

3. Ostrowsky D., Poindron M. Application am stockave d'informations et á l'intérférométrie dy sandwich photoconducteur thermoplastique.— *Revue techniguc thomson — CSF*, 1971, vol. 3, N 4, p. 43.
4. Bugg H. F. Dynamical Theory of Thermoplastic Deformation.— *J. Appl. Phys.*, 1965, vol. 36, N 5, p. 1613.
5. Баженов М. Ю. Работа термовластических сред в реальном масштабе времени.— *Фундаментальные основы оптической памяти и среды*, 1979 вып. 10.

Поступило в редакцию 5 февраля 1982 г.

ИДК 551.508.5 : 621.375.826

С. Д. ПИНЧУК  
(Обнинск Калужской)

### ЛАЗЕРНАЯ АНЕМОМЕТРИЯ ВОДНОГО АЭРОЗОЛЯ

Успехи в разработке ЛДИС (см., например, [1—3]) открывают широкие возможности применения этих систем в различных областях науки и техники. В частности, в области физики атмосферы анализ доплеровского сигнала при рассеянии излучения аэрозольными компонентами позволяет получить важную информацию о динамических свойствах среды и микроструктуре дисперсной фазы. В настоящем сообщении приведены результаты лабораторных экспериментов по лазерной анемометрии водного аэрозоля — капель воды микронных размеров, характерных для облаков и туманов.

Общий вид экспериментальной установки схематически изображен на рис. 1. Источником зондирующего излучения служит He-Ne-лазер 1 (длина световой волны  $\lambda = 0,63$  мкм). С помощью светоделителя *S* и линз  $L_1, L_2$  в исследуемой области движущегося аэрозоля формировалась горизонтально ориентированная интерференционная картина. Период картины  $\Lambda = \lambda/2 \sin(\alpha/2)$  измерялся окуляром-микрометром МОВ-1/15. Для увеличения контрастности полос осуществлялась пространственная фильтрация излучения диафрагмой  $D_1$ , находящейся в фокальной плоскости линзы  $L_2$ .

Измерения проводились в условиях вынужденной конвекции аэрозоля, а также свободного падения капель, генерируемых специальным устройством [4]. Аэрозоль создавался в боксе Б путем распыления воды форсункой. С помощью дренажного клапана в боксе скорость потока регулировалась от нескольких единиц до  $3 \cdot 10^2$  см/с. Варьируя расход воды, можно было в определенных пределах изменять микроструктуру и концентрацию аэрозоля. В зависимости от режима работы диапазон значений радиуса капель *R* составлял  $10 \div 35$  мкм. Для контроля радиуса использовалась телевизионная техника [5].

Рассеянный свет регистрировался приемной системой, состоящей из линзы  $L_3$ , диафрагмы  $D_2$  и фотозлектронного умножителя 2 (ФЭУ-51). Апертура приемника обеспечивала поперечный размер рабочего объема в освещенной области 0,28 мм. Угловое положение приемной системы выбиралось с учетом индикатрисы рассеяния, рассчитанных по формулам Ми [6]. Электрический сигнал разностной частоты с выхода ФЭУ усиливался малошумящим широкополосным усилителем 3 и поступал в анализатор спектра 4; кроме того, была предусмотрена возможность непосредственного наблюдения формы сигнала на экране осциллографа 5.

Результаты измерений лазерным анемометром средней скорости и степени турбулентности потока сравнивались с показаниями термоанемометра «Disa». Для уменьшения ошибок показаний термоанемометра, связанных с попаданием капель на чувствительный элемент датчика, измерения выполнялись в максимально обедненном аэрозодем потоке. Обработка сигнала лазерного анемометра проводилась спектральным методом: средняя скорость определялась по центральной частоте, соответствующей амплитуде энергетического спектра фототока, а степень турбулентности — по его ширине. Ошибка в определении средней скорости, обусловленная погрешностями

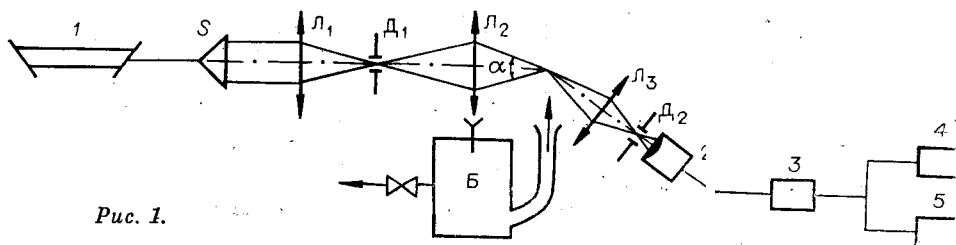


Рис. 1.

измерения периода интерференционной картины и спектральной частоты, не превышает 15%. Результаты измерений динамических характеристик потока аэрозоля независимыми методами хорошо коррелируют между собой (в исследованном интервале изменения средней скорости коэффициент корреляции составляет 0,94). Это свидетельствует о работоспособности созданной установки.

Созданная установка использовалась для определения размеров капель, индуцируемых генератором. Измерения выполнялись двумя способами.

Первый способ заключается в измерении с помощью ЛДИС скорости свободного падения капель в воздухе. Как известно, в условиях свободного падения скорость капли быстро достигает такой постоянной величины, при которой аэродинамическое сопротивление воздуха становится равным ее весу. Для сферических частиц микронных размеров ( $R = 0,1 \div 50$  мкм) справедлив закон Стокса, а соотношение между установившейся скоростью падения  $v_s$  и радиусом капли имеет вид [7]

$$R = 3[v_s \eta / (2g(\rho_1 - \rho_2))]^{1/2}. \quad (1)$$

Здесь  $g$  — ускорение свободного падения;  $\rho_1$  — плотность воды;  $\rho_2$ ,  $\eta$  — соответственно плотность и молекулярная вязкость воздуха. Изменения стоксовой скорости  $v_s$  с помощью ЛДИС позволили по формуле (1) вычислить радиус капли. Для реализованных в эксперименте значений  $R$  полученные таким образом результаты отличаются от контрольных не более чем на 5%.

Второй способ основан на измерении зависимости величины доплеровского сигнала от соотношения между размером рассеивающей частицы и периодом интерференционной картины. Согласно [8], для сферического монодисперсного аэрозоля амплитуда доплеровского сигнала описывается выражением

$$V \sim 2J_1(2\pi R/\Lambda) / (2\pi R/\Lambda), \quad (2)$$

где  $J_1$  — функция Бесселя первого рода первого порядка. Отсюда следует, что  $V$  обращается в нуль (переменная составляющая фототока исчезает), когда  $2\pi R/\Lambda = 1,22\lambda; 2,23\lambda$  и т. д. На рис. 2 представлена зависимость  $V(2\pi R/\Lambda)$  (сплошная линия — теоретические расчеты [8], треугольники — экспериментальные данные для  $R = 19,9$ ). Изменение  $\Lambda$  в эксперименте достигалось изменением угла схождения пучков  $\alpha$ . Поскольку спектр размеров капель в условиях эксперимента не является монодисперсным, при  $\Lambda = 2R/1,22$  сигнал полностью не исчезает; однако величина  $V$  имеет характерный минимум, по положению которого можно определить средний радиус  $R$ . Анализ полученных данных позволяет сделать вывод о том, что точность такого способа несколько ниже, чем при определении  $R$  по стоксовой скорости. Для широких спектров размеров капель зависимость  $V(2\pi R/\Lambda)$  сглаживается, экстремумы исчезают и с возрастанием  $2\pi R/\Lambda$  величина  $V$  монотонно убывает.

В заключение следует отметить, что приведенные результаты могут найти применение для контроля размеров капель в генераторах, а также при решении задач, связанных с конденсацией и коагуляцией аэрозоля, его аспирацией в измерительные устройства.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Durst F., Melling A., Whitelaw J. H. Laser Anemometry: A Report on EUROMECH 36.— J. Fluid Mech., 1972, vol. 56, P. 1, p. 143—160.
2. Ринкевичус Б. С. Доплеровский метод измерения локальных скоростей с помощью лазеров.— УФН, 1973, т. 111, вып. 2.
3. Василенко Ю. Г. и др. Лазерные доплеровские измерители скорости.— Новосибирск: Наука, 1975.
4. Смирнов В. В. Генератор монодисперсных капель. (Автор. свид-во № 486 806).— БИ, 1975, № 37.
5. Смирнов В. В., Яскевич Г. Ф. Применение изображающей техники для изучения микроструктуры облаков и туманов.— Метеорология и гидрология, 1979, № 5.
6. Дейрменджан Д. Рассеяние электромагнитного излучения сферическими полидисперсными частицами.— М.: Мир, 1971.
7. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Механика сплошных сред.— М.: Гостехиздат, 1953.
8. Farmer W. M. Measurement of Particle Size, Number Density and Velocity Using a Laser Interferometer.— Appl. Opt., 1972, vol. 11, N 11.

Поступило в редакцию 26 января 1981 г.