

- [2] M c G u i r e T.R. and P o t t e r R.I. // IEEE Trans. on Magn. 1975. Mag-11. N 4. P. 1018-1038.
- [3] П у з е й И.М. // Изв. АН СССР. 1957. Т. 21. № 8. С. 1094-1104; Изв. АН СССР. 1958. Т. 22. № 10. С.1194-1199.

Институт физики  
имени Л.В. Киренского  
СО АН СССР,  
Красноярск

Поступило в Редакцию  
17 октября 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 1

12 января 1989 г.

03

## РАЗВИТИЕ ЛОКАЛИЗОВАННЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ НА НЕУСТОЙЧИВОЙ ГРАНИЦЕ УСКОРЯЕМОГО ЖИДКОГО СЛОЯ

О.И. В о л ч е н к о, И.Г. Ж и д о в,  
Е.Е. М е ш к о в, В.Г. Р о г а ч е в

1. При реализации гидродинамических течений, приводящих к кумуляции энергии, принципиальную роль играет неустойчивость границ контактирующих веществ. Ускорение жидких слоев веществом меньшей плотности сопровождается развитием неустойчивости типа Рэлея-Тейлора [1], приводящей к перемешиванию контактирующих веществ вплоть до потери сплошности (прорыву) ускоряемых слоев. Источниками возмущений в физическом эксперименте могут быть искажения формы границы, пространственная неоднородность вещества слоя и давления на граничной поверхности (разнодинамичность ускорения), при этом возмущения формы границы или разнодинамичности в отличие от периодических искажений формы границы, рассматриваемых при численном исследовании неустойчивости Рэлея-Тейлора [2] могут носить характер локализованных, т.е. таких, которые в отличие от периодических занимают малую часть площади поверхности ускоряемого слоя.

2. Широкие возможности для экспериментального исследования неустойчивостей, сопровождающих ускорение жидких слоев, представляет метод моделирования нестационарных гидродинамических течений при помощи студней [3]. Студни водного раствора желатина обладают прочностью, позволяющей изготавливать сложные формы, а, с другой стороны, их прочность невелика и под действием давления выше  $\sim 0.05$  атм студень теряет прочностные свойства и ведет себя как жидкость. Прозрачность студня позволяет применять оптические методы регистрации картины возникающего течения.

3. Целью проведенных исследований являлось наблюдение картины развития неустойчивости, сопровождающей ускорение однородного жидкого слоя давлением продуктов взрыва газовой взрывчатой смеси

(ГВС), при вариации начальных искажений поверхности и геометрии инициирования ГВС, приводящей к различной пространственной картине интерференции детонационных и отраженных волн и, как следствие, к разнородности ускорения.

Схема проведения экспериментов следующая, в канале квадратного сечения  $4 \times 4$  см с прозрачными стенками слой студня толщиной 1.9 см являлся перегородкой, разделяющей замкнутую камеру высотой 3.4 см, заполненную ГВС (стехиометрическая смесь кислорода с ацетиленом при атмосферном давлении), и отрезок канала, соединенного с атмосферой. Иницирование осуществляется электрическими разрядниками. Регистрация картины течения осуществлялась скоростной кинокамерой либо во фронтальной проекции (через жидкий слой, в направлении навстречу движению слоя), либо в боковой (сквозь прозрачные стенки канала). Промежуток времени наблюдения (1 мс) более чем на порядок превышал характерные времена выравнивания давления в камере. Наблюдаемое движение верхней, устойчивой при ускорении слоя границы, хорошо согласуется с расчетным в предположении об адиабатическом расширении продуктов взрыва с  $\gamma = 1.24$  и начальной величиной давления продуктов взрыва  $P_0 = 13.5$  атм. К концу наблюдения величина давления падала примерно на одну треть.

4. Рассмотрим результаты экспериментов, в которых источником возмущений является пространственная разнородность на начальной стадии ускорения, которая проявляется в структуре развивающихся возмущений на нижней, неустойчивой, вначале плоской границе жидкого слоя.

На рис. 1 приведены фотохронограммы, выполненные во фронтальной проекции в случаях инициирования ГВС: а) в одной точке в центре у дна камеры; б) строчкой из 8 искровых промежутков, расположенных вдоль дна камеры; в) в четырех точках, расположенных симметрично в виде квадрата.

На первых кадрах наблюдается свечение в точках инициирования. Наблюдаемая структура развивающихся возмущений воспроизводится от опыта к опыту. Наиболее интенсивный рост пузырей на поверхности неустойчивой границы студень-газ наблюдается в точках, соответствующих пересечению линий столкновения детонационных волн и нестационарных ударных волн, возникающих при отражении детонационных волн, расходящихся от точек инициирования.

При инициировании в одной точке (а) укрупняющаяся со временем центральная каверна-пузырь, по форме близкая к сферической, внедряется в жидкий слой с ускорением, близким к ускорению слоя, быстрее, чем перемешивание на „плоских“ участках границы. Аналогичная картина наблюдается и в случае полуцилиндрической каверны при инициировании строчкой (случай б). На рис. 2 приведена зависимость поперечного размера  $D$  центрального пузыря от смещения слоя  $X$ . Измерения показывают, что глубина  $H$  проникновения пузыря в слой приблизительно равна  $D$ , т.е.  $H(t) \approx D(t)$ .

Можно выделить две стадии: начальная, когда развитие каверн определяется пространственной разнородностью, а затем стадия,

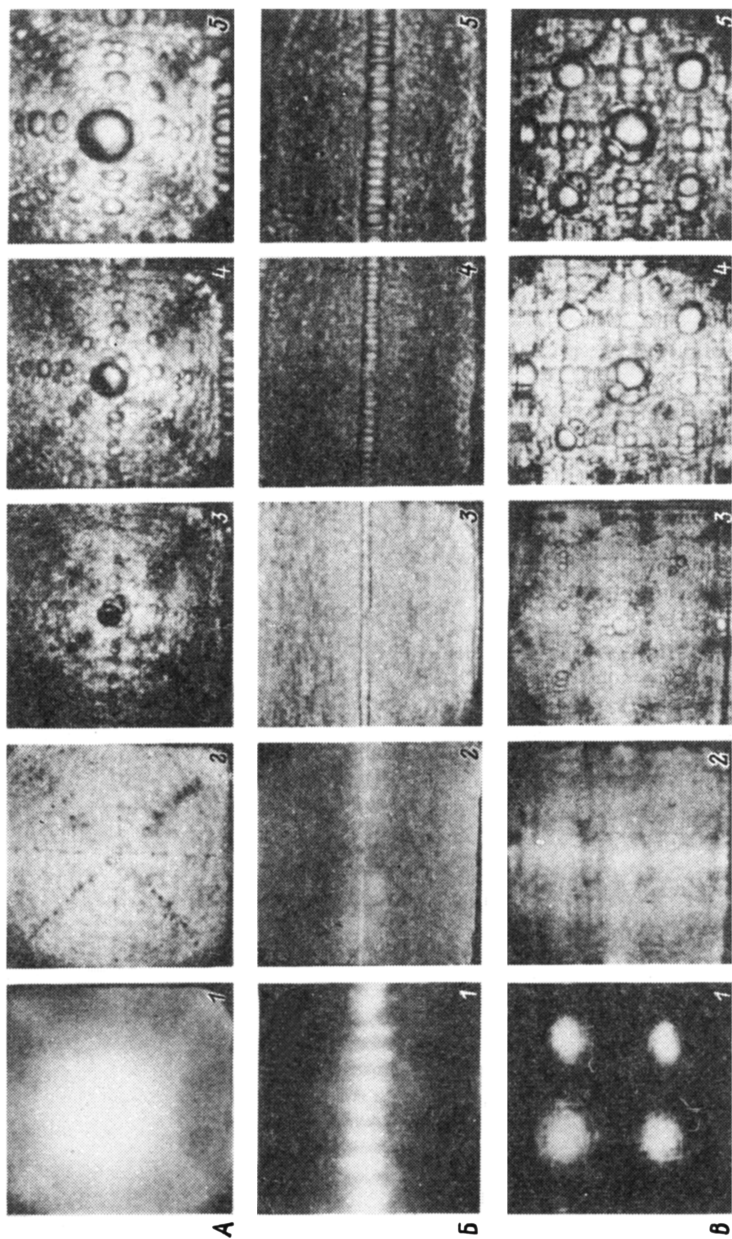


Рис. 1.

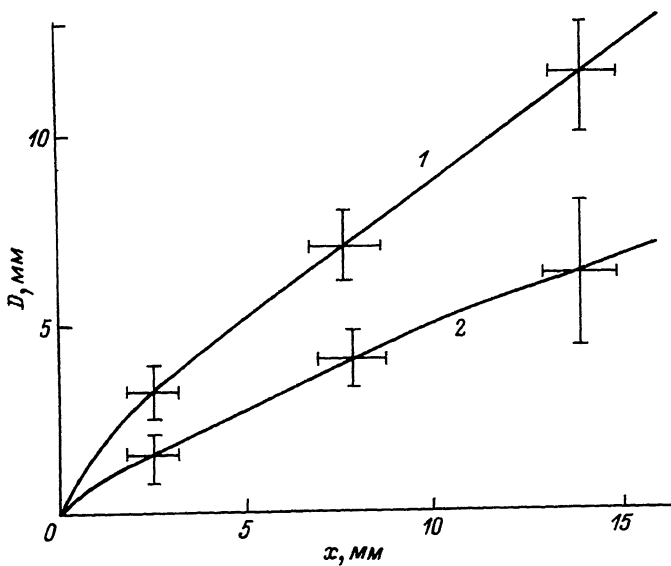


Рис. 2.

когда характерные размеры нарастают пропорционально пути ускорения. При этом в случае „точечного“ локализованного возмущения  $\frac{dH}{dx} \approx 0.7$ , т.е. пузырь „всплывает“ со скоростью, нарастающей пропорционально времени. Эта зависимость ограничена по времени, на поздней стадии начнет сказываться пространственное ограничение — стенки канала. Близкая картина развития возмущений наблюдается и в случае, когда определяющим возмущением течения является не разнодинамичность ускорения, а специально заданная на поверхности слоя малая (вначале) каверна. В случае возмущения типа „строчки“  $\frac{dH}{dx} \approx 0.4$ , что находится в согласии с расчетными результатами [4], выполненными для интерпретации более сложного по постановке физического эксперимента.

Таким образом, развитие локализованных возмущений обладает отличием по сравнению с эволюцией периодических возмущений, имеющих период, соизмеримый с пространственным размером локализованного возмущения, а именно, отсутствием асимптотической стадии, когда периодическая структура пузырей „всплывает“ в жидкость с постоянной скоростью  $v \approx \sqrt{\frac{g}{k}}$  [2], где  $g$  — ускорение слоя,  $k$  — волновой вектор возмущения.

- [1] T a u l o r G.I. The instability of liquid surfaces when accelerated in a direction perpendicular to their planes. Proc. ROy. Soc. Lond. A 201. 1950. P. 192-196.
- [2] Исследование гидродинамической неустойчивости с помощью ЭВМ. Сборник научных трудов / Под редакцией К.И. Бабенко. Препринт ИПМ АН СССР, М., 1981.
- [3] Волченко О.И., Жидов И.Г., Клепов Б.А., Мешков Е.Е., Попов В.В., Рогачев В.Г., Толшмяков А.И. Способ моделирования нестационарных течений несжимаемой жидкости. А.с. 1026154. Бюллетень ОИПОТЗ № 24, 1983.
- [4] S w e e n e y M.A., P e r r i F.C. // J. Appl. Phys. 1981. V. 52. N 7. P. 4487-4502.

Поступило в Редакцию  
20 октября 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 1  
07; 12

12 января 1989 г.

#### АКТИВНАЯ СТАБИЛИЗАЦИЯ ГОЛОГРАФИЧЕСКИХ УСТАНОВОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФОТОРЕФРАКТИВНЫХ КРИСТАЛЛОВ

Е.В. Каляшов, А.А. Камшилин,  
А.П. Павлов, М.В. Тютчев

Для достижения высокой дифракционной эффективности (ДЭ) голографических оптических элементов (ГОЭ) необходимым условием является стабильность положения голографического поля относительно регистрирующей среды в процессе экспонирования. В работах [1, 2] предложен метод активной стабилизации голографического поля, позволяющий осуществить автоматическую компенсацию случайного изменения  $\Delta\varphi$  разности фаз опорной и объектной волн с помощью цепи отрицательной обратной связи, состоящей из электронной системы и фазосдвигающего элемента - зеркала на пьезоэлектрической керамике, установленного в опорном плече голографического интерферометра. При этом величину  $\Delta\varphi$  преобразуют в электрический сигнал, что обычно достигается установкой фотоприемника в интерференционное поле с низкой пространственной частотой. При записи ГОЭ пространственная частота, как правило, слишком высока для непосредственной регистрации  $\Delta\varphi$ , и поэтому ее понижают либо с помощью дополнительного интерферометра, либо посредством вспомогательного ГОЭ, предварительно записанного в той же голографической схеме. Для повышения чувствительности определения фазовой