

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 533.011:534.222.2

Ю. Ф. МАКОВСКИЙ, Ф. В. ШУГАЕВ

ИНТЕРФЕРОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НЕУСТАНОВИВШЕГОСЯ ТЕЧЕНИЯ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ УДАРНЫХ ВОЛН

Экспериментально исследовалось неустановившееся течение, возникающее при падении плоской ударной волны на затупленное тело, обтекаемое сверхзвуковым потоком. В таком течении наблюдается сложная картина взаимодействия ударных волн друг с другом, с контактными разрывами и с поверхностью тела. Расчет взаимодействия падающей ударной волны с головной волной перед сферой в окрестности оси симметрии (одномерное приближение) дается в [1]. В [2] описан численный метод рас-

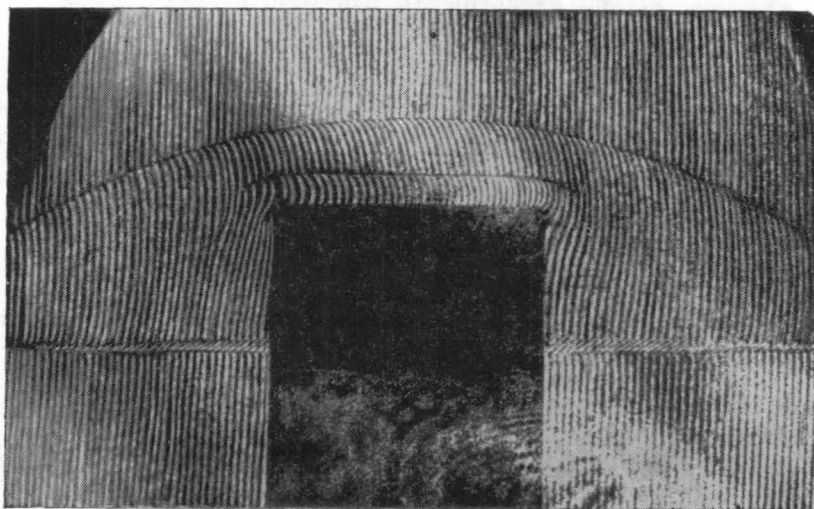


Рис. 1

чета поставленной задачи. Расчет начальной стадии взаимодействия набегающей волны с ударной волной перед телом имеется в [3]. Экспериментальные данные о движении и форме ударных волн и контактной поверхности и об изменении давления в критической точке тела приводятся в [4, 5].

Нами измерено распределение плотности газа между головной волной и телом в различные моменты времени. Эксперименты выполнены в двухдиафрагменной удар-

ной трубе, параметры которой описаны в [4]. Рабочим газом служил азот. Число Маха потока, обтекающего модель, равно $M_1=1,45$, числа Маха второй ударной волны равно $M_2=1,41$. Начальная плотность газа в камере низкого давления составляла $4,3 \times 10^{-5}$ г/см³. В опытах использовалась цилиндрическая модель с плоским носком диаметром 10 мм.

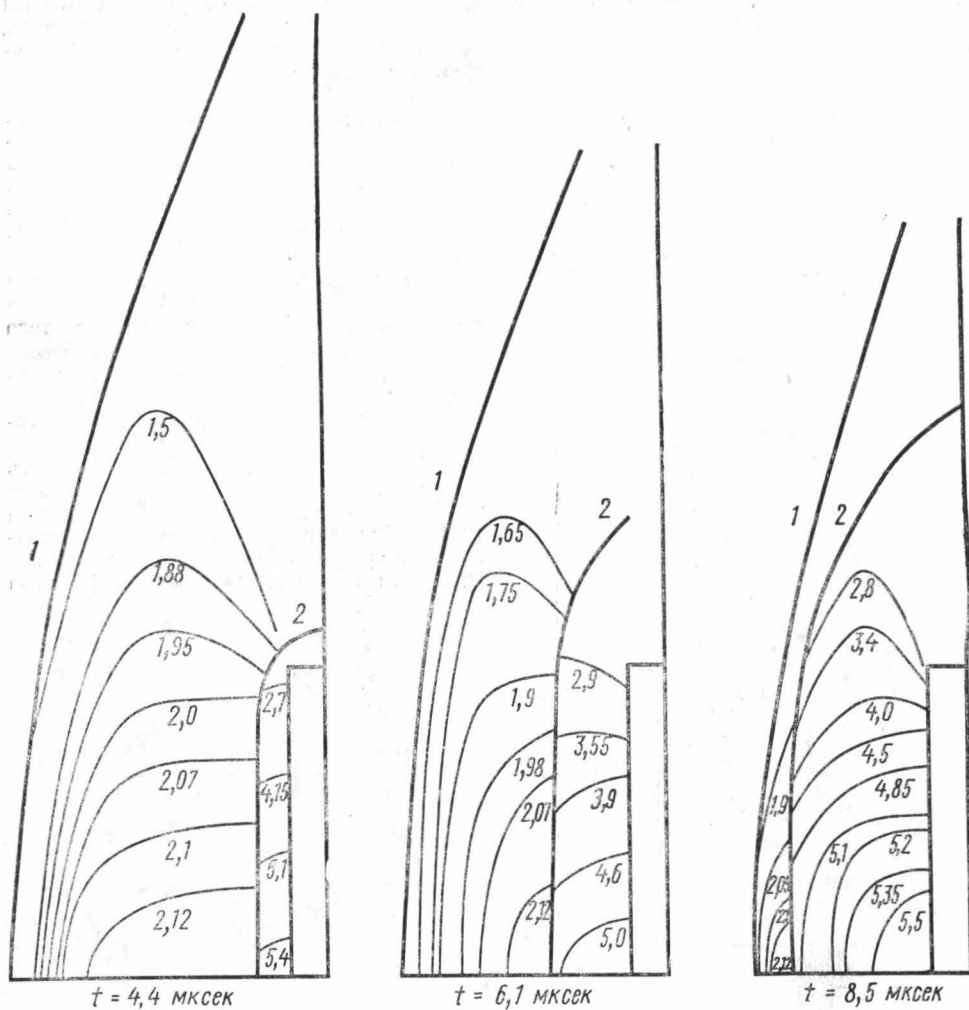


Рис. 2

Для измерения плотности использовался интерферометр Маха — Цендера. Источником света служил импульсный ОКГ на рубине с модулированной добротностью. Модуляция добротности осуществлялась при помощи электрооптического затвора на основе кристалла KDP. Фотографирование производилось на пленку «Микрат-300». Скорость ударных волн измерялась пьезодатчиками, сигнал с которых подавался на вход осциллографа С1-17.

Типичная интерферограмма приведена на рис. 1. Видна головная ударная волна, и волна, отраженная от поверхности тела. Интерферограммы, полученные в опытах, обрабатывались на микроскопе УИМ-1.

Для расчета плотности в области между головной волной и телом проводились сечения, перпендикулярные оси симметрии течения. В каждом сечении на различных расстояниях от оси симметрии измерялась величина δ — смещение интерференционных полос. Измеренные значения аппроксимировались затем полиномами Чебышева четной степени с учетом особенности функции δ на ударной волне. При наличии внутреннего

разрыва плотности величина δ аппроксимировалась отдельно в каждой из двух областей: между головной волной и внутренним разрывом и между внутренним разрывом и осью симметрии течения. Был проведен также расчет по методике, изложенной в [6]. Результаты расчетов практически совпадают, за исключением области, непосредственно прилегающей к внутреннему разрыву. В результате обработки интерферограмм были найдены скачки плотности при переходе через первую и вторую ударную волну до взаимодействия, а также поля плотности в различные моменты времени. Величины скачков плотности на фронте ударных волн, полученные из эксперимента, хорошо согласуются с расчетными значениями.

На рис. 2 приведено поле относительной плотности ρ_2/ρ_1 в области течения между головной волной и телом в различные моменты времени t . Здесь 1 — головная волна, 2 — волна, отраженная от поверхности тела. Время отсчитывается от момента соударения падающей волны с вершиной головной волны перед телом.

На рис. 3 приводится распределение относительной плотности для момента $t=11$ мксек, когда отраженная от тела ударная волна уже слилась с головной волной перед телом. Здесь 3 — контактная поверхность, возникшая при взаимодействии отраженной от тела ударной волны с головной волной.

Как видно из рис. 2, 3, плотность вблизи тела резко меняется при переходе через внутреннюю поверхность разрыва (ударную волну или контактную поверхность) и сравнительно слабо вблизи тела. При этом величина плотности в 1,7 раза

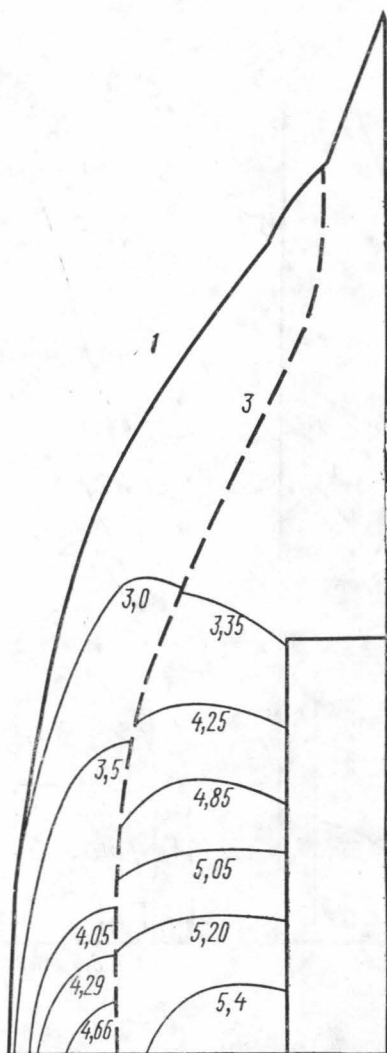


Рис. 3

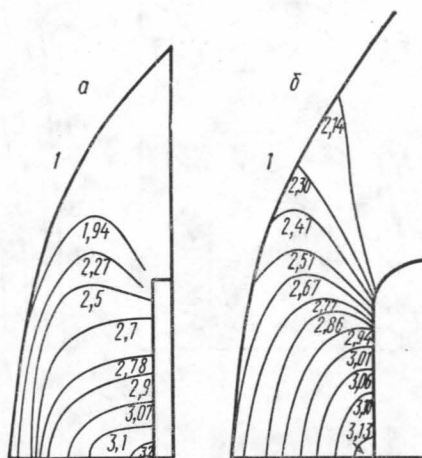


Рис. 4

превышает значение, соответствующее установившемуся обтеканию тела потоком газа за второй ударной волной. При отражении проходящей ударной волны от плоского носка тела значение плотности за отраженной волной оказывается несколько больше расчетного значения, соответствующего отражению плоской волны от жесткой стенки. Скорость отраженной волны в начальный момент меньше расчетного значения для плоской безграничной стенки ($v_{\text{экс}}=520$ м/сек, $v_{\text{расч}}=800$ м/сек).

На рис. 4, а нанесено измеренное распределение плотности при установившемся обтекании модели потоком газа за второй ударной волной ($M_3=1,8$). Для сравнения

на рис. 4 дается расчетное распределение плотности при установившемся обтекании тела, форма которого близка к цилиндру с плоским носком ($r=z^{1/16}$, $M=2$). Расчет выполнен В. В. Русановым и А. Н. Любимовым. Следует признать, учитывая некоторую разницу в числах Маха и форме тела, что расчет удовлетворительно согласуется с экспериментом.

Анализ методики измерений показывает, что ошибка при определении числа Маха M_1 составляет около 2%, чисел Маха M_2 и M_3 около 5%. Разброс в величине скорости первой и второй ударных волн не превышал 3%. Плотность определялась с погрешностью около 15%.

Авторы приносят благодарность чл.-корр. АН СССР А. С. Предводителю за постоянный интерес к работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тэйлор, Хаджинс. «Ракетная техника и космонавтика», 6, № 2, 1960.
2. Намага W. Mc. J. Spac. Rock., 4, No. 6, 1967.
3. Могап J. P. Phys. Fluids., 13, No. 2, 1970.
4. Акимов А. И., Лисин Ю. Г., Шугаев Ф. В., Маковский Ю. Ф. «Уч. зап. ЦАГИ», 2, вып. 2, 1971.
5. Шугаев Ф. В., Лисин Ю. Г. «Инженерно-физический журнал», 21, вып. 3, 1971.
6. Емельянов В. А., Жаврид В. П. «Инженерно-физический журнал», 5, вып. 4, 1962.

Поступила в редакцию
15.2 1972 г.

Кафедра
молекулярной физики

УДК 539.01

Л. С. КОРНИЕНКО, Н. В. КРАВЦОВ, А. И. МИТЮШИН, А. Н. ШЕЛАЕВ

ОСОБЕННОСТИ КИНЕТИКИ ГЕНЕРАЦИИ КОЛЬЦЕВЫХ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ ОКГ, СВЯЗАННЫЕ С ДИФРАКЦИОННЫМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ ВОЛН

При исследовании процессов, происходящих в кольцевых ОКГ, иногда важно знать зависимость интенсивностей встречных волн от тех или иных особенностей резонатора. В работах [1, 2], посвященных исследованию непрерывнодействующих кольцевых газовых лазеров, было показано, что введение в резонатор элементов, на которых возможна дифракция (штырь, диафрагма), приводит к неравенству мощностей и частот встречных волн. В работе [3] теоретически исследовался трехзеркальный кольцевой резонатор с гауссовой диафрагмой и был сделан вывод, что частотный спектр и потери встречных волн совпадают, однако распределение встречных волн в резонаторе различное. В работе [4] были получены уравнения, описывающие генерацию встречных волн с учетом дифракции на конечных апертурах зеркал резонатора, и полученная зависимость дифракционного расщепления частот встречных волн хорошо совпала с экспериментальными данными [1, 2].

В данной заметке исследовано влияние дифракционных элементов на характер кинетики свободной импульсной генерации в твердотельных кольцевых ОКГ на рубине и на неодимовом стекле.

Схема экспериментальной установки показана на рис. 1. Проведенные исследования показали, что введение внутрь резонатора различных элементов, на которых может происходить дифракция (диафрагмы, штыря, сетки из проволочек), приводит к существенному изменению кинетики генерации, зависящему от положения этих элементов внутри резонатора. В случае ОКГ на неодимовом стекле небольшими перемещениями дифракционных элементов можно получать как режим хаотических пичков, так и устойчивый режим регулярных пичков (рис. 2).

В случае ОКГ на рубине, существенной регуляризации кинетики генерации не наблюдалось. Можно предполагать, что это связано с большой оптической неоднородностью рубина, препятствующей при определенных положениях дифракционных элементов увеличению связи между генерирующими модами.

Однако во всех случаях введение в резонатор только лишь дифракционных элементов не приводило к различию временных характеристик встречных волн. В данном