

УДК 535.8 : 621.378

Ю. Н. Дубнищев, В. А. Павлов

(Новосибирск)

**СВЕТОДИНАМИЧЕСКАЯ ПРОСТРАНСТВЕННАЯ
ЛОКАЛИЗАЦИЯ ЧАСТИЦ
В ЛАЗЕРНОЙ ДОПЛЕРОВСКОЙ АНЕМОМЕТРИИ**

Впервые сообщается о явлении светодинамической пространственной фиксации частиц при измерении скорости в газовой среде методами лазерной доплеровской анемометрии.

Одним из главных достоинств лазерной доплеровской анемометрии (ЛДА) [1] принято считать невозмущающий характер измерений. Доверие к этому положению сохранилось до последнего времени, хотя исследования динамического воздействия лазерного излучения на атомы [2] и макрочастицы [3] ведутся давно и интенсивно. В [4, 5] впервые сообщалось о влиянии фотодинамических эффектов, и в частности фотофореза, на измерения скорости газовых сред методами ЛДА. Предметом настоящей работы является обнаружение явления светодинамической пространственной локализации частиц в зондирующем оптическом поле.

Захват и фиксация частиц дыма осуществлялись в лазерном пучке, ориентированном ортогонально направлению силы тяжести. Эксперимент выполнялся на установке, упрощенная схема которой показана на рис. 1.

Луч лазера объективом направляется горизонтально в кювету, где создается слабо конвекционный поток задымленного воздуха. Изображение лазерного пучка в рассеянном свете формируется на фотоприемнике. Сигнал с фотоприемника поступает на электронный блок обработки сигнала и наблюдается на осциллографе. Параллельно изображение рассеивающих частиц в лазерном пучке регистрируется видеокамерой и обрабатывается на компьютере. Мощность излучения гелий-неонового лазера 15 МВт, радиус перетяжки лазерного пучка 25 мкм.

На рис. 2 приведены изображения частиц в поле горизонтально ориентированного лазерного пучка, зарегистрированные видеокамерой. Различные реализации треков, образованные наложением нескольких видеок кадров, представлены на рис. 2, *a-f*. В лазерном пучке имел место отрицательный фотофорез частиц. Впервые наблюдалось явление захвата и пространственной фиксации некоторых частиц в горизонтально ориентированном лазерном пучке. Временные интервалы, в течение которых частицы удержива-

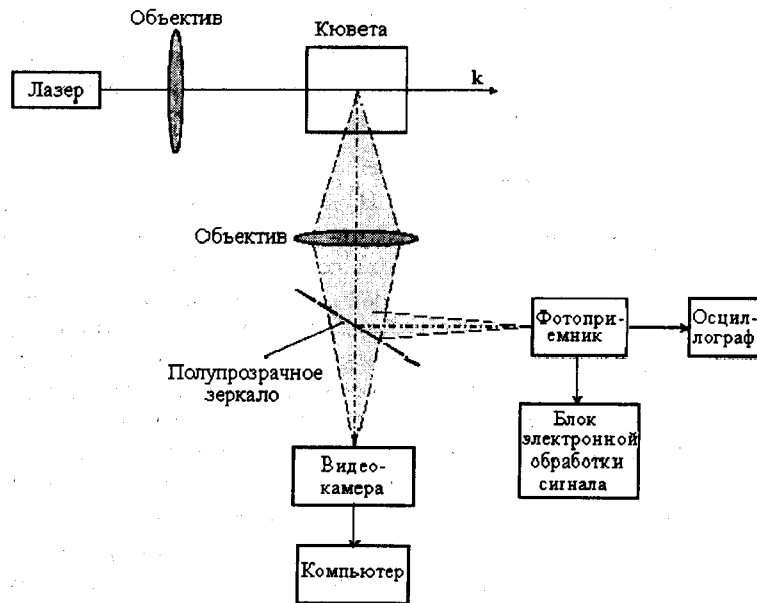


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

лись в лазерном пучке, были достаточно длительными и достигали десятков минут. На рис. 2 показан один из таких случаев. Хорошо видно, что лазерным пучком захвачена и пространственно локализована частица дыма. Помимо фиксированной частицы видны треки другой частицы, движущейся относительно первой. Фотофорез (v) отрицательный, направление волнового вектора светового пучка (k) – справа налево. Скорости движущихся частиц в различных реализациях различны. На рис. 2, *c*, *f* отражена ситуация, когда движущиеся частицы в результате взаимодействия с пространственно фиксированной частицей отклоняются. Кроме того, на рис. 2, *f* видно, что движущаяся частица совершает поперечные колебания относительно оси пучка.

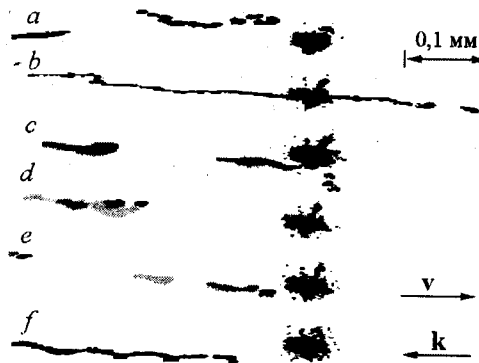


Рис. 2. Изображения и треки частиц, образованные наложением последовательных кадров: *a*, *c* – 5 кадров; *d*, *e* – 4 кадра; *b*, *f* – 2 кадра

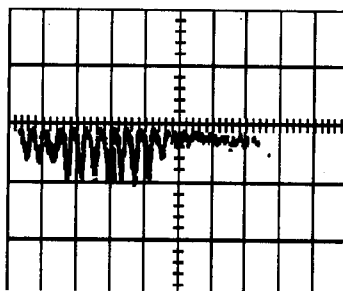


Рис. 3. Доплеровский сигнал, полученный в результате фотосмещения световых пучков, рассеянных фиксированной и движущейся частицами (масштаб 0,1 мс на клетку)

На рис. 3 приведен пример осциллограммы доплеровского сигнала, полученного в результате фотосмещения световых пучков, рассеянных на частицах, одна из которых захвачена и пространственно фиксирована в лазерном луче, а другая движется в результате фотофореза. Референтным является световой пучок, рассеянный фотодинамически локализованной частицей. На временном интервале, соответствующем фотосмещению, фотоэлектрический сигнал содержит компоненту, частота которой равна доплеровскому сдвигу частоты $\omega_D = vk \approx vk$, где v – скорость движущейся частицы, равная $1,8 \cdot 10^{-2}$ м/с. Вне интервала фотосмещения модуляция фотоэлектрического сигнала определяется изменением интенсивности рассеянного на локализованной частице света из-за ее малых колебаний относительно стационарного положения.

Светодинамическая фиксация частиц в лазерных пучках и влияние фотофореза на оптическое смещение рассеянных полей относятся к числу явлений, указывающих на необходимость деликатного подхода к измерениям малых скоростей в газовых средах лазерными методами с учетом возмущающего воздействия зондирующего излучения. Появляется повод для критической переоценки многих результатов измерений методами ЛДА, полученных за все время развития этого направления в диагностике потоков. Вместе с тем обнаруженные эффекты могут служить основой для разработки новых оптических измерительных технологий, к которым можно отнести и светодинамическую доплеровскую анемометрию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дубнищев Ю. Н., Ринкевичюс Б. С. Методы лазерной доплеровской анемометрии. М.: Наука, 1982.
2. Миногин В. Г., Летохов В. С. Давление лазерного излучения на атомы. М.: Наука, 1986.
3. Эшкин А. Давление лазерного излучения // УФН. 1973. 110, вып. 1. С. 101.
4. Дубнищев Ю. Н., Павлов В. А. Фотодинамические эффекты в лазерной доплеровской анемометрии. Новосибирск, 1998. (Препр. /СО РАН, Институт теплофизики; 286).
5. Дубнищев Ю. Н., Павлов В. А. Светодинамические эффекты в лазерной доплеровской анемометрии // Квантовая электроника. 1998. 25, № 8. С. 761.

Поступила в редакцию 21 сентября 1998 г.