

А. Н. АМЕНИЦКИЙ, Б. С. РИНКЕВИЧЮС, Г. М. СОЛОВЬЕВ

**ИЗМЕРЕНИЕ МАЛЫХ СКОРОСТЕЙ ПОТОКОВ  
ПРИ ЕСТЕСТВЕННОЙ КОНВЕКЦИИ В ЖИДКОСТИ  
ПО ЭФФЕКТУ ДОПЛЕРА**

(Представлено академиком И. В. Обреимовым 16 II 1972)

Для исследования аэро- и гидромеханических потоков в последнее время получает широкое распространение оптический метод, основанный на эффекте Доплера (1). Для измерения малых скоростей движения потоков при естественной конвекции была использована усовершенствованная дифференциальная схема оптического доплеровского измерителя скорости (ОДИС), рассмотренная в работе (2).

Принципиальная схема установки для измерения малых скоростей показана на рис. 1. Источником когерентного излучения служит серийный ОКГ 1 типа ЛГ-75, отъюстированный на одну основную моду. Пучок когерентного света с помощью двух поворотных зеркал 2 и 3 направляется на ребро делительной призмы 4. Использование такой призмы, в отличие от широко применяемых для этой цели полупрозрачных пластинок, делительных кубиков и т. д., позволяет полностью использовать мощность ОКГ. Два пучка попадают на поворотные зеркала 5 и 6 и далее фокусируются линзами 7 и 8 в исследуемой точке потока. В пересечении пучков образуется система интерференционных полос, эквивалентная оптической решетке. Рассеянный свет на специально введенных частицах полистирола размером около 1 мк в исследуемую жидкость при концентрации 1 : 50 000 объективом 9 направляется на фотокатод ФЭУ 10. Для увеличения отношения сигнала к шуму устанавливаются диафрагмы 11 и 12. Сигнал с доплеровской частотой поступает на анализатор спектра 13 (С4-12). Для увеличения точности измерений используется внешний генератор стандартных сигналов 14 (ГЗ-33). Такая схема ОДИС позволяет определять проекцию вектора скорости  $u$  на перпендикуляр к биссектрисе угла  $\alpha$ , лежащий в плоскости пересечения двух пучков по простой зависимости

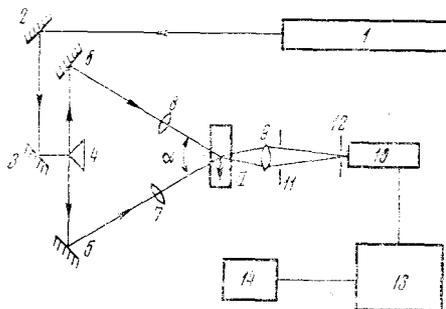


Рис. 1. Принципиальная схема оптического доплеровского измерителя скорости

$$u = f_D \frac{\lambda_0}{2 \sin 1/2 \alpha},$$

где  $\lambda_0$  — длина волны излучения ОКГ,  $\lambda_0 = 0,6328 \mu$ ,  $f_D$  — частота доплеровского сигнала,  $\alpha$  — угол между падающими пучками в воздухе.

Нижний предел измеряемых скоростей в этом методе определяется броуновским движением частиц. Так, для сферических частиц размером

1  $\mu$ , находящихся в воде при нормальных условиях, этот предел составляет около  $5 \cdot 10^{-6}$  м/сек.

Объем, в котором происходит измерение скорости, определяется областью пересечения пучков и в данных экспериментах составлял около  $10^{-4}$  мм<sup>3</sup>.

Измерения распределения скоростей при естественной конвекции проводились в прямоугольном элементе с внутренними размерами  $110 \times 48 \times 26$  мм на вертикальной стенке. В качестве жидкости использовалась

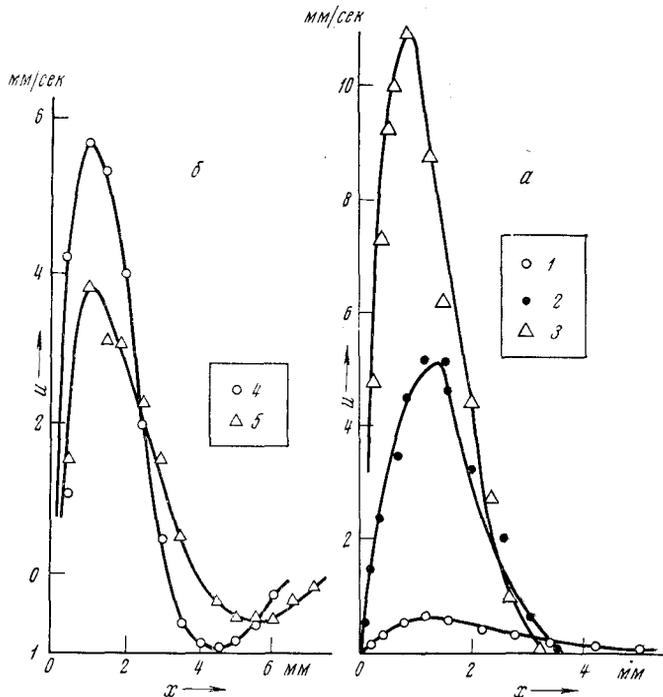


Рис. 2. Распределение скоростей в пограничном слое в прямоугольном (а) и горизонтальном цилиндрическом (б) элементе при различных значениях  $Q$  ( $10^3$  Вт/м<sup>2</sup>): 1—4,5; 2—6,3; 3—13,5; 4—4,8; 5—2,5

дистиллированная вода. Две стенки кюветы ( $110 \times 48$ ) были изготовлены из стекла, наклеенного на текстолитовое основание. На одну стенку кюветы ( $110 \times 26$ ) наклеивался электрический нагреватель из нихромовой фольги. Противоположная стенка охлаждалась проточной водой с постоянной температурой.

Измерения распределения скоростей производились в стационарном режиме на половинной ширине. На рис. 2а приводятся результаты измерений при различных тепловых потоках на расстоянии 45 мм от нижней поверхности кюветы. Как видно из графиков, максимальная скорость увеличивается с ростом подводимой мощности, а толщина пограничного слоя при тех же условиях незначительно уменьшается. Измерения температур стенки и жидкости по высоте, проведенные при помощи термопары, показали, что максимальный перепад не превышает  $3^\circ \text{C}$  (<sup>3</sup>).

Измерения скоростей в пограничном слое, проведенные на глицерине, показали, что профили скорости имеют одинаковый вид. Минимальная скорость, зарегистрированная в этом случае, составляла 7  $\mu$ /сек.

Проводились также измерения распределения скоростей в горизонтальном цилиндрическом элементе, заполненном водой. На рис. 2б показаны результаты измерений в элементе диаметром 90 мм и длиной 14 мм

с частичным заполнением на 86% при различных тепловых режимах. Измерения проводились по горизонтальному диаметру на половинной длине. Как видно из графиков, движение жидкости в этом случае происходит в основном около стенок, в то время как в центре наблюдается застойная зона, где жидкость перемешивается слабо. Под горизонтальным уровнем также имеются два потока, направленные в противоположные стороны, Сверху движение жидкости направлено к вертикальной плоскости, а ниже имеется горизонтальное течение, направленное в противоположную сторону.

Из проведенных исследований следует, что оптическая доплеровская локация является наиболее подходящим методом измерения распределения малых скоростей в пограничном слое жидкости при естественной конвекции.

Авторы выражают глубокую благодарность проф. В. А. Фабриканту за внимание к работе.

Московский энергетический  
институт

Поступило  
18 I 1972

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> Б. С. Ринкевичюс, Теплофиз. высоких температур, 8, № 5, 1039 (1970).  
<sup>2</sup> Б. С. Ринкевичюс, Радиотехника и электроника, 14, № 10, 1903 (1969). <sup>3</sup> А. Н. Аменицкий, В. Б. Пушкарев, Б. С. Ринкевичюс, Тр. Московск. энергетич. инст., Физика, в. 94 (1971).