

Известно, что при наполнении ДЭЛГ чистым ксеноном практически вся энергия электролюминесценции сосредоточена на линии 173 нм в области вакуумного ультрафиолета и соответствует излучению комплекса Xe_2^* . Используемый для регистрации люминесценции ФЭУ-39А позволяет работать в этом диапазоне длин волн. Диаметр входного окна ФЭУ 40 мм. Представляло интерес выяснить, каково оптимальное значение выходной апертуры детектора для данной конструкции в месте сопряжения газовой камеры с фотодетектором. С помощью He-Ne-лазера проверялась зависимость чувствительности фотокатода ФЭУ-39А от угла падения светового пучка на поверхность входного окна. Измерения показали, что при угле падения $\theta = 50^\circ$ амплитуда сигнала снижалась до уровня 0,3. Отметим, что в используемой геометрии приблизительно под таким углом периферийные участки фотокатода «видят» приосевую область свечения газа. Можно предположить, что такие «боковые» пучки света не дают полезного вклада в разрешение прибора.

На рис. 4 показано, как изменяется энергетическое разрешение при изменении размеров диафрагмы, установленной перед входным торцом ФЭУ. Выяснилось, что нет смысла увеличивать диаметр входного окна ФЭУ более 30 мм. Следовательно, есть возможность использовать ФЭУ с меньшим диаметром фотокатода.

Основная характеристика ДЭЛГ описываемой конструкции представлена на рис. 5. Прибор в отпаянном виде показал в измерениях для малорасходящегося пучка диаметром 3 мм энергетическое разрешение 8,4% для квантов с энергией 5,9 кэВ [Fe⁵⁵]. При диаметре расходящегося пучка 18 мм энергетическое разрешение 10,6%.

Авторы выражают благодарность В. И. Чушкиной, М. И. Суворовой за помощь в работе и В. Б. Элькиндю за полезные обсуждения полученных результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Монич В. А. Газовые детекторы с регистрацией свечения разряда // ПТЭ.— 1980.— № 5.
2. Policarpo A. J. P. L. The gas proportional scintillation counter // Space Sci. Instr.— 1970.— V. 3.— P. 77.
3. Anderson D. E., Hamilton T. T., Ku W. H.-W., Novick R. A large area, gas scintillation proportional counter // Nucl. Instr. and Meth.— 1979.— V. 163.— P. 125.

Поступило в редакцию 1 декабря 1985 г.

УДК 533.6.08

Ф. П. ИВАНОВ, А. Ф. ПОЛЯКОВ, С. А. ШИЦДИН
(Москва)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДВУХЦВЕТНОЙ ЛДА-СИСТЕМЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПОТОКА НАГРЕТОГО ВОЗДУХА В КРУГЛОЙ ТРУБЕ

Несмотря на достоинства ЛДА по сравнению с другими методами (отсутствие механического контакта с исследуемой жидкостью, не требуется калибровки прибора, возможность измерения компоненты скорости в некотором выделенном направлении, частота сигнала — линейная функция этой компоненты), при измерении в трубе необходимо решать такие общие и специальные задачи, как подбор размеров рассеивающих частиц, ввод лазерного и вывод рассеянного излучения, определение координаты измерительного объема, методики обработки получаемых сигналов.

В данной работе экспериментальным путем исследовано влияние неизоэнтропичности потока, случайной выборки и кусочной аппроксимации сигнала на измеряемые величины, различной засеченности потока частицами, градиента скорости и близости стенки, а также ориентации зондирующих лучей относительно направления течения.

Эксперименты проводились на разомкнутом воздушном контуре, который показан на рис. 1, а. Рабочий участок представляет собой круглую обогреваемую трубу из нержавеющей стали длиной 4 м и диаметром 50 мм. Измерительная секция — труба длиной 200 мм, электрически изолированная от рабочего участка, со щелью шириной 5 мм для ввода лазерного излучения (см. рис. 1, б). Обогрев рабочего участка осуществляется путем пропускания переменного электрического тока по стенке трубы; измерительная секция имеет косвенный нагреватель. Температура стенки 50 и 100°C, числа Рейнольдса $Re = 10600$ и 32000. При таких режимах влияние подъемных сил на турбулентное течение отсутствует [1].

Измерения проводились с помощью двухцветного лазерного доплеровского анемометра фирмы ДИСА 55Х в комплекте с процессорами счетного типа 55190а. Выбор таких процессоров объясняется малой концентрацией рассеивающих частиц в обогреваемом воздушном потоке. Результаты измерений средней скорости и ин-

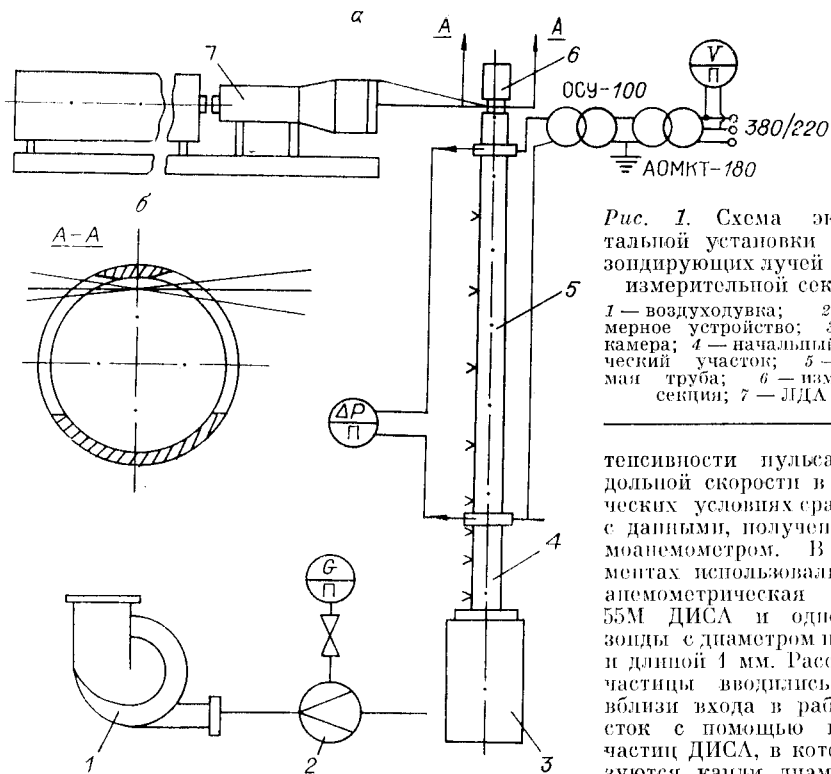


Рис. 1. Схема экспериментальной установки (а) и ход зондирующих лучей в сечении измерительной секции (б):
 1 — воздуходувка; 2 — расходомерное устройство; 3 — входная камера; 4 — начальный изотермический участок; 5 — обогреваемая труба; 6 — измерительная секция; 7 — ЛДА ДИСА

тепловости пульсаций продольной скорости в изотермических условиях сравнивались с данными, полученными термоанемометром. В экспериментах использовалась термоанемометрическая система 55М ДИСА и однолучевые зонды с диаметром нити 5 мкм и длиной 1 мм. Рассеивающие частицы вводились в поток вблизи входа в рабочий участок с помощью генератора частиц ДИСА, в котором образуются капли диаметром 1—3 мкм из водоглицериновой эмульсии 50/50%.

Оптическая система позволяла поворачивать три зондирующих луча (голубой, зеленый и смешанный) вокруг оптической оси на нужный угол. Зондирующие лучи устанавливались в два положения: в первом из них измерялась продольная компонента скорости и компонента, нормальная к стенке; во втором — проекция скорости под углом 45° к направлению течения. Такое расположение зондирующих лучей встречается довольно часто при измерениях (см., например, [2, 3]), включающих измерение корреляций $\langle u'v' \rangle$, так как в этом случае есть вероятность того, что частица, пересекающая измерительный объем ЛДА, будет зарегистрирована по обоим каналам больше, чем при расположении лучей вдоль координатных осей. Система работала по принципу обратного рассеяния [4]. Так как измерения проводились по всему сечению трубы, в том числе и в области вязкого подслоя, оптика подбиралась с учетом минимизации измерительного объема, который составил $50 \times 50 \times 700$ мкм. Для уменьшения ошибки измерения (из-за влияния градиента скорости поперек измерительного объема) оптическая система устанавливалась так, что минимальный размер этого объема располагался по координате, нормальной к стенке (см. рис. 1, б).

В процессе обработки сигнал с ФДУ поступал в процессор 55L90а, где проводились выделение доплеровской частоты и преобразование ее в напряжение, которое подавалось на аналоговый выход процессоров счетного типа [5]. С аналогового выхода этого устройства снимался электрический сигнал, являющийся кусочной

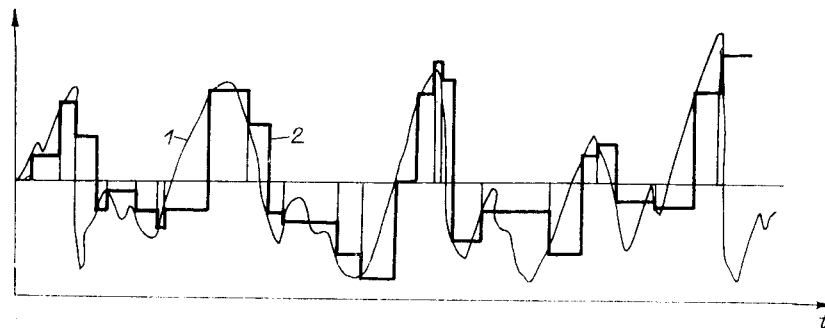


Рис. 2. Ступенчатая аппроксимация сигнала:
 1 — истинный сигнал; 2 — сигнал, аппроксимированный ступенчатой функцией

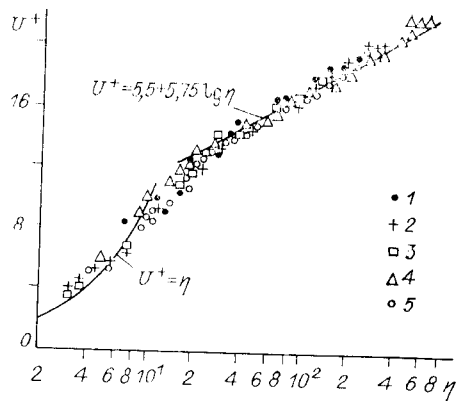


Рис. 3. Профиль средней скорости в универсальных координатах:

1 — измерения термоанемометром в изотермическом потоке; 2—5 — результаты измерений ЛДА при различных $f(1/c)$: 2 — $f=50$; 3 — 50; 4 — 50; 5 — 250

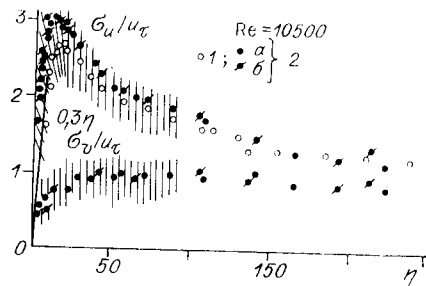


Рис. 4. Интенсивности пульсаций продольной и нормальной компонент скорости:

1 — термоанемометр; 2 — ЛДА; а — $f=50$ 1/с; б — $f=250$ 1/с. Заштрихованные области — данные других авторов, использовавших различные экспериментальные методы

аппроксимацией петли непрерывного сигнала, пропорционального скорости. На рис. 2 представлен случай малой засеянности потока, когда средняя частота появления частиц в измерительном объеме мала. Во время отсутствия в измерительном объеме частицы запоминается последнее значение напряжения. Далее сигнал поступает в систему вторичной электронной аппаратуры ДИСА (RMS-вольтметры, сигнал-кондиционеры, коррелятор и т. д.), информация с которой собирается системой сбора данных «Хьюлетт — Паккард» и вводится в ЭВМ ИР 9830.

С помощью ЛДА измерялись средняя скорость, интенсивности пульсаций продольной и нормальной составляющих скорости и напряжения Рейнольдса, с помощью термоанемометра в изотермическом потоке — средняя скорость и интенсивность пульсаций продольной скорости.

Отметим, что влияние случайной ступенчатой аппроксимации сигнала изучено недостаточно [6, 7]. Для проверки этого влияния и тесно связанного с ним вопроса о влиянии засеянности потока частицами были проведены специальные исследования в изотермическом потоке воздуха. Результаты измерений средней скорости, полученные при ориентации зондирующих лучей вдоль осей координат (т. е. когда оба канала регистрируют непосредственно две пульсационные составляющие скорости), представлены на рис. 3. В свою очередь, на рис. 4 показан характер изменения интенсивности пульсаций продольной и нормальной составляющих скорости в зависимости от расстояния от стенки. Здесь же для сравнения приведены результаты измерений, найденные с помощью термоанемометра, и данные других авторов. Видно, что результаты, полученные с помощью ЛДА, хорошо согласуются с данными других измерений. Это соответствует выводам расчетной работы [7] о том, что ступенчатая аппроксимация истинного сигнала не влияет на результаты измерений средней скорости и интенсивности пульсаций скорости.

На рис. 5 представлены результаты измерений интенсивностей пульсаций продольной и нормальной составляющих скорости при двух положениях зондирующих лучей при малой засеянности потока частицами. Видно, что результаты измерений интенсивностей пульсаций скорости при ориентации лучей под углом 45° к направлению течения смещены (σ_u — в сторону меньших значений, а σ_v — в сторону больших). Это объясняется тем, что в данном случае для получения информации о пульсационных составляющих скорости мы должны складывать и вычитать сигналы от двух процессоров счетного типа. Последнее вносит ошибку из-за того, что по все частицы дают сигнал одновременно по обоим каналам (не всегда одновременно пересекают систему из восьми интерференционных полос двух каналов). Такой же эффект является причиной того, что при измерениях корреляции $\langle u'v' \rangle$ ни при одном положении оптики не удалось получить удовлетворительных результатов — эти смещения уменьшаются с увеличением засеянности потока.

Таким образом, в работе показано, что при небольшой засеянности потока ($f \approx 50-250$ 1/с):

1) неизотермичность потока ($T_{ст} \approx 100^\circ C$) не оказывает влияния на результаты измерений;

2) случайная ступенчатая аппроксимация истинного сигнала и засеянность потока не влияют на результаты измерений средней скорости и интенсивности пульсаций скорости в случае, когда зондирующие лучи регистрируют непосредственно пульсационные составляющие скорости;

3) при ориентации лучей под углом 45° к направлению течения величина средней скорости определяется достоверно, а результаты измерений интенсивностей

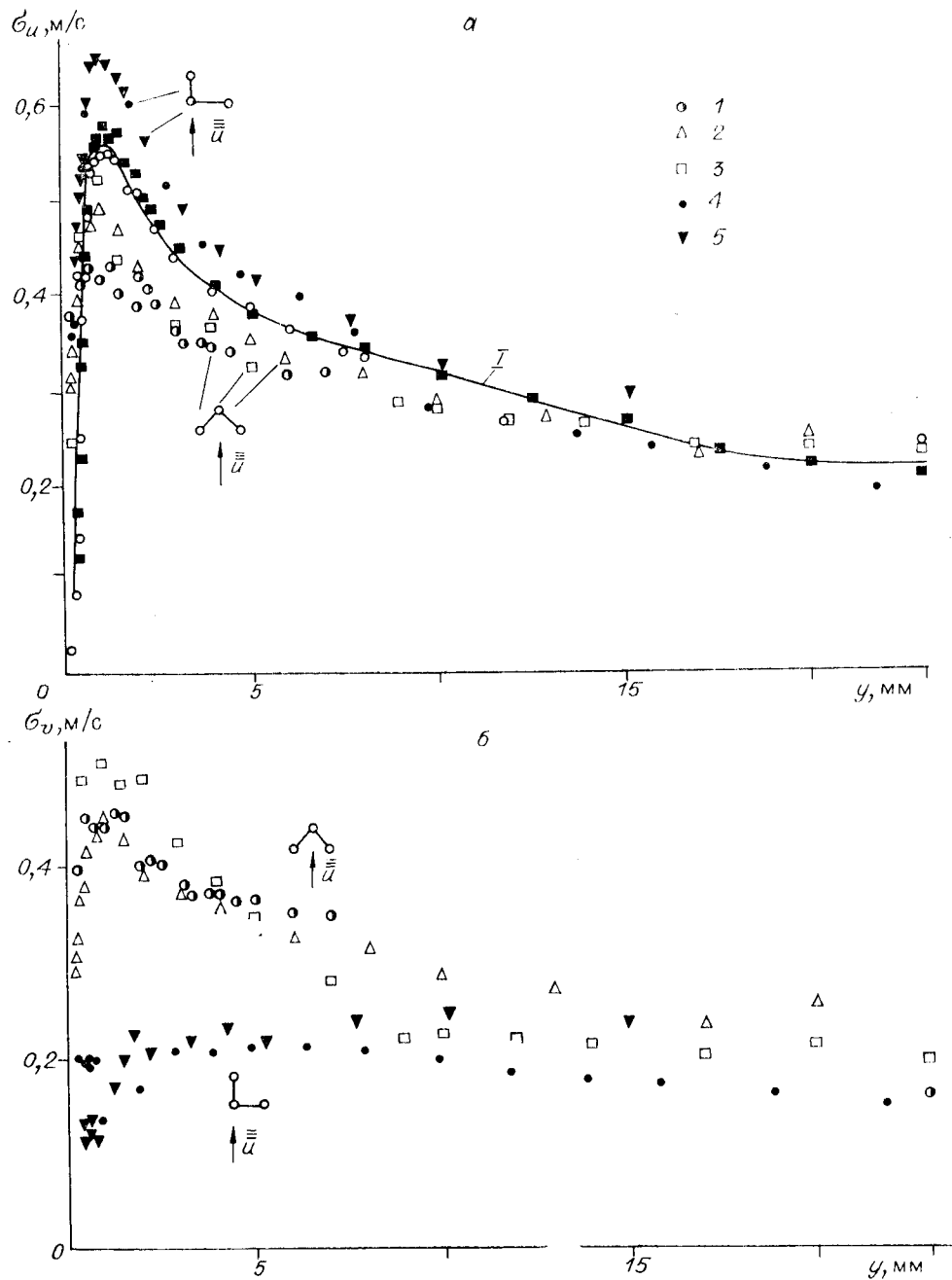


Рис. 5. Интенсивности продольных (а) и нормальных (б) компонент пульсаций скорости при различной ориентации лучей относительно направления течения: 1 — измерение термоанемометром в изотермическом течении. 1—5 — результаты измерений ЛДА (1/с): 1 — $f=50$; 2 — 150; 3 — 250; 4 — 50; 5 — 250.

пульсаций скорости при малых засаянностях потока частицами получаются ошибочными;

4) измерения рассматриваемым способом при малых величинах засаянности потока корреляции $\langle u'v' \rangle$ при любой ориентации лучей не дают правильного результата.

ЛИТЕРАТУРА

1. Поляков А. Ф. Турбулентное вынужденное течение в вертикальных каналах в режиме свободной конвекции // Инженерно-физ. журн.— 1978.— Т. 35, № 5.
2. Caspersen C., Kristensen H. S. LDA measurements in a lowvelocity wind tunnel on a Fin — plate model // DISA Inf.— 1975.— N 17.— P. 13.

3. Oldengarm Y. Two — dimensional laser Doppler velocimetry // The Accuracy of Flow Measurements by Laser Doppler Methods.— Copenhagen, 1976.
4. 55X00 Two-color LDA-system Instruction and Service Manual. Denmark, 1977.
5. 55L90 LDA Counter Processor Instruction Manual. Denmark, 1976.
6. Щербина Ю. А. Локальные оптические методы измерений турбулентных пульсаций скорости. Одночастичный режим.— М.: МФТИ, 1977.
7. Белов И. А., Колганов Н. А., Семейкин Н. П., Филатов А. И. Исследование спектральной плотности пульсаций скорости газового потока с помощью ЛДПС // Экспериментальные методы и аппаратура для исследования турбулентности.— Новосибирск: ИТФ СО АН СССР, 1979.

Поступило в редакцию 19 декабря 1980 г.

УДК 621.791.1 : 621.3.049.77.002

В. А. ХАНОВ
(Новосибирск)

ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ВИБРОКОЛЕБАНИЙ СВАРОЧНОГО ИНСТРУМЕНТА

Для ультразвуковой микросварки (УЗС) проволочных выводов с контактными площадками полупроводниковых приборов и микросхем применяют квантовый инструмент, возбуждаемый поперечными колебаниями [1]. При этом из трех основных параметров процесса УЗС: контактного давления инструмента, времени сварки и амплитуды колебаний конца инструмента — калибровка последнего встречает наибольшие трудности. Традиционные методы исследования микродвижений сварочного инструмента (емкостные, пьезоэлектрические индуктивные, механические контактные) не обеспечивают требуемой точности измерений, а при изучении формы колебаний инструмента — пространственного разрешения. Ниже приведены результаты исследования виброколебаний сварочной иглы установки УЗС интерференционным методом.

Упрощенная схема колебательной системы установки УЗС приведена на рис. 1. По этой схеме игла 1 совершает поперечные изгибные колебания, возбуждаемые продольными колебаниями концентратора 2 и преобразователя 3. Измерение амплитуды колебаний иглы проводилось с помощью интерференционного преобразователя линейных перемещений (ИЛП) [2], включающего лазер 4, интерферометр 5, зеркало 6, объектив 7 и фотоприемный блок 8. Поворотное зеркало 6 и объектив 7 установлены на каретке 9, перемещающейся в направлении, параллельном исследуемой грани иглы 1. Излучение лазера 4 расщепляется светоделителем интерферометра на два пучка. Один пучок направляется на отражатель 10 опорного плеча интерферометра, а другой после отражения от зеркала 6 фокусируется с помощью объектива 7 на поверхность иглы 1. Для увеличения коэффициента отражения поверхность была дополнительно шлифована. Лучи, отраженные от иглы 1 и возвращенные отражателем 10, объединяются на светоделителе и интерферируют. Результирующий пучок регистрируется фотоприемным блоком 8, а интерференционный сигнал анализируется на экране осциллографа 11. Синхронизирующую систему установки, частота выходного сигнала в процессе измерений не изменялась и составляла 66 кГц.

Возникновение поперечных колебаний иглы вызывает периодические смещения интерференционной картины относительно апертуры фотоприемника 8. Размах (двойная амплитуда) колебаний иглы определяется по числу интерференционных полос N , прошедших в поле зрения фотоприемника, в соответствии с выражением

$$\Delta l = N(\lambda/2)k,$$

где λ — длина волны лазера, равная 0,6328 мкм; k — корректирующий коэффициент, определяемый как

$$k = f(f^2 + h^2)^{-1/2}$$

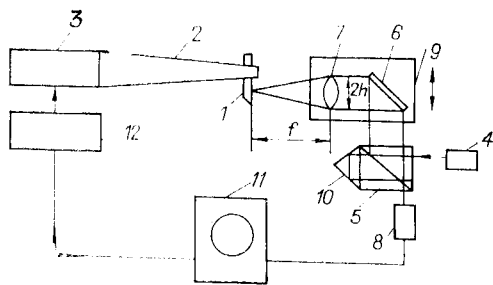


Рис. 1

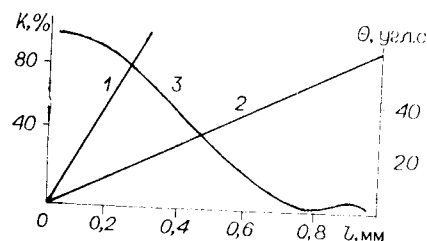


Рис. 2