

ЛИТЕРАТУРА

1. Машкова Е. С., Молчанов В. А. «Физика твердого тела», 1966, 8, 1517.
2. Mashkova E. S., Molchanov V. A. «Red. Effects», 1974, 23, 215.
3. Martinenko Yu. V. «Red. Effects», 1973, 20, 211.
4. Мюллер-Ярайс У. ДАН СССР, 1970, 191, 801.
5. Mashkova E. S., Molchanov V. A. «Rad. Effects», 1972, 13, 183.
6. Verhey L. K., Boers A. L. «Atomic Collisions in Solids», vol. 2, Plenum Press Corp. New York, 1975.
7. Parilos E. S., Turaev N. Yu., Kivilis V. M. 8-th Int. Conference on Ionized Gases., 1967.
8. Кивилис В. М., Парилс Е. С., Тураев Н. Ю. ДАН СССР, 1970, 15, 587.

Поступила в редакцию
20.4.1976 г.
НИИЯФ

УДК 533.6.011.72

А. И. Климов
Ф. В. Шураев

К ВОПРОСУ О НЕСТАБИЛЬНОСТИ ФРОНТА
ГОЛОВНОЙ УДАРНОЙ ВОЛНЫ
ПЕРЕД ТУПЫМ ТЕЛОМ С ВЫЕМКОЙ

В ряде работ по взаимодействию ударных волн с криволинейной стенкой (отрицательной кривизны) и обтеканию сверхзвуковым потоком тупых тел с выемками в головной части было отмечено явление неустойчивости фронта головной ударной волны. Под неустойчивостью фронта головной волны условимся понимать появление на гладком фронте хаотических возмущений за счет нестационарного режима течения за фронтом ударной волны (образование внутри полостей тупых тел вихрей, струй и т. д.). По-видимому, стационарная картина обтекания моделей с выемками в головной части невозможна.

В [1] исследовался вопрос об устойчивости ударных волн, отраженных от искривленной стенки, и о затухании со временем возмущений на плоском фронте. В [2] впервые удалось наблюдать неустойчивость фронта головной волны в экспериментах с моделями, имеющими различного рода выемки. Работа [3] посвящена взаимодействию слабых ударных волн с вогнутой стенкой. Явление неустойчивости автор не наблюдал.

В настоящей работе было детально изучено явление неустойчивости и определены условия и границы появления последнего. Для проведения экспериментов были изготовлены модели, которые представляли собой цилиндры со сферической выемкой ($\eta=0,5; 0,75; 1$), или параллелепипеды сечением $16 \times 16 \text{ мм}^2$ ($\eta=0,5; 0,6; 0,8; 1$), где $\eta=d/2R$: d — диаметр модели, R — радиус цилиндрического сегмента. Отметим, что полость выемки (зона возможного формирования вихрей) была сделана открытой для наблюдателя в подобного рода экспериментах впервые. Эксперименты были выполнены на ударной трубе сечением $28 \times 28 \text{ мм}^2$. Рабочим газом был воздух, толкающий азот либо гелий. Давление в секции толкающего газа изменялось от 2 до 18 атм. (в зависимости от применяемых диафрагм), а в рабочей секции от 10 до 100 мм рт. ст. На данной ударной трубе получались ударные волны до чисел Маха, равных 5. Фотографирование проводилось на приборе ИАБ-451 фоторегистратором СФР или ЖФР. Источником света служила лампа ИФП-2000. Синхронизация осуществлялась электрическим сигналом с пьезодатчика на ударной трубе. В ходе опытов были получены серии кадров и фоторазвертки движения ударных волн, которые затем обрабатывались на микроскопе УИМ-2. Типичные фоторазвертки и кадры показаны на рис. 1: 2 и 3 — отраженная волна; 4 — вихревая пелена.

На рис. 1 отчетливо виден момент (3), после которого на фронте появляются растущие со временем возмущения хаотической природы. Из той же фоторазвертки видно, что от фронта отраженной ударной волны отходят различного рода возмущения, которые движутся к модели. Расшифровка этих возмущений показала, что они движутся либо со скоростью потока V_2 , либо со скоростью V_2+C (где C — скорость звука за фронтом отраженной ударной волны).

Отсюда можно сделать вывод, что фронт головной волны с момента появления возмущения на нем является источником интенсивных звуковых волн. Заметим также, что на участке А, Т фронт движется ускоренно. Вопрос об излучении звуковых волн возмущенным фронтом ударной волны ранее не исследовался.

На рис. 2, а показано, что $V_{отр}$ волны в начальный момент отражения является монотонной функцией от η для фиксированного значения числа $M=3$. Зависимость $V_{отр}$ от числа M при фиксированном значении $\eta=0,25$ показана на рис. 2, б ($V_{отр}$ — скорость отраженной волны).

Анализируя отдельные кадры, прежде всего отметим, что по оси модели реализуется маховский тип отражения. Как и в работе [3], этому типу отражения сопут-

ствует появление вихря, который следует рассматривать как следствие неустойчивости контактных разрывов, сопровождающих этот тип отражения. Оказалось, что существует тесная взаимосвязь динамики хаотических возмущений на фронте с размерами и перемещениями вихря внутри выемки. Общий характер неустойчивости сильно зависит от η . При $\eta \approx 1$ неустойчивость развивалась очень бурно. Размеры вихря оказы-

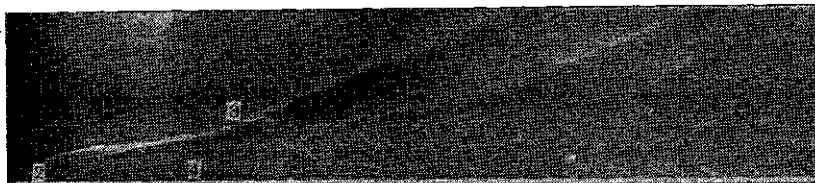


Рис. 1

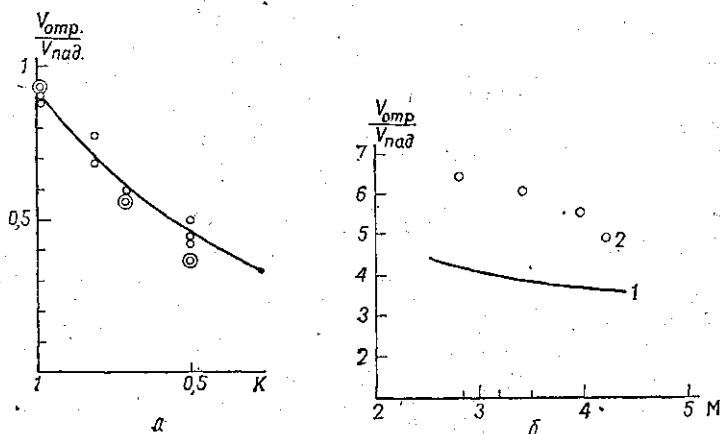


Рис. 2

вались сравнимыми с размерами выемки. При $\eta < 0,25$ неустойчивость фронта была едва различима.

Для случая экспериментов на нашей установке получена нижняя граница появления неустойчивости фронта головной ударной волны. При $M < 2$ неустойчивость исчезала. При приближении к этой границе размеры вихрей и их интенсивность уменьшались, отход головной волны от модели увеличивался.

По Андерсону [4], достаточным условием неустойчивости ударной волны является условие самопроизвольного излучения звуковых волн фронтом ударной волны. Поэтому неустойчивость головной ударной волны следует рассматривать как неустойчивость фронта ударной волны.

Авторы выражают благодарность проф. Е. В. Слупоченко за обсуждение работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Briscoe M. G., Kovitz A. A. J. Fluid Mech, 1968, 31, 629.
2. Johnson R. «Phys. Fluid», 1959, 2, п 5, 1526—1529.
3. Мешков Е. «Изв. АН СССР, механика жидкости и газа», 1970, № 4.
4. Андерсон Э. Ударные волны в магнитной гидродинамике. М., 1968, с. 40.

Поступила в редакцию
10.5 1976 г.
Кафедра
молекулярной физики и механики