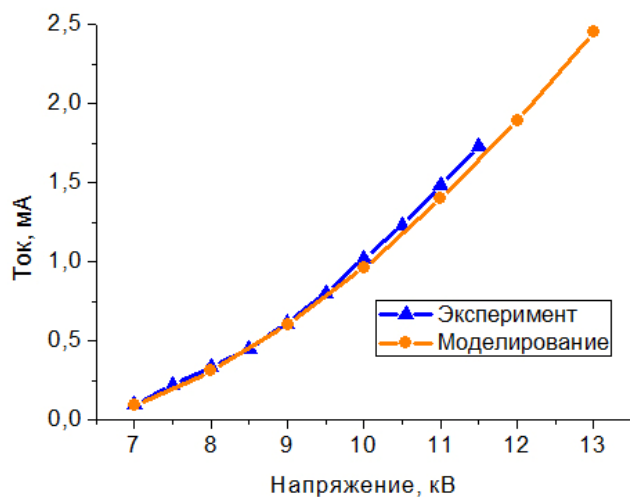
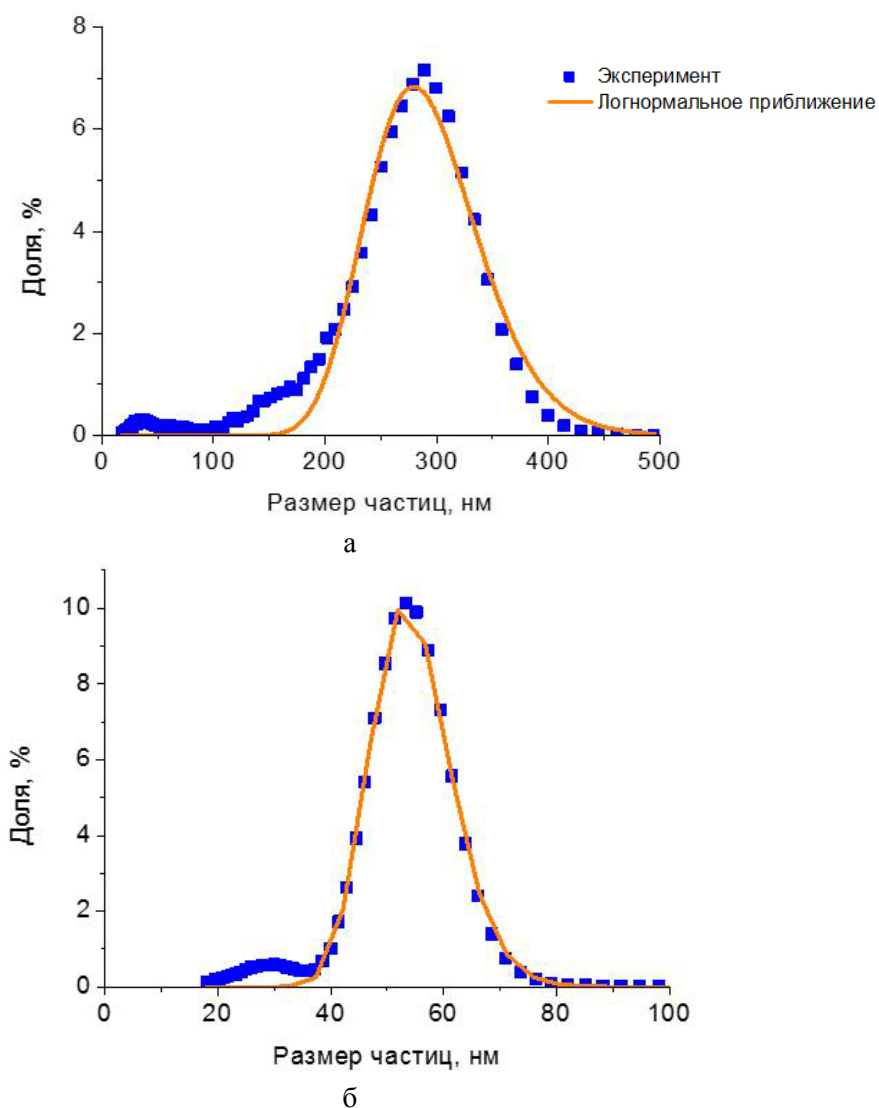
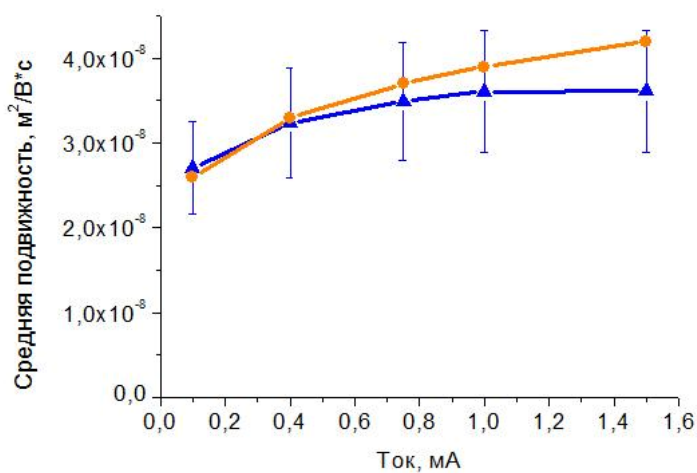
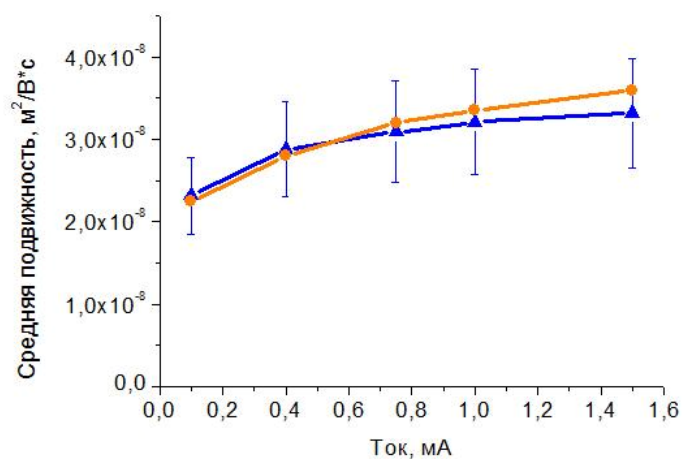


Рис. 10. Вольт-амперная характеристика зарядителя

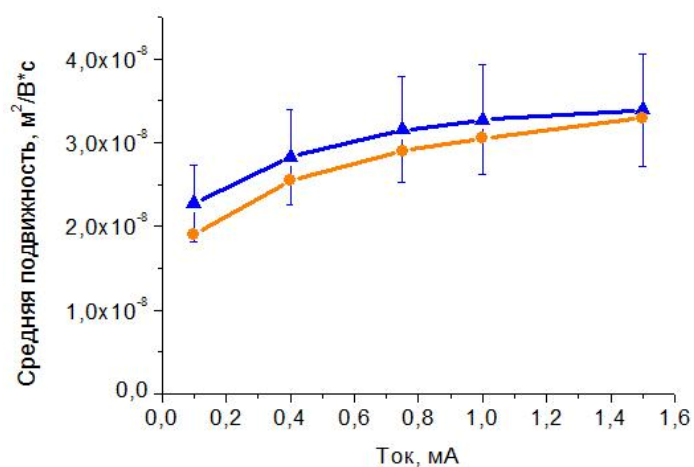
Рис. 11. Распределение (а) незаряженных аэрозольных частиц по размерам (логнормальное приближение $\chi_s = 288$, $\sigma = 1,18$) и (б) заряженных аэрозольных частиц по величине d_p/i (ток коронного разряда 0,1 мА, скорость потока 1,5 м/с)



а



б



в

—▲— Эксперимент
—●— Моделирование

Рис. 12. Распределение средней подвижности аэрозольных частиц в зависимости от тока коронного разряда.
Размеры частиц: а – 290 нм; б – 480 нм; в – 740 нм

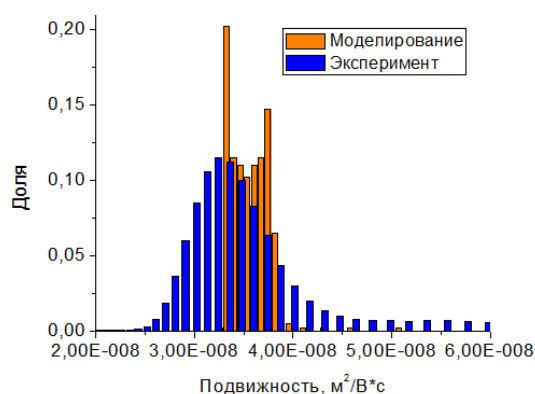


Рис. 13. Экспериментальное и расчетное распределение подвижности аэрозольных частиц размером 290 нм. Ток коронного разряда 0,4 мА

Видно, что результаты расчета средней подвижности аэрозольных частиц хорошо согласуются с экспериментальными данными в пределах погрешности измерений. Полученные результаты показывают, что увеличение тока зарядки эффективно только в области низких токов; дальнейшее увеличение не приводит к заметному росту подвижности аэрозольных частиц. Это связано с замедлением осаждения ионов разряда на аэрозолях при накоплении ими заряда (см. формулу (2)).

На рис. 13 приведены экспериментальные и расчетные распределения подвижности аэрозольных частиц размером 290 нм при токе коронного разряда 0,4 мА. Число линий тока, по которым строилось распределение, – 50. Хотя средние значения подвижностей в расчете и эксперименте близки, ширина расчетного распределения заметно меньше. Помимо этого, минимальная рассчитанная подвижность частиц ниже, чем полученная в эксперименте. Это ограничивает применимость построенной модели для высокоэффективных фильтрующих устройств, поскольку слабо заряженные частицы обычно вносят максимальный вклад в проскок через электростатические осадители или фильтры.

Заключение

Построенная электрогидродинамическая модель для расчета электрической подвижности аэрозольных частиц, заряженных в коронном разряде, позволяет достоверно предсказывать вольт-амперные характери-

стики зарядителей частиц и среднее значение заряда прошедших через них аэрозолей. Это может существенно упростить работу по проектированию и разработке зарядителей аэрозольных частиц.

Минимальная подвижность заряженных аэрозолей в результатах расчета оказывается выше, чем в эксперименте, что ограничивает использование модели при разработке зарядителей для высокоэффективных фильтрующих устройств, поскольку слабозаряженные частицы вносят максимальный вклад в проскок через электростатические осадители или фильтры.

Список литературы

1. White H. J. Industrial electrostatic precipitation. Reading, MA: Addison Wesley, 1963.
2. Bohm J. Electrostatic precipitators. Amsterdam: Elsevier Science Publishers Company, 1982.
3. Oglesby S., Jr., Nichols G. B. Electrostatic precipitation. New York: Marcel Dekker Inc., 1978.
4. Robinson M. Electrostatic precipitation // Air pollution control. W. Strauss (ed.). New York: Wiley Interscience, 1971. P. 227–335.
5. Rose H. E., Wood A. J. Electrostatic precipitation. Constable and Company Ltd, 1956.
6. Felici N. J. Recent advances in the analysis of D.C. ionized electric fields // Direct Current. 1963. Vol. 8 (10). P. 278–287.
7. Penney G. W., Matick R. E. Potentials in D-C corona fields // Transactions of the AIEE. 1960. Vol. 79. P. 91–99.
8. Kihm K. D. Effects of nonuniformities on particle transport in electrostatic precipitators: PhD. dissertation. Department of Mechanical Engineering, Stanford University. Stanford, CA, 1987.
9. Kim S. H., Lee K. W. Experimental study of electrostatic precipitator performance and comparison with existing theoretical prediction models // Journal of Electrostatics. 1999. Vol. 8 (1). P. 3–25.
10. Riehle C., Loffler F. Investigations of the particle dynamics and separation efficiency of a laboratory-scale electrostatic precipitator using laser-doppler velocimetry and particle light-scattering size analysis // Proc. of the 4th International Conference on Electrostatic Precipitation 1990. P. 136–158.

11. *Parasram N.* Particle motion in electrostatic precipitators: PhD. thesis. Thermofluids Section, Mechanical Engineering Department, Imperial College of Science, Technology and Medicine, 2001.
12. *Cooperman G.* A new theory of precipitator efficiency // *Atmospheric Environment*. 1971. Vol. 5. P. 541–551.
13. *Deutsch W.* Bewegung und Ladung der Elektrizitätsträger im Zylinderkondensator // *Annales de Physique*. 1922. Vol. 68. P. 335–344.
14. *Leonard G. L., Mitchner M., Self S. A.* Experimental study of the effect of turbulent diffusion on precipitator efficiency // *Journal of Aerosol Science*. 1982. Vol. 11. P. 271–284.
15. *Zhao Z. B., Zhang G. Q.* Investigations of the collection efficiency of an electrostatic precipitator with turbulent effects // *Aerosol Science and Technology*. 1994. Vol. 20 (2). P. 169–176.
16. *Pauthenier M., Moreau-Hanot M.* La charge des particules spheriques dans un champ ionize // *Journal of Physique Radium*. 1932. Vol. 3. P. 590–615.
17. *Rohmann H. Z.* Methode zur Messung der Grosse von Schwebeteilch // *Zeitschrift fur Physik*. 1923. Bd. 17. S. 253–265.
18. *Arendit P., Kallman H.* Uber den Mechanismus der Aufladung von Nebelteilchen // *Zeitschrift fur Physik*. 1926. Bd. 35. S. 421–441.
19. *Chang J. S.* Theory of diffusion charging of arbitrarily shaped conductive aerosol particles by unipolar ions // *Journal of Aerosol Science*. 1981. Vol. 12 (1). P. 19–26.
20. *Fuchs N. A.* The charges on the particles of aerocolloids // *Izvestiya Akademii Nauk SSSR. Seriya Geograficheskaya*. 1947. Vol. 11. P. 41.
21. *Fuchs N. A.* On the stationary charge distribution on aerosol particles in a bipolar ionic atmosphere // *Geofisica Pura e Applicata*. 1963. Vol. 56. P. 185.
22. *White H. J.* Particle charging in electrostatic precipitation // *Transactions of the American Institute of Electrical Engineers*. 1951. Vol. 70. P. 1186–1191.
23. *Cochet R.* Lois charge des fines particules (Submicroniques) Etudes theoriques – Controles recents spectre de particules // *Colloque International la Physique des Forces Electrostatiques et Leurs Application*. Paris: Centre National de la Recherche Scientifique. 1961. Vol. 102. P. 331–338.
24. *Fjeld R. A., McFarland A. R.* Evaluation of selected approximations for calculating particle charging rates in the continuum regime // *Aerosol Science and Technology*. 1989. Vol. 10. P. 535–549.
25. *Lawless P. A.* Particle charging bounds, symmetry relations and an analytic charging rate model for the continuum regime // *Journal of Aerosol Science*. 1996. Vol. 27 (2). P. 191–215.
26. *Liu B. Y. H., Yeh H. C.* On the theory of charging of aerosol particles in an electric field // *Journal of Applied Physics*. 1968. Vol. 39 (3). P. 1396–1402.
27. *Murphy A. T., Adler F. T., Penney G. W.* A theoretical analysis of the effects of an electric field on the charging of fine particles // *Transactions of the AIEE*. 1959. P. 318–326.
28. *Smith W. B., McDonald J. R.* Development of a theory for the charging of particles by unipolar ions // *Journal of Aerosol Science*. 1976. Vol. 7. P. 151–166.
29. *Karpov S. V., Krichtafovitch I. A.* Electrohydrodynamic Flow Modeling Using FEM-LAB // *Proc. of the COMSOL Multiphysics User's Conference*. Boston. USA, 2005.
30. *Peek F. W.* Dielectric Phenomena in High Voltage Engineering. New York: McGraw-Hill, 1929.
31. *Kaptsov N. A.* Elektricheskie yavleniya v gazakh i vakuume. Moscow: OGIz, 1947.
32. *Woo K.-S., Chen D.-R., Pui D. Y. H., Wilson W. E.* Use of continuous measurements of integral aerosol parameters to estimate particle surface area // *Aerosol Sci. Tech.* 2001. Vol. 34. P. 57–65.
33. *Willeke K., Baron P. A.* Aerosol Measurement: Principles, Techniques and Applications, Van Nostrand Reinhold. New York, NY, 2001.
34. *Goo J. H., Lee J. W.* Stochastic simulation of particle charging and collection characteristics for a wire-plate electrostatic precipitator of short length // *J. Aerosol Sci.* 1997. Vol. 28. P. 875–893.

A. V. Alekseenko¹, **S. A. Yakimov**²

¹ *Novosibirsk State University*

2 Pirogov Str., Novosibirsk, 630090, Russian Federation

² *Academlab LLC*

20 Engineering Str., Novosibirsk, 630090, Russian Federation

anfismagina@mail.ru, s.yakimov@gmail.com

**ELECTROHYDRODYNAMIC MODELING
FOR CALCULATION OF ELECTRIC MOBILITY OF AEROSOL
PARTICLES CHARGED IN CORONA DISCHARGE**

In this paper the mobility of aerosol particles under different parameters of the charger with corona discharge have been calculated, comparison with the experimentally measured mobility have been made. The model developed allows to evaluate the efficiency of existing chargers and optimize its parameters.

Keywords: corona discharge, aerosol, aerosol filtration, electrostatic precipitators (ESPs), electrohydrodynamics.