

ИЗМЕРЕНИЕ ПАРЦИАЛЬНЫХ ПЛОТНОСТЕЙ ДВУХКОМПОНЕНТНОГО ЛАМИНАРНОГО ГАЗОВОГО ПОТОКА МЕТОДОМ РЭЛЕЕВСКОГО РАССЕЯНИЯ

О. В. Карнов, Ю. Ю. Кудряшов, Г. Д. Петров

(Москва)

Необходимость определения парциальных плотностей многокомпонентного газового потока возникает при исследовании, например, процессов диффузии газов, обтекания препятствий, кинетики реагирующих сред и т. д.

В настоящей работе показана возможность использования для изучения ламинарных потоков метода рэлеевского рассеяния, обладающего высокими пространственным (порядка нескольких длин волн зондирующего излучения) и временным (порядка времени релаксации молекул рассеивающих газов) разрешениями.

В работе измерялись локальные значения парциальных плотностей (концентраций) углекислого газа и аргона в затопленной струе, свободно вытекающей в атмосферу.

Принципиальная схема измерительной установки приведена на рис. 1, а, где 1 — импульсный рубиновый лазер ($\lambda = 0,69$ мкм), 2 — фокусирующие линзы, 3 — зеркало, 4 — исследуемая струя, 5 — интерференционный светофильтр, 6 — фотоумножитель типа ФЭУ-64, 7 — блок регистрации. Поток течет из-за плоскости рисунка на зрителя.

На рис. 1, б приведена схема образования затопленной струи CO_2 в потоке Ar. Ламинарный поток Ar вытекал в атмосферу из сопла 1 с полукубическими образующими, а CO_2 попадал в струю из малого внутреннего сопла 2. Все потоки горизонтальны, скорости их порядка 2—3 см/с. Ламинарность потоков проверялась их «подкраской» табачным дымом. Запишем очевидное соотношение

$$(1) \quad I_p - I_{\text{п}} = kI_0(p_1\sigma_1 + p_2\sigma_2).$$

Здесь I_p , $I_{\text{п}}$, I_0 — интенсивность зарегистрированного, паразитного и падающего излучения; k — коэффициент пропорциональности, легко находимый из уравнения состояния и числа Лошмидта; p_i , σ_i — парциальное давление и сечение рассеяния частиц i -го компонента исследуемой смеси.

В силу малости диссипативных потерь для каждой точки двухкомпонентной затопленной струи имеем

$$(2) \quad p_1 + p_2 = p_0$$

(p_0 — атмосферное давление). Для однокомпонентной струи соответственно

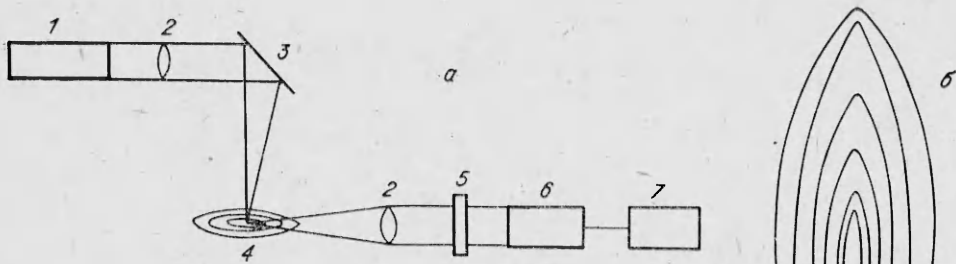
$$(3) \quad I'_p - I_{\text{п}} = kp_0\sigma_1 I_0.$$

Решение системы (1)—(3) есть

$$(4) \quad p_1 = \frac{p_0}{\sigma_1 - \sigma_2} \left\{ \frac{(I_p - I_{\text{п}})\sigma_1}{I'_p - I_{\text{п}}} - \sigma_2 \right\};$$

$$(5) \quad p_2 = p_0 - p_1 = p_0 \left\{ 1 - \frac{1}{\sigma_1 - \sigma_2} \left[\frac{I_p - I_{\text{п}}}{I'_p - I_{\text{п}}} - \sigma_2 \right] \right\}.$$

Значение I'_p определялось из величины сигнала, полученного при рассеянии на затопленной струе CO_2 . Величина экспериментально наблюдаемых сечений рассеяния σ_1 , σ_2 зависит от чистоты используемых газов, а для некоторых газов — от длительности и плотности энергии зондирующего лазерного излучения. Поэтому с помощью вакуумируемой камеры, заполняющейся исследуемыми газами при различных (вплоть до атмосферных) давлениях, предварительно проводилось определение относительных значений сечений рассеяния газов. Сечение Ar принималось равным 1.



Р и с. 1

Интенсивность рассеянного газом излучения измерялась под углом 90° к направлению падения, использовался тот же лазер, что и при измерениях газовых струй. Длительность импульса $2 \cdot 10^{-3}$ с, энергия 0,2 Дж, величина фокального пятна 1 мм.

Исследуемые газы очищались от взвесей фильтрами Петрянова и отстаивались в ресивере в течение 40—50 мин. Сечения измерялись в диапазоне давлений 1—10 Па с шагом 1 Па.

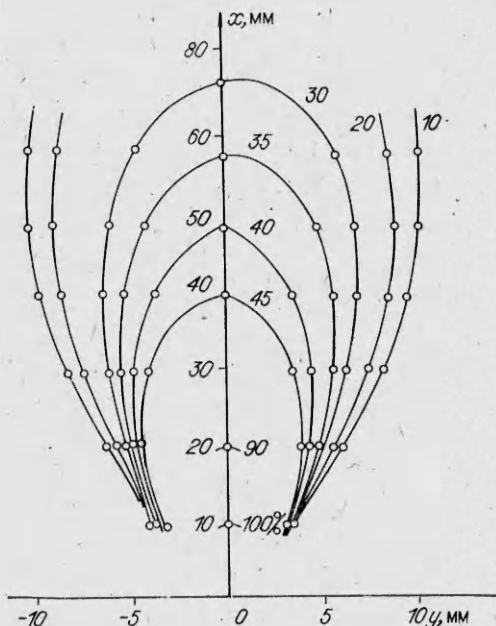
Величина измеряемого сигнала рассеяния пропорциональна давлению $I_p - I_n = k\sigma_i p_i I_0$, что указывало на малость систематических погрешностей, обусловленных наличием взвешенных частиц и нелинейным изменением сечения рассеяния газов.

Газ	Сечение рассеяния		Газ	Сечение рассеяния	
	Теория	Эксперимент		Теория	Эксперимент
N ₂	1,13	1,13±0,017	CO ₂	2,53	2,68±0,15
He	0,015	0,021±0,03	Воздух	1,063	1,47

В таблице приведены относительные сечения рэлеевского рассеяния некоторых газов, определенные как теоретически [1], так и экспериментально. Разница между экспериментальными и теоретическими значениями, особенно заметная для He и воздуха, возможно, связана с наличием неконтролируемых примесей. Значения, определенные для N₂ и CO₂, отличаются не более чем на 5%.

Полученное экспериментальное значение относительного сечения для CO₂ умножалось на сечение Ar [2], и, таким образом, определялось абсолютное сечение рассеяния CO₂.

Величина сечений рассеяния Ar и CO₂, а также экспериментально найденные значения I_p , I_p' подставлялись в (4), (5). Величина I_n для затопленных в атмосфере струй пренебрежимо мала, что устанавливалось по близости значений σ_i , измеренных с помощью вакуумируемой камеры и однокомпонентной струи CO₂ при



Р и с. 2

атмосферном давлении. Форсунка перемещалась в горизонтальной плоскости в двух взаимно перпендикулярных направлениях, что позволяло проводить сканирование струи. Интенсивность рассеянного излучения измерялась под углом 90° к падающему.

На рис. 2 приведено найденное описанным выше способом распределение парциальных концентраций CO_2 в затопленной двухкомпонентной газовой струе. Срез сопла совпадает с плоскостью $x = 10$ мм, измерения проводились в центральной плоскости струи.

На координатной плоскости кружками отмечены точки измерения парциальных концентраций газов в струе, параметром кривых (изобар) является парциальное давление CO_2 в процентах к атмосферному.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вукс М. Ф. Рассеяние света в газах и жидкостях.— Л.: Наука, 1977.
2. George T. V., Goldsteine L. et al. Molecular scattering of ruby laser light.— Phys. rev. Second ser., 1965, v. 137, N 2A.

Поступила 2/1 1986 г.

УДК 532.574.8

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ОКРАШИВАНИЯ ФОТОХРОМНЫХ РАСТВОРОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ГИДРОДИНАМИКЕ

*В. А. Альварес-Суарес, А. Д. Полянин,
Ю. С. Рязанцев
(Москва)*

Известно, что введение малых количеств растворимых фотохромных соединений в поток жидкости позволяет с помощью направленного излучения определенной длины волны получать окрашенные треки в растворе. Регистрация положений трека в последовательные моменты времени дает возможность изучать структуру потока и обтекание тел различной формы [1—6].

Очень важно при использовании метода фотохромной визуализации потоков знать оптические характеристики треков в растворе, которые зависят от типа фотохромного соединения, его концентрации в жидкости, длины волны и интенсивности активизирующего излучения и других параметров.

В данной работе исследованы фотохромные характеристики водного раствора спиропирана 11. Определена длина окрашенного трека в зависимости от энергии активизирующего лазерного излучения и концентрации фотохромного вещества в растворителе. Установлены пределы изменения концентрации фотохромного вещества и других параметров, необходимые для получения надежно регистрируемой окрашенной трассы.

1. Экспериментальная установка. Фотохромные вещества (ФХВ) могут иметь различное химическое строение молекул и проявлять способность изменять свою окраску под действием лазерного излучения определенной длины волны в различных типах растворителей, таких как вода, спирт, ацетон, бензол и др. [7, 8]. В данной работе исследовались свойства водного раствора (одного из наиболее перспективных фотохромных соединений) спиропирана, окраска которого в растворе изменялась при воздействии импульсного излучения с длиной волны $\lambda = 347,4$ нм.

При поглощении излучения молекулы первоначально бесцветной (исходной) формы A спиропирана переходят в возбужденное состояние A_* , а затем через некоторые промежуточные состояния — в окрашенную (красную) форму B , из которой спонтанно либо при нагревании, либо при поглощении излучения с той же длиной волны молекулы B могут вернуться в исходное состояние A или перейти в некоторый нефотохромный продукт. Накопление окрашенной формы B приводит к образованию окрашенного трека в жидкости. Время его существования после прекращения облучения 0,1—0,5 ч [9].