

РАЗВИТИЕ ВОЗМУЩЕНИЙ ПРИ СЖАТИИ ОБОЛОЧЕЧНОЙ МИШЕНИ ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

*Н.Н.Боков, А.А.Бунатян, В.А.Лыков
В.Е.Неуважаев, А.П.Строцева, В.Д.Фролов*

Численно исследуются влияние несимметрии облучения и разнотолщинности оболочки на степень сжатия и форму мишени в зависимости от амплитуды и длины волны возмущений.¹

В последнее время уделяется большое внимание численному [1,2] и экспериментальному [3,4] исследованию сжатия микромишени мощным лазерным импульсом. В работе [1] был исследован вопрос о развитии начальных возмущений при сжатии однородных сферических мишеней под действием профилированного лазерного импульса. Ниже кратко излагаются результаты численных экспериментов по сжатию простейшей оболочечной мишени, проведенных по двумерной методике [5] в одно- и двухтемпературном приближении¹⁾.

¹⁾ Результаты этой работы были доложены на III сессии совета по физике плазмы в г. Звечигороде в феврале 1976 г.

Мишень представляет собой стеклянную оболочку с наружным радиусом $R = 150$ мм, толщиной $\Delta = 3$ мм, заполненную ДТ-газом до плотности 10^{-3} г/см³. Лазерный импульс гауссовской формы с энергией 1 кдж и шириной 1 нсек на половине высоты. Под действием лазерного излучения происходит частичное испарение оболочки ($\sim 77\%$ от массы стекла), неиспаренная часть оболочки разгоняется до скорости ~ 300 км/сек и сжимает газ. Нагревание газа при сжатии приводит к заметному испарению оболочки со стороны газа (до 6,5% от всей массы стекла), что в свою очередь увеличивает окончательное сжатие газа.

Для данной мишени изучалось влияние несимметрии облучения и неточности изготовления оболочки на сжатие и форму газа. Поглощение лазерного излучения имитировалось энерговыделением в области, составляющей 0,1% от массы оболочки. Возмущения в потоке задавались в виде $g(t, \theta) = g(t)(1 + A_g \cos K\theta)$, где A_g — амплитуда возмущения, K — номер гармоники.

Возможные погрешности при изготовлении оболочки (разнотолщинность) имитировались заданием разнотолщины оболочки: $\rho(\theta) = \rho_0 \times (1 + A_\rho \cos K\theta)$.

Результаты расчетов приведены в таблице

№	K	A_g	A_ρ	ρ_{max} , г/см ³	T_{max} , кэв	$\Delta_{max=r_{max}-}$ $-r_{min}$	$\delta = \frac{2\Delta}{r_{max} + r_{min}}$
1	0	0	0	84,0	$T_e=4,1; T_i=7,7$	0	0
2	4	0	0,015	77,5	$T_e=3,8; T_i=7,8$	$0,32 \cdot 10^{-3}$	1,04
3	0	0	0	97,1	5,4	0	0
4	4	0	0,015	85,1	4,83	$0,28 \cdot 10^{-3}$	0,9
5	4	0	0,045	—	—	$0,25 \cdot 10^{-3}$	0,2
6	12	0	0,015	—	—	$0,22 \cdot 10^{-3}$	0,06
7	4	0,05	0	95,4	5,34	$0,3 \cdot 10^{-4}$	0,092
8	4	0,3	0	64,2	4,33	$0,19 \cdot 10^{-3}$	0,44
9	12	0,05	0	88,0	5,12	$0,3 \cdot 10^{-4}$	0,09
10	0	0	0	20,6	22,2	0	0
11	4	—	0	20,0	22,0	$0,15 \cdot 10^{-3}$	0,25

Сравнение расчетов, проведенных в двухтемпературном (вар. 1,2) и однотемпературном (3,4) приближениях, показало, что учет двухтемпературности не изменяет качественно процесса развития возмущений, поэтому вар. 5 ÷ 11 были сосчитаны в однотемпературном приближении. Для изучения роли испарения оболочки со стороны газа в вариантах 10 и 11 газ считался нетеплопроводным.

Развитие возмущений на границе газ — стекло происходит следующим образом. Стеклянная оболочка разгоняется серией ударных волн, идущих от движущегося ускоренно фронта тепловой волны. Ударные волны, несущие на себе возмущения, вызванные несимметрией облучения или оболочки, выходят на границу газ — стекло неодновременно и с раз-

ной интенсивностью. Поэтому различные участки границы начинают двигаться неодновременно и приобретают разную скорость. В процессе полета оболочки эта граница движется устойчиво, однако возникшие возмущения продолжают расти линейно (см. рис. 1) до момента прихода отраженной от центра ударной волны и не зависят от номера гармоники. Независимость от номера гармоники является следствием того, что для рассмотренных длин волн (L) за время полета оболочки (T) при характерной скорости звука (C) выпуклости и впадины, образующиеся в оболочке, между собой не взаимодействуют ($CT = 10^{-3}$ см, $L = 5 \cdot 10^{-3}$ см).

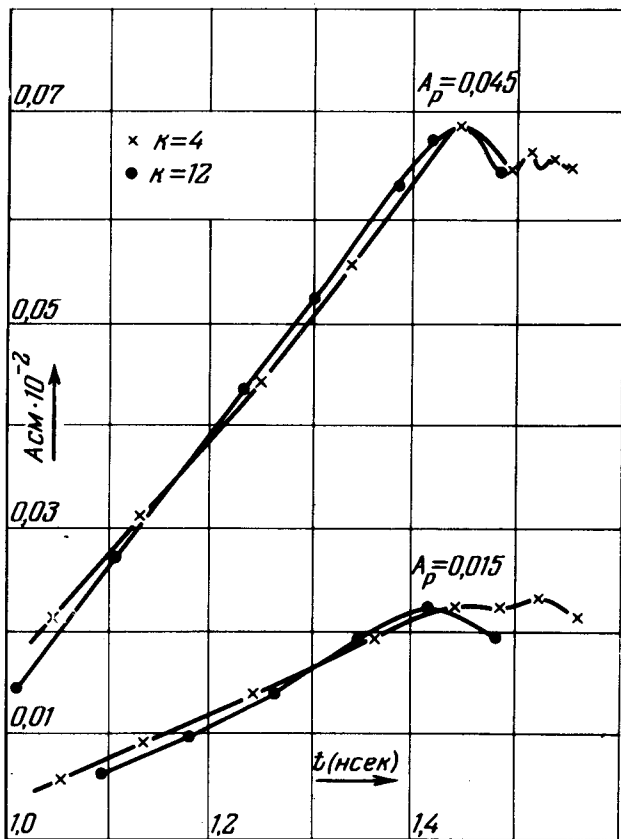


Рис. 1.

Линейный рост возмущений говорит о том, что для рассмотренных длин волн и гауссовской формы лазерного импульса зона неустойчивости, связанная с испарением оболочки снаружи, существенного влияния на рост возмущений не оказывает. При прохождении отраженной от центра ударной волны амплитуда возмущений на границе газ – стекло уменьшается. К этому моменту времени температура в газе достигает ~ 1 кэв, начинается прогрев оболочки изнутри. На фронте образующейся тепловой волны возникают условия для неустойчивости – амплитуда возмущений снова начинает расти. На рис. 2 и рис. 3 приведено состояние мишени в момент максимального сжатия газа для вар. 9 и в момент прорыва оболочки для вар. 6.

Анализ проведенных расчетов позволил сделать следующие выводы:

- 1) оболочечные лазерные мишени менее чувствительны к несимметрии облучения, чем к точности изготовления мишени. Рассмотренный тип оболочечной мишени менее чувствителен к несимметрии облучения, чем однородные мишени [1] для данной модели поглощения лазерного излучения.
- 2) Для рассмотренных длин волн основной рост возмущений происходит в процессе полета оболочки, этот рост — линейный во времени. Скорость роста возмущений пропорциональна амплитуде возмущений в потоке или разнотолщинности оболочки и не зависит от номера гармоники (см. рис. 1).
- 3) На развитие возмущений границы газ — стекл в момент торможения оболочки существенно стабилизирующую роль оказывает испарение оболочки изнутри.

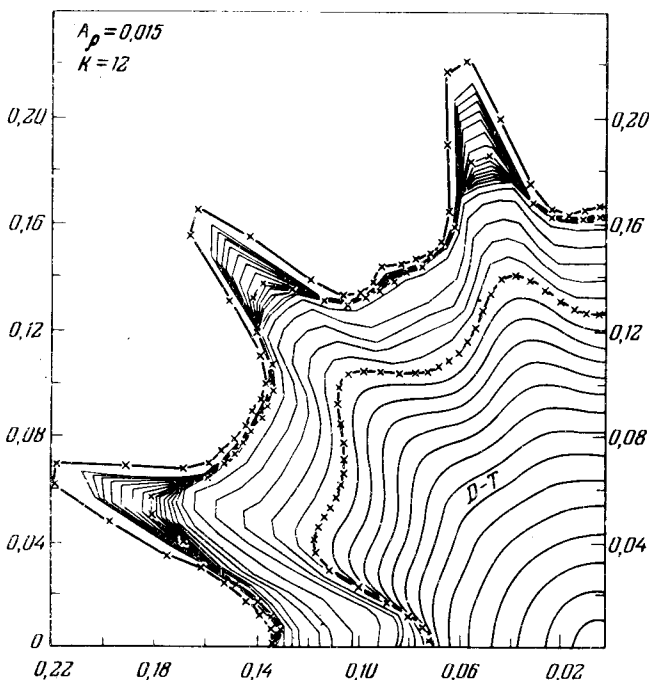


Рис. 2

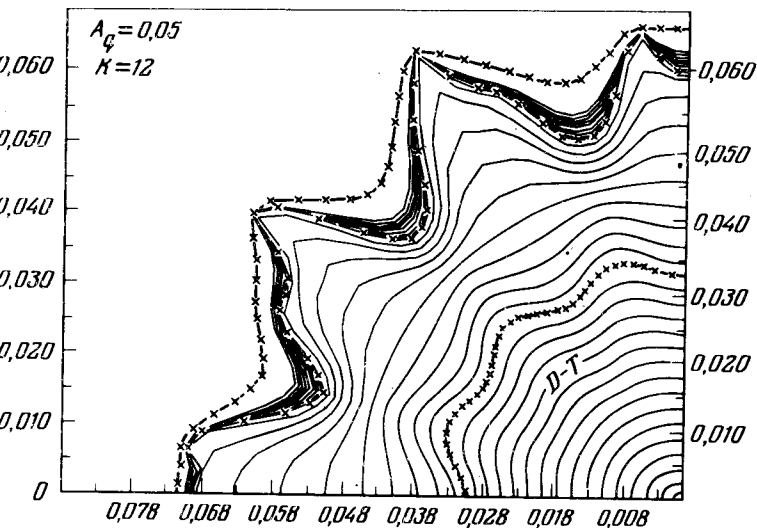


Рис. 3

Одномерные расчеты в одно- и двухтемпературном режиме проведены Е.В.Курасановым по составленной им программе.

Поступила в редакцию
6 октября 1977 г.

Литература

- [1] А.А.Бунатян, В.Е.Неуважаев, Л.П.Строцева, В.Д.Фролов. Численное исследование развития возмущений при сжатии мишени обостренным импульсом. Препринт ИПМ АН СССР, №71, М., 1975 г.
 - [2] П.П.Волосевич, Е.Г.Гамалий, А.В. Гулин, В.Б.Розанов, А.А.Самарский, Н.Н.Тюрина, А.П.Фаворский. Письма в ЖЭТФ, 24, 283, 1976.
 - [3] G. H. McCall, R. L. Morse. *Laser Focus*, December 1974, p. 48.
 - [4] Н.Г.Басов, А.А.Кологривов, О.Н.Крохин, А.А.Рупасов, Г.В.Склизков, А.С.Жиканов. Письма в ЖЭТФ, 23, 474, 1976.
 - [5] Н.Н.Яненко, В.Д.Фролов, В.Е.Неуважаев. Изв. СО АН СССР, 1967 №8 вып. 2; Численные методы механики сплошной среды. 3, 90, Новосибирск, 1972 г.
-