

сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

Н 581

P5-87-666

В.О.Нефедьев

ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНОЕ ТЕЧЕНИЕ
ВЯЗКОЙ ТЕРМОАКТИВНОЙ ЖИДКОСТИ
В УСЛОВИЯХ "ТЕПЛОВОГО ВЗРЫВА"

1987

В данной работе рассматривается система уравнений

$$\frac{1}{Pr} \frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial y} \left(\nu \frac{\partial u}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\nu \frac{\partial u}{\partial z} \right) + 2 \quad /1/$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \frac{\sigma}{4} \nu \left[\left(\frac{\partial u}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)^2 \right], \quad /2/$$

где $\nu(T) = \exp(-T)$ в области $\{0 \leq z \leq 1, -\infty < y < +\infty\}$.

Условия на границе заданы в виде

$$u = c \frac{\partial u}{\partial z}, \quad \frac{\partial T}{\partial z} = -\beta, \quad z = 0, \quad \frac{\partial u}{\partial z} = 0, \quad T = 0, \quad z = 1. \quad /3/$$

Здесь Pr , σ , β и c - некоторые отрицательные константы. Система с точностью до главных членов описывает плоскопараллельное течение подогреваемого слоя вязкой несжимаемой термоактивной жидкости в поле сил тяжести ^{/1/}.

Плоскость параметров (σ, β) разделяется кривой $\beta = \beta_B(\sigma)$ на две области: область существования стационарного решения $/1/-/3/$ $\beta \leq \beta_B(\sigma)$ и область "теплового взрыва" $\beta > \beta_B(\sigma)^{1,2/}$ /рис.1/. Ограничимся исследованием поведения системы $/1/-/3/$ в области "теплового взрыва". Пусть на некоторое однородное

по оси Y и растущее во времени решение $\{U_0(z, t), T_0(z, t)\}^{/3/}$ наложены бесконечно малые по амплитуде возмущения $u_1(y, z, t)$, $T_1(y, z, t)$. Уравнения для этих величин получаются в результате линеаризации $/1/-/3/$ по u_1 и T_1 и допускают решение в виде $u_1(y, z, t) = v(z, t) \exp(iky)$, $T_1(y, z, t) = \theta(z, t) \exp(iky)$. Амплитуды возмущений $v(z, t)$ и $\theta(z, t)$ удовлетворяют уравнениям ($Pr \rightarrow \infty$):

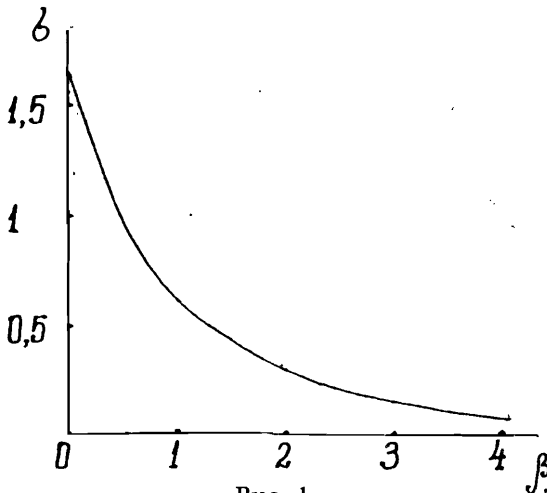


Рис. 1.

$$-k^2 v + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} - \frac{\partial T_0}{\partial z} \frac{\partial v}{\partial z} + 2\nu_0^{-1} [\theta - (1-z) \frac{\partial \theta}{\partial z}] = 0, \quad /4/$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = -k^2 \theta + \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} + \sigma(1-z) \left[\frac{\partial v}{\partial z} - (1-z) \nu_0^{-1} \theta \right], \quad /5/$$

где $\nu_0 = \exp(-T_0)$,

$$v = c \frac{\partial v}{\partial z}, \quad \frac{\partial \theta}{\partial z} = 0, \quad z = 0, \quad \frac{\partial v}{\partial z} = 0, \quad \theta = 0, \quad z = 1. \quad /6/$$

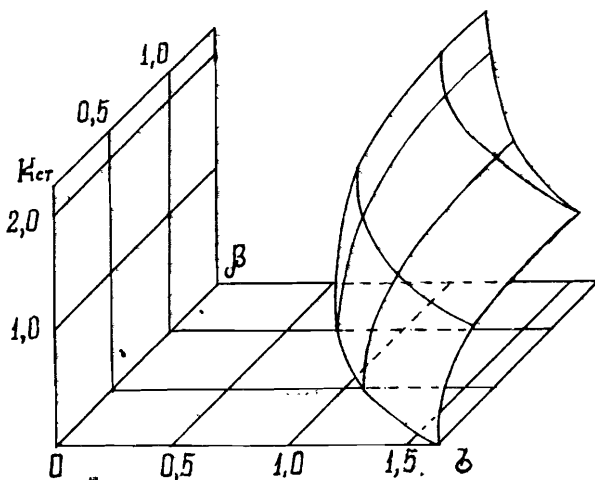
При решении такой системы необходимо использовать численные методы. Для этого уравнения /4/-/6/ заменяются разностными соотношениями, и к полученным неявным схемам применяется метод прогонки. Расчеты показывают, что в области параметров, соответствующих зоне "теплового взрыва", для каждого набора σ, β, c существует некоторое выделенное возмущение с волновым числом $k = k_{ст}$ /рис.2/, амплитуда которого с ростом t стремится к конечному, отличному от 0, пределу:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \langle v \rangle = v_{ст}, \quad \lim_{t \rightarrow \infty} \langle \theta \rangle = \theta_{ст}, \quad v_{ст} \neq 0, \quad \theta_{ст} \neq 0,$$

$$k = k_{ст}$$

знак $\langle \rangle$ означает усреднение по z на интервале $[0, 1]$.

Результаты линейной теории подтверждаются численными экспериментами, проведенными непосредственно с системой /1/-/3/. При дискретизации исходных уравнений используются разностные схемы переменных направлений /4/. При любых числах Прандтля Rg наблюдается рождение расположенных периодически по оси Y



отдельных струй с более высокой скоростью течения на фоне ускоряющегося основного течения. Расстояние между струями $\sim 2\pi/k_{ст}$. Время жизни этих струй $\sim Rg$. По прошествии этого времени становится заметным влияние нелинейных эффек-

Рис.2. Поверхность $k = k_{ст}(\sigma, \beta, c)$ при $c = 0$.

тов и происходит перераспределение энергии между основным течением и струями, в результате чего последние исчезают.

Автор благодарит В.Г.Маханькова за ряд ценных замечаний.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нефедьев В.О., Мазо В.Л. Препринт ОИЯИ Р5-87-36, Дубна, 1987.
2. Божинский А.Н., Григорян С.С. - ДАН СССР, 1973, т.212, № 3, с.577.
3. Божинский А.Н. - Изв. АН СССР, сер.МЖ и Г, 1975, № 5, с.853.
4. Самарский А.А., Николаев Е.С. Методы решения сеточных уравнений. М.: Наука, 1978, с.73.
5. Самарский А.А. Теория разностных схем. М.: Наука, 1983, с.450.

Рукопись поступила в издательский отдел
30 ноября 1987 года.

**ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
19.	Биофизика

Нефедьев В.О.

P5-87-666

Плоскопараллельное течение вязкой термоактивной жидкости в условиях "теплового взрыва"

Исследуется поведение подогреваемого слоя несжимаемой вязкой жидкости в условиях нестационарного внутреннего саморазогрева, когда диссипация тепловой энергии за счет сил вязкого трения среды превышает возможности теплоотвода системы. Вязкость жидкости нелинейно зависит от температуры, конвективные явления не учитываются. В приближении "мелкой воды" в ходе численных экспериментов наблюдается процесс рождения периодической системы струй, параллельных направлению основного течения. Приведены оценки для периода и времени жизни этой системы в зависимости от исходных параметров.

Работа выполнена в Отделе новых методов ускорения ОИЯИ. Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1987

Перевод О.С.Виноградовой

Nefediev V.O.

P5-87-666

Plane Parallel Flow of Viscous Thermoactive Fluid Under Conditions of Thermal Burst

The behaviour of heat layer of non-pressure viscous fluid is investigated under conditions of non-stationary internal self-heating, i.e. the viscous heat exceeds the heat removing possibility of the system. The viscosity of fluid is non-linear function of temperature. The influence of convectional processes is not taken into account. The periodic systems of parallel streams in basic flow are observed during calculating the experiments under condition of a "shallow water" approximation. The rough approximations of periodic and lifetime of this system are introduced depending on initial parameters.

The investigation has been performed at the Department of New Acceleration Methods, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1987