

ПОЛЕ ПЛОТНОСТИ В ВОЛНЕ РАЗРЕЖЕНИЯ, ВОЗНИКАЮЩЕЙ ПРИ РАЗРЫВЕ ДИАФРАГМЫ В УДАРНОЙ ТРУБЕ

М. А. Любимова

(Новосибирск)

В работе экспериментально исследовано влияние конечного времени раскрытия диафрагмы в ударной трубе на формирование волны разрежения. Измерялось распределение плотности в волне разрежения в зависимости от координаты и времени и сравнивалось с известным автомоделным решением.

Течение в ударной трубе определяется волной разрежения, возникающей при разрыве диафрагмы [1]. Волна разрежения используется в устройствах по градиентному ускорению ударной волны [2], в некоторых типах быстродействующих клапанов для напуска газа в вакуумный объем [3].

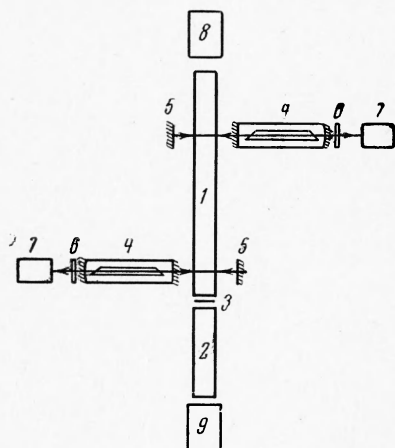
Схема установки приведена на фиг. 1, где 1 — вакуумная секция с оптическими стеклами, вакуум 10^{-2} тор, 2 — секция покоящегося газа, 3 — непрозрачная диафрагма из лавсановой пленки толщиной 12 мк с напылением, 4 — лазер типа ЛГ-55, 5 — наружное зеркало интерферометра, 6 — фильтр, 7 — приемник излучения, фотоэлектронный умножитель, 8 — фотоэлектронный умножитель для синхронизации, 9 — источник света для синхронизации.

Сечение потока $a^2 = 10 \times 10$ мм². Продольный размер системы 110 мм — вакуумная секция, 40 мм — секция покоящегося газа. Диафрагма опирается на квадратный контур со сглаженными краями. При увеличении давления в секции 2 до 6 атм в центре диафрагмы возникает одна или несколько трещин, по которым она раскалывается. Световой поток от источника 9 регистрируется приемником 8 и через усилитель и мультивибратор запускает осциллограф. Время раскрытия диафрагмы $\tau = 50 \pm 5$ мксек.

Измерение плотности производилось с помощью трехзеркального лазерного интерферометра с сильной связью между оптическими резонаторами [4, 5]. Использовался гелий-неоновый лазер с длиной волны 0.63 мк. Чувствительность интерферометра при регистрации плотности нейтрального воздуха

$$N = nl / 2.8 \cdot 10^{18}$$

где N — число полос, n — число частиц в 1 см³, L — путь луча при однократном прохождении системы. В данном случае $L = 1$ см, так что одной полосе соответствует число частиц $2.8 \cdot 10^{18}$ см⁻³. Размер зондирующего пучка 0.2 мм в направлении движения газа и 2 мм в поперечном направлении. Наличие в схеме двух интерферометров было вызвано необходимостью контроля воспроизводимости течения газа при прорыве диафрагмы. Результаты одновременного измерения



Фиг. 1

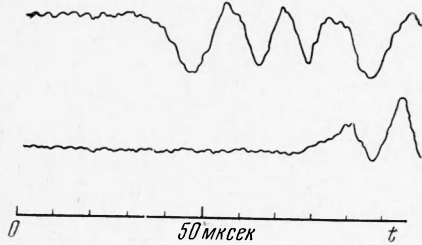
плотности в двух точках потока приведены на фиг. 2. Верхняя кривая — интерферограмма в точке $x/a = 3$, нижняя кривая — в точке $x/a = 7$. Появление сигнала на интерферометре соответствует скорости 1 км/сек. Время отсчитывается от появления светового сигнала на приемнике 8, связанного с началом разрыва диафрагмы. Нарушение регулярности амплитуды резонансных пиков, по-видимому, связано с возмущением потока газа после прорыва диафрагмы. Ход плотности повторяется от опыта к опыту с точностью $\sim 10\%$.

Автомоделное решение, полученное в предположении о мгновенном удалении диафрагмы и одномерности потока [6], дает выражение для плотности

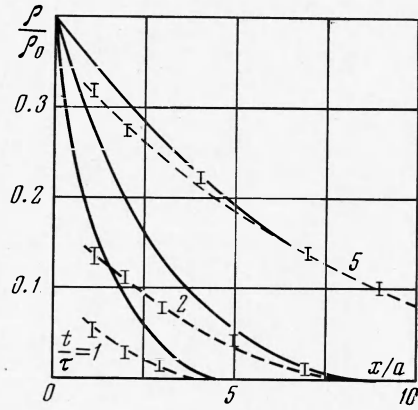
$$\frac{\rho}{\rho_0} = \left(\frac{2}{\gamma + 1} \right)^{2/(\gamma-1)} \left(1 - \frac{\gamma-1}{2} \frac{x}{c_0 t} \right)^{2/(\gamma-1)}$$

Здесь ρ_0 , c_0 — соответственно плотность и скорость звука в покоящемся газе до разрыва диафрагмы; γ — показатель адиабаты; x — координата, отсчитываемая от диафрагмы в сторону вакуума; t — время от момента разрыва диафрагмы.

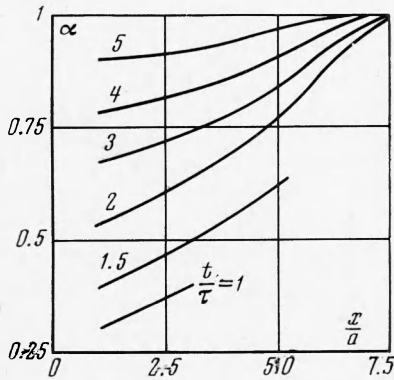
Результаты измерений и сравнение их с расчетным распределением плотности приведены на фиг. 3, 4, 5. Введена безразмерная величина α , равная отношению измеренной плотности к расчетной. Она зависит от безразмерной координаты x/a и без-



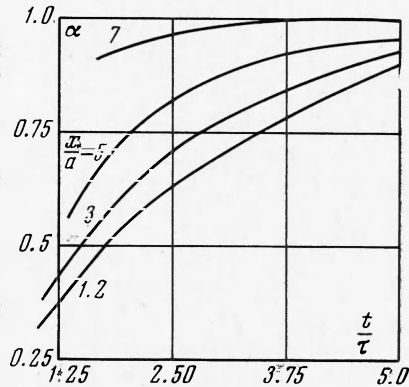
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5

размерного времени t/τ . Из проведенного сравнения следует, что при разрыве диафрагмы реализуется течение, которое приближается к расчетному при временах, в несколько раз превышающих время раскрытия диафрагмы.

Поступила 23 IV 1971

ЛИТЕРАТУРА

1. Нестерихин Ю. Е., Солоухин Р. И. Методы скоростных измерений в газодинамике и физике плазмы. М., «Наука», 1967.
2. Войтенко А. Е., Любимова М. А., Соболев О. П., Сынах В. С. Градиентное ускорение ударной волны и возможные применения этого эффекта. Препринт Института ядерной физики СО АН СССР, 1970.
3. Димов Г. И. Быстродействующие затворы для импульсного напуска газа в вакуумные устройства. Приборы и техника эксперимента, 1968, № 5.
4. Ashby D. E. T. F., Jephcott D. F. Measurement of plasma density using a gas laser as an infrared interferometer. Appl. Phys. Letters, 1963, vol. 3, No. 1.
5. Ashby D. E. T. F., Jephcott D. F., Malein A., Raynor F. A. Performance of the He-Ne gas laser as an interferometer for measuring plasma density. J. Appl. Phys., 1965, vol. 36, No. 1.
6. Станюкович К. П. Неустойчивые движения сплошной среды. М., Гостехиздат, 1955.