

По смещению поля магнитной анизотропии (см. рисунок, б) (оно идентифицировалось по максимуму производной  $d\chi/dH_1$  на рисунке, а) расчетным путем по формуле (3) определена константа магнитострикции  $\lambda = -2.55 \cdot 10^{-6}$  с точностью  $\pm 3\%$ .

### Список литературы

- [1] Элементы и устройства на цилиндрических магнитных доменах / Под ред. Н. Н. Евтихиева и Б. Н. Наумова. М.: Радио и связь, 1987. 488 с.
- [2] *Mada J., Yamaguchi K.* // J. Appl. Phys. 1982. Vol. 53. N 1. P. 596—600.
- [3] *Jida I.* // J. Phys. Soc. Jap. 1967. Vol. 22. N 5. P. 1201—1209.
- [4] *Callen E. R., Clerk A. E., Desavage B.* et al. // Phys. Rev. 1963. Vol. 130. N 5. P. 1735—1740.
- [5] *Велла-Колейро Г. П.* // ПНИ. 1979. № 9. С. 97—100.
- [6] *Wang X., Krafft C. S., Kryder M. H.* // IEEE Trans. Magn. 1982. Vol. MAG-18. N 6. P. 1295—1297.
- [7] *Иевенко Л. А., Богоунов В. Г., Кожухарь А. Ю., Устинов В. М.* // V Всесоюз. семинар ЦМД «Физические свойства и технические применения». М., 1981. С. 11.
- [8] *Телеснин Р. В., Зюзин А. М., Мартынов А. Ф., Рандошкин В. В.* // Физика магнитных материалов. Иркутск, 1981. С. 94—97.
- [9] *Белов К. П., Звездин А. К., Кадомцева А. М., Левитин Р. З.* Ориентационные переходы в редкоземельных магнетиках. М.: Наука, 1979. 317 с.
- [10] *Барьяхтар Ф. Г., Хребтов А. О., Сауцкий А. И.* Препринт ФТИ АН УССР. № 1 (169). Донецк, 1986. 60 с.
- [11] *Тимошенко С. П.* Курс теории упругости. Киев: Наукова думка, 1972. 501 с.

Донецкий  
физико-технический институт  
АН УССР

Поступило в Редакцию  
19 апреля 1988 г.  
В окончательной редакции  
29 июля 1988 г.

## ИССЛЕДОВАНИЕ НЕРЕГУЛЯРНОГО ДОГОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СКАЧКОВ УПЛОТНЕНИЯ МЕТОДОМ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО АНАЛОГОВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

*М. Д. Герасимов, М. П. Сыщикова, Н. А. Тихомиров,  
В. А. Ус, И. Р. Якубов*

До настоящего времени не решены многие вопросы, связанные с нерегулярным нестационарным взаимодействием плоских скачков уплотнения одного направления. Не определены критерии перехода от одного вида ударно-волновой конфигурации к другому при изменении параметров взаимодействия, продолжается анализ возможных типов ударно-волновых конфигураций и др.

Нерегулярное догонное взаимодействие может реализовываться в процессе выхода тела, движущегося со сверхзвуковой скоростью из области, охваченной ударной волной. Такая задача является трудновоспроизводимой в условиях физического и численного моделирования. Поэтому для исследования данного класса взаимодействий оказывается перспективным метод газогидравлической аналогии (ГГА) с применением способа буксировки моделей. В последнее время разработаны, развиты и усовершенствованы методы и средства гидравлического аналогового моделирования, направленные на обнаружение новых газодинамических эффектов, получение научной информации о физических картинах обтекания в той области изменения определяющих параметров, которая находится за пределами возможностей физических и численных методов исследования [1, 2, 3].

В данной работе приводятся результаты исследования отдельных аспектов нерегулярного взаимодействия скачков уплотнения при догоне плоской ударной волны телом, движущимся со сверхзвуковой скоростью, методом ГГА.

Последовательность аналогового испытания следующая. Волнопродуктором имитируется плоская ударная волна, перемещающаяся в неподвижном слое «мелкой воды» с числом Маха фронта  $M_{\text{фр}} = U_{\text{фр}} / \sqrt{gh}$  ( $U_{\text{фр}}$  — скорость фронта волны,  $h$  — глубина слоя воды,

$g$  — ускорение силы тяжести). Затем начинает двигаться модель с числом Маха  $M_{\infty} > M_{фр}$ . Киносъемка волновых картин течения производится с частотой 48 кадров в с, что вполне достаточно для фиксации процесса, который в условиях «мелкой воды» происходит в  $10^3$  раз медленнее по сравнению с тем же процессом при движении в газовой среде.

На рис. 1 представлена кинограмма волновых картин взаимодействия при выходе модели из ударной волны, полученная методом газогидравлической аналогии. Число Маха догоняемой ударной волны в момент ее касания с носиком модели  $M_{фр} = 1.45$ , а  $M_{\infty} = 3.7$ .

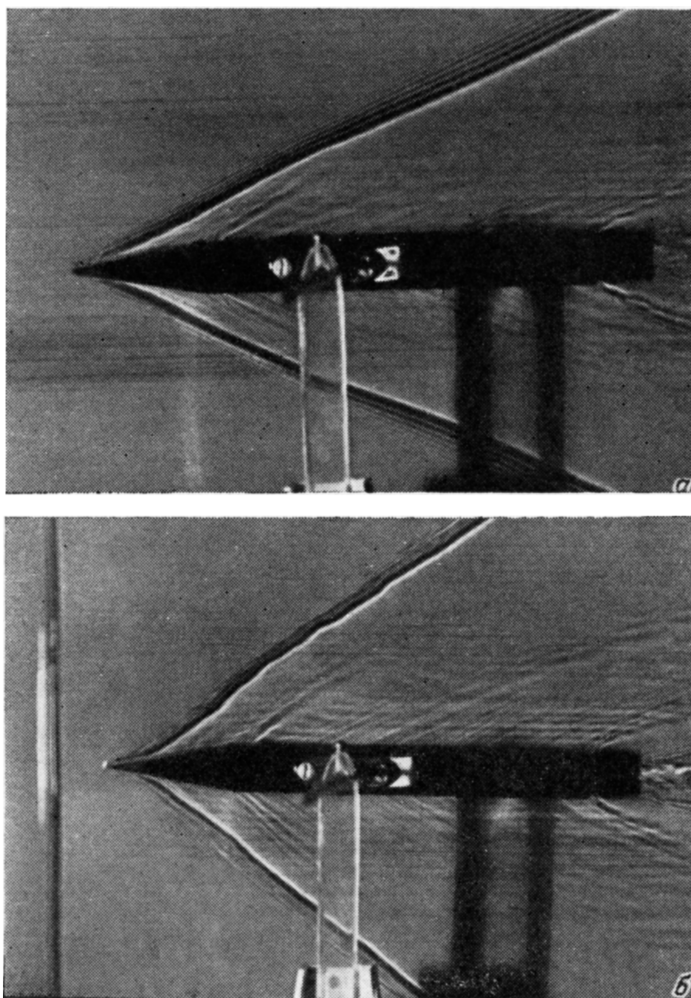


Рис. 1.

Догоняемая ударная волна нестационарна, однако на длине модели параметры за фронтом волны меняются незначительно, и поэтому процесс перестройки головного скачка на модели можно считать квазистационарным.

При взаимодействии головного скачка с фронтом догоняемой ударной волны возникает нерегулярная волновая конфигурация, состоящая из двух трехударных конфигураций, имеющих общий соединительный скачок  $I$  (рис. 1). В начальной стадии процесса соединительный скачок  $I$  криволинеен, с течением времени он становится практически плоским. Закон изменения конфигурации близок к автомодельному.

К соединительному разрыву  $I$  примыкает клиновидная турбулентная область среды, прошедшей через этот нестационарный скачок. Можно предположить, что границы клиновидной турбулентной области в условиях моделирования на «мелкой воде» представляют собой разрывы касательных скоростей в несжимаемой жидкости.

В предположении прямолинейности скачка  $I$ , соединяющего две тройные точки, был проведен расчет конфигурации в окрестности левой, ближней к носу модели, тройной точки  $O$ . Зависимость направления тангенциального разрыва относительно скачка (угол  $\xi$ ) от угла взаимодействия  $\varphi$  при различных значениях интенсивности нового присоединенного скачка уплотнения представлена на рис. 2 при исходных данных эксперимента  $\gamma=1.8$ ,  $\varphi=153^\circ$ ,  $M_\infty=3.7$ , угол  $\delta=62^\circ$ . Расчетное значение  $\delta=62^\circ$  находится в количественном согласии с экспериментальным значением угла между скачком  $I$  и левой границей турбулент-

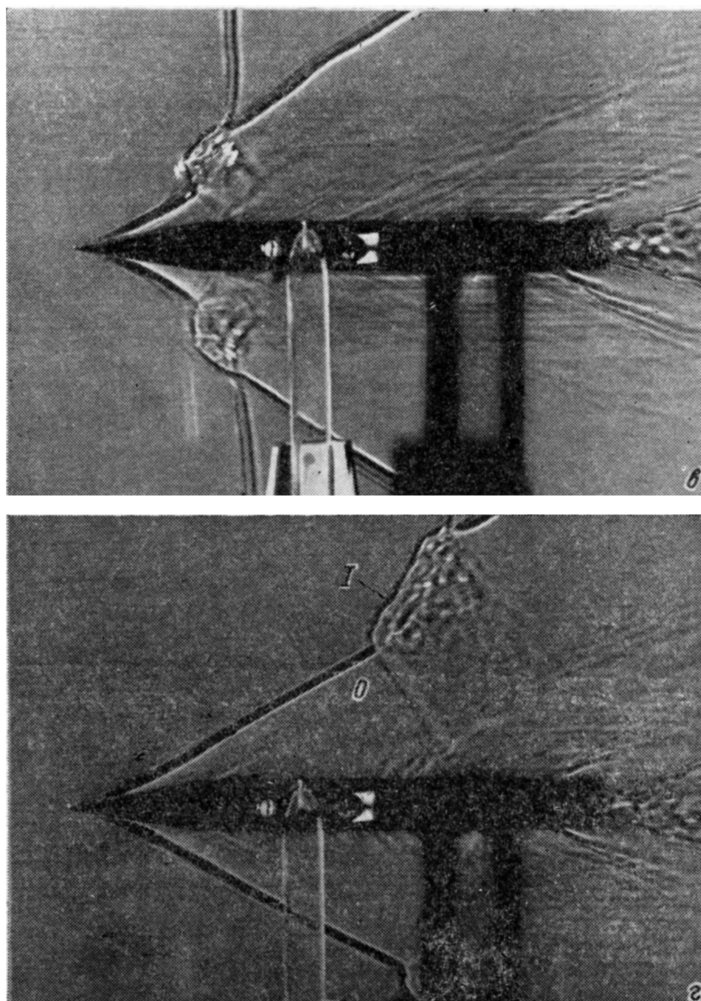


Рис. 1 (продолжение).

ной области, что подтверждает предположение о соответствии границы области тангенциальному разрыву трехударной конфигурации. Как показывают расчеты, течение за соединительным скачком  $I$  дозвуковое. Это обстоятельство в совокупности с наличием возмущений, источником которых может быть область повышенного давления, возникающая вблизи точки пересечения тангенциальных разрывов, является, по-видимому, причиной турбулизации течения.

Таким образом, путем моделирования в условиях «мелкой воды», получены данные о развитии течения при нерегулярном догонном взаимодействии плоских скачков уплотнения (имитация процесса входа тела, движущегося со сверхзвуковой скоростью в область, охваченную ударной волной, и выхода из нее). На основе сопоставления аналоговых и числен-

ных результатов показано, что в отличие от распространенных представлений при моделировании течений газа на «мелководье» существуют области, границы которых соответствуют тангенциальным разрывам трехударной конфигурации.

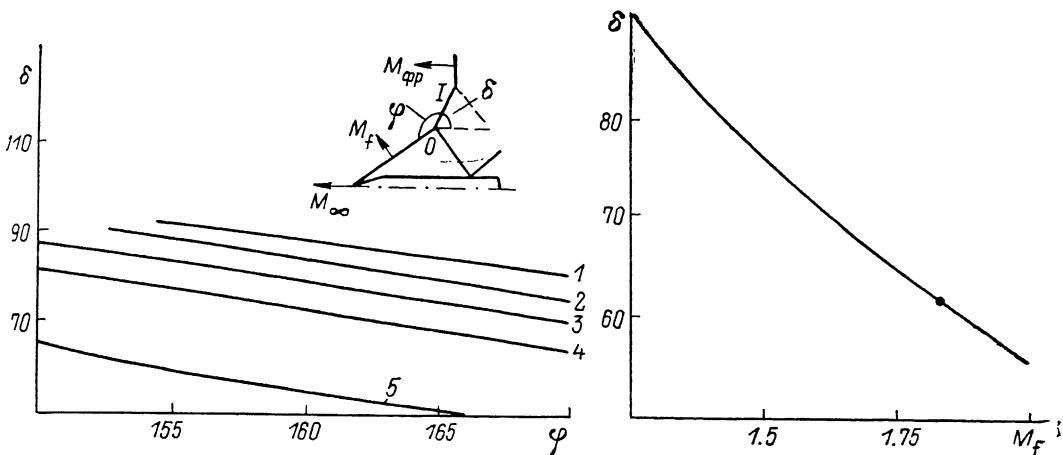


Рис. 2. Зависимость  $\delta = f(\varphi, M_f)$ .

Сплошные линии — результаты численного расчета (коэффициент адиабаты 1,8; точка — результат моделирования на «мелкой воде».  $M_f$ : 1 — 1.25, 2 — 1.3, 3 — 1.4, 4 — 1.5, 5 — 1.85.

### Список литературы

- [1] Виноградов Р. И., Жуковский М. И., Якубов И. Р. Гидравлическая аналогия и ее практическое приложение. М.: Машиностроение, 1978. 152 с.
- [2] Гилинский М. М., Лебедев М. Г., Якубов И. Р. Моделирование течений газа с ударными волнами. М.: Машиностроение, 1984. 192 с.
- [3] Дитман А. О., Савчук В. Д., Якубов И. Р. Методы аналогий в аэродинамике летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1987. 150 с.

Физико-технический институт  
им. А. Ф. Иоффе АН СССР  
Ленинград

Поступило в Редакцию  
7 апреля 1988 г.

## АНОМАЛЬНЫЙ БРЭГГОВСКИЙ РЕЗОНАНС ПРИ ДИФРАКЦИИ СВЕТА НА ФОТОЭМУЛЬСИОННОЙ ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ РЕШЕТКЕ

О. Н. Карнович, В. В. Крылов, Ю. П. Удоев

Угловая зависимость дифракционной эффективности (ДЭ) фотоэмульсионных голографических решеток с достаточно высокой пространственной частотой имеет хорошо выраженный резонансный характер, причем максимум ДЭ достигается при угле Брэгга [1]. При исследовании голографических решеток пропускающего типа, приготовленных по методике [2, 3], нами обнаружено аномальное поведение угловой зависимости ДЭ, проявляющееся в необычной форме брэгговского пика или наличии резкого провала ДЭ в центре этого пика.

Решетки с пространственной частотой  $\sim 1000$  лин/мм записывались на пластинках ВРЛ по симметричной схеме в сходящихся лазерных пучках с отношением интенсивностей порядка 1 : 1 на длине волны 0.63 мкм. Апертура пучков в зоне интерференции была  $\sim 12 \times 12$  мм. После экспонирования проводилась следующая обработка: проявление в Д-19, промывка, отбеливание в растворе R-10, содержащем КJ, промывка, фиксирование в кислом фиксаже, длительная промывка, последовательное купание в 80%- и 100%-й изопропаноловых ваннах и сушка на воздухе при комнатной температуре. Угловые зависимости