

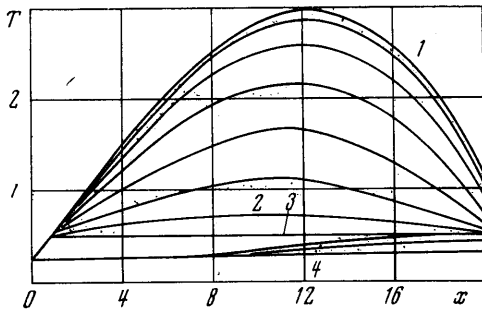
2. По формулам (1.1)–(1.9) были рассчитаны функции тока, температура и плотность газа во всем поле течения. Спутный поток состоял из водородной плазмы, термодинамические и оптические свойства которой брались из работы [4]. Коэффициенты поглощения при нескольких температурах представлены в этой работе как функции частоты. Каждая из них была усреднена во всем спектральном интервале по методу Росселанда [4], что позволило получить необходимую для расчетов зависимость усредненного коэффициента поглощения от температуры.

Зависимости плотности, теплоемкости и коэффициента поглощения газа струи от температуры выбирались такими же, как в спутном потоке, но их абсолютные значения были увеличены соответственно в 50, 200 и 1000 раз, чтобы свойства этого модельного газа отличались от свойств спутного потока.

На фиг. 1 показаны положение линий тока ψ , а также температура и плотность газа (сплошные и штриховые линии) в нескольких поперечных сечениях по длине до $x = 20$. Давление и характерная температура газа в расчетах равнялись 1 ат и 10^4 К , а безразмерные параметры $a_1 = 10^3$, $a_2 = 1$, $a_3 = 10^5$. Обращает на себя внимание сильная немонотонность ρ вблизи границы струи, что связано с наличием разрыва плотности и большого градиента температур. Это является одной из причин плохой сходимости итерационного процесса в точках, близких к границе $\psi_{\text{мг}}$. Другая причина заключается в сильной зависимости лучистого потока от температуры,

так что небольшая ошибка в определении температуры в какой-либо итерации приводит к сильному перегреву или переохлаждению газа в последующей итерации.

На фиг. 2 представлена температура газа в канале в нескольких линиях тока (линии 1, 2, 3 и 4 соответствуют значениям ψ_0 , $\psi_{\text{мг}}$, $\psi_{\text{мг}+1}$, ψ_r). При принятом симметричном законе выделения объемной энергии с максимумом в середине расчетного участка область максимальной температуры газа смещена вниз по потоку. Разрыв температур $T(\psi_{\text{мг}}) - T(\psi_{\text{мг}+1})$ на границе струи и потока достигает наибольшего значения



Фиг. 2

в начале расчетного участка и практически отсутствует в конце.

Изложенный метод решения может быть обобщен на случай течения излучающего газа с селективным коэффициентом поглощения.

Поступила 14 XII 1971

ЛИТЕРАТУРА

1. Бай Ш и — и. Динамика излучающего газа. М., «Мир», 1968.
2. Зельдович Я. Б., Райзер Ю. П. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений. М., «Наука», 1966.
3. Пагурова В. И. Таблицы интегроэкспоненциальных функций. М., ВЦ АН СССР, 1959.
4. Греков Л. И., Москвин Ю. В., Фаворский О. Н., Романович В. А. Справочник. М., «Машгиз», 1964.

УДК 538.4

ОСАЖДЕНИЕ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ НА ЦИЛИНДРИЧЕСКОМ КОЛЛЕКТОРЕ ПРИ БОЛЬШИХ ЧИСЛАХ РЕЙНОЛЬДСА

В. Д. ИВАНОВ, В. Н. КИРИЧЕНКО, Н. Н. СУПРУН

(Обнинск)

Изучение закономерностей электростатического осаждения аэрозолей на проводящих коллекторах связано с попыткой их использования для измерения концентрации сильно заряженных частиц микронного диапазона в приземном слое атмосферы, где скорости набегающего потока достигают нескольких метров в секунду. При этих условиях вклад инерционной силы в механизм захвата может оказаться существенным, однако учет этого фактора в теоретических расчетах представляет большие трудности. В пренебрежении инерцией Л. М. Левин [1], используя теорему С. С. Духина и Б. В. Дерягина [2] о постоянстве концентрации аэрозольных частиц в соленоидальном поле внешних сил, получил выражение для коэффициен-

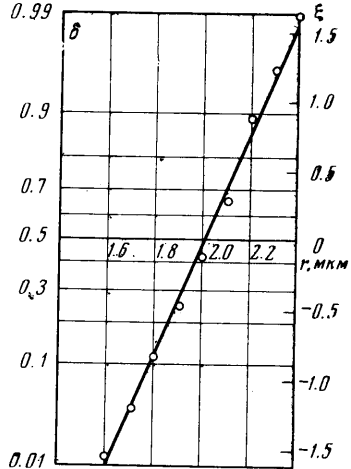
та захвата частиц с электрической подвижностью μ препятствием произвольной формы с противоположным зарядом Q из обтекающего со скоростью u несжимаемого стационарного потока

$$\eta = 4\pi Q / Su \tag{1}$$

где S — проекция тела на плоскость, нормальную потоку.

Цель данной работы — экспериментальная проверка пределов применимости этой формулы к осаждению заряженных частиц микронного диапазона размеров в области чисел Рейнольдса для потока от 40 до 310.

Экспериментальная установка для измерения коэффициента захвата частиц представляла собой последовательную цепь из генератора монодисперсного аэрозоля, зарядного устройства и осадителя с цилиндрическим коллектором. Генератор аэрозоля — смесительного типа [3]. Дибутилфталат, пропитывающий силикагелевую шихту, поддерживался с помощью электрического нагревателя при температуре 100—150° С в зависимости от необходимого размера частиц и степени пропитки шихты. Поток воздуха через шихту смешивался с холодным потоком из лабораторной сети сжатого воздуха. Ядрами конденсации служили содержащиеся в нем субмикроскопические частицы масла. В процессе наладки установлено, что размер частиц зависел только от температуры шихты, а степень полидисперсности — только от расхода холодного воздуха. При отношении 2.7 : 1.0 холодного потока к потоку через шихту распределение частиц по размерам (фиг. 1) близко к нормальному с модой ~ 2 мкм и среднеквадратичным отклонением β не более 0.16 мкм, что следует из фиг. 1, где



Фиг. 1

$$\delta = 1/2 + \pi^{-1/2} \int_0^{\xi} e^{-\xi^2} d\xi$$

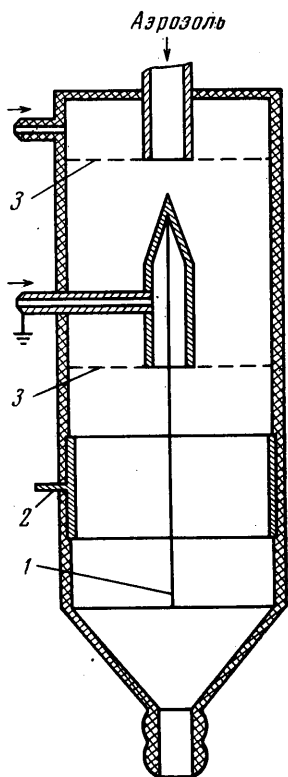
— доля частиц с радиусом меньше r , а $\xi = (r - \langle r \rangle) / \beta \sqrt{2}$. Концентрация частиц порядка $3 \cdot 10^2$ см⁻³.

Для зарядки частиц использовался коронный разряд с проволоки 1 диаметром 0.1 мм, натянутой по оси полого цилиндрического отрицательного электрода 2 диаметром 80 мм (фиг. 2). Для уменьшения разброса зарядов частиц оба электрода обдувались фильтрованным воздухом через выравнивающие сетки 3 так, чтобы аэро-

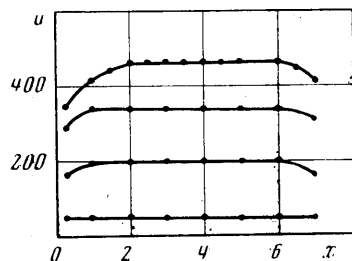
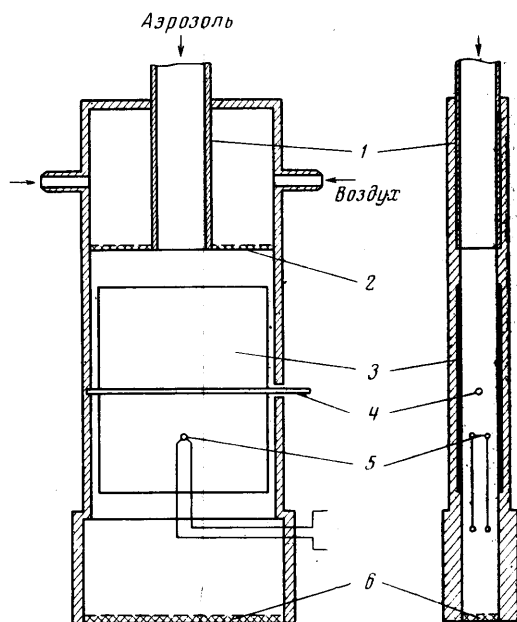
u , см/сек	Re	V , кв	η	$\eta(\mu)$	K
460	310	4.0	0.49	0.50	0.96
			0.46	0.50	0.90
340	230	6.0	0.87	0.83	1.02
			1.13	0.97	1.13
200	135	4.0	1.14	0.98	1.13
			0.93	0.87	1.03
			0.58	0.48	1.16
		2.0	2.84	2.91	0.95
			3.06	2.86	1.03
60	40	4.0	2.88	2.86	0.97
			1.42	1.43	0.95
		2.0	1.50	1.43	1.01
			1.79	1.75	0.98
			1.69	1.75	0.93
		1.0	0.87	0.73	1.16

зольный поток проходил в узком кольцевом слое внешней зоны разряда. С помощью дымовой метки расходы воздуха подбирались такими, чтобы не было перемешивания потоков. Скорость воздуха в зарядном промежутке 10 см/сек. Средний заряд частиц зависел от разрядного тока. Рабочий ток был выбран равным $1.5 \cdot 10^{-8}$ а, что соответствовало напряжению 5.5—6.0 кВ и среднему заряду частиц 700 элементарных. Распределение частиц по зарядам было близким к нормальному с величиной относительного среднеквадратичного отклонения 0.21. Заряд частиц, как и следовало ожидать, оказался пропорциональным квадрату их радиуса.

Осадитель (фиг. 3) представлял собой прямоугольное сопло 1 (2.3×1.0 см²), отстоящее на 6 см от коллектора 4 длиной 7.5 см и диаметром 0.1 ± 0.005 см, расположенного между двумя вертикальными параллельными проводящими пластинами 3 (11×7.5 см²) с зазором $h = 0.94$ см, на которые подавалось постоянное напряжение 0—6 кВ. Коллектор (полированная никелевая тонкостенная труб-



Фиг. 2



Фиг. 3

ка) закреплялся горизонтально в проточках боковых стенок коробки осадителя, выполненной из оргстекла. Струя аэрозоля, выходящая из сопла, обдувалась фильтрованным воздухом через выравнивающий фильтр 2, расположенный в плоскости среза сопла. Концентрация аэрозоля n по нормали к электродам, измеренная при помощи нефелометра, постоянна по всему сечению. Осадитель заканчивался коробом выходного фильтрадержателя. На стыке этих деталей крепился ползунок датчика термоанометра 5, который мог перемещаться параллельно коллектору на расстоянии 3 см. В фильтрдержатель зажимался фильтр 6 из модифицированного волокнистого материала ФП, стойкий к дибутилфталату.

Измерение размера и заряда частиц производилось фотографированием их траекторий в ультрамикроскопической кювете с коммутируемым горизонтальным электрическим полем напряженностью 30 в/см. Расходы воздуха во всех коммуникациях

контролировались ротаметрами и дифманометрами с точностью не хуже $\pm 5\%$, а линейная скорость и профиль потока, обдувающего коллектор, — термоанемометром с термисторным датчиком, включенным в плечо неравновесного моста. Термоанемометр давал точность не менее $\pm 3\%$. Типичные профили скорости u см/сек вдоль оси коллектора x представлены на фиг. 3.

Коэффициент захвата определялся по привесу коллектора g_1 и выходного фильтра g_2

$$\eta = hg_1 / d(g_1 + g_2) \quad (2)$$

где h — расстояние между плоскими электродами осадителя и d — диаметр коллектора. При длительности опыта 2—3 час величины g_2 и g_1 составляли соответственно ~ 20 и 1 мг. Потери аэрозоля на стенках были незначительны.

Для сопоставления экспериментальных данных с формулой Л. М. Левина (1), которая для описанной конструкции осадителя имеет вид

$$\eta(\mu) = 2\pi\mu V / (du \ln 4h / d) \quad (3)$$

где V — напряжение на коллекторе, необходимо, чтобы распределение частиц по размерам было достаточно узким. Можно показать, что в рассматриваемом случае, когда имеет место нормальное распределение радиусов частиц r со среднеквадратичным отклонением β , а подвижность $\mu \propto r$ и заряд $z \propto r^2$

$$\eta / \eta(\mu) = 1 + 3\beta / \langle r \rangle^2 \quad (4)$$

Результаты измерений коэффициентов захвата при различных скоростях и напряжениях на коллекторе и результаты вычислений по (3) представлены в таблице. Здесь

$$K = \eta / \eta(\mu) (1 + 3\beta / \langle r \rangle^2)$$

Для вычисления $\eta(\mu)$ использовалось значение подвижности частиц как среднее из 100—150 равномерно распределенных по времени каждого опыта отдельных измерений. Из таблицы видно, что в диапазоне чисел Рейнольдса от 40 до 310 в пределах точности измерений с учетом поправки на полидисперсность аэрозоля наблюдается хорошее согласие экспериментальных результатов с формулой Л. М. Левина, не учитывающей влияния инерционных сил.

Поступила 18 XI 1971

ЛИТЕРАТУРА

1. Левин Л. М. Электростатическое осаждение частиц аэрозоля на большие тела. Изв. АН СССР, Сер. геофиз., 1959, № 7, стр. 1073—1075.
2. Духин С. С., Дерягин Б. В. К методике расчета осаждения дисперсных частиц из потока на препятствия. Коллоидн. ж., 1958, т. 20, № 3, стр. 326—328.
3. Фукс Н. А., Сутугин А. Г. Монодисперсные аэрозоли. Усп. химии, 1965, т. 34, вып. 2, стр. 276.