

УДК 532.5

МНОГОМАСШТАБНОСТЬ И МНОГОФАЗНОСТЬ

© 2011 г.

Р.И. Нигматулин

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва

nigmar@ocean.ru

Поступила в редакцию 24.08.2011

Рассматриваются многофазные и многокомпонентные системы, когда взаимодействия происходят в сильно различающихся масштабах по пространству, времени и по значениям самих параметров. Рассмотрен процесс расширения и схлопывания кавитационного парового пузырькового кластера, где происходит изменение временного масштаба в миллионы раз. Кластер пузырьков выглядит как микроводородная бомба. Рассмотрена также многомасштабность распределения и производства органики и биологического вещества в океане. Анализируется антропогенный фактор глобального изменения климата, обсуждаются перспективы развития энергетики. Дан анализ аномального сосредоточения доходов малой долей населения России и последствия такого распределения доходов на развитие производительных сил.

Ключевые слова: многофазные, многокомпонентные системы, разномасштабные взаимодействия, пространство, время, значения параметров.

Наиболее сложными для анализа явлений в природе, в обществе и в технологиях являются процессы, в которых приходится выделять несколько взаимодействующих составляющих, занимающих общее пространство и проявляющих себя все рассматриваемое время. В механике это многофазные и многокомпонентные системы, в физике океана и атмосферы – гидродинамика и тепло- и массообмен водных и воздушных масс. В экономике это межотраслевые взаимодействия, взаимодействия между различными классами на-

селения, различающимися своими доходами и влиянием на принимаемые решения государством. Анализ еще более усложняется, если при этом происходят взаимодействия в сильно различающихся масштабах по пространству, времени и по значениям самих параметров.

В качестве примера рассмотрен процесс расширения и схлопывания кавитационного парового пузырькового кластера размером ~ 1 см (рис. 1, 2) [1–3], где происходит изменение временного масштаба в миллионы раз.

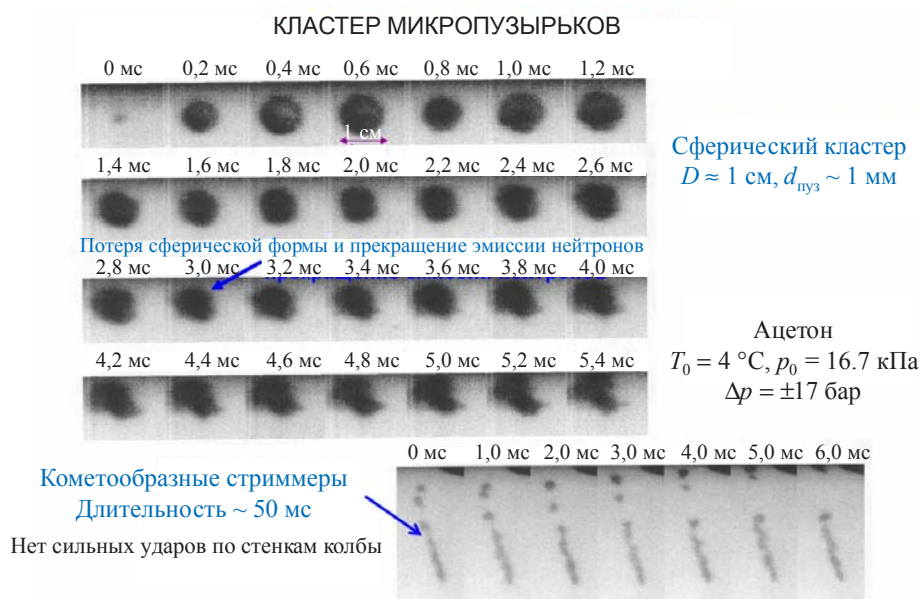
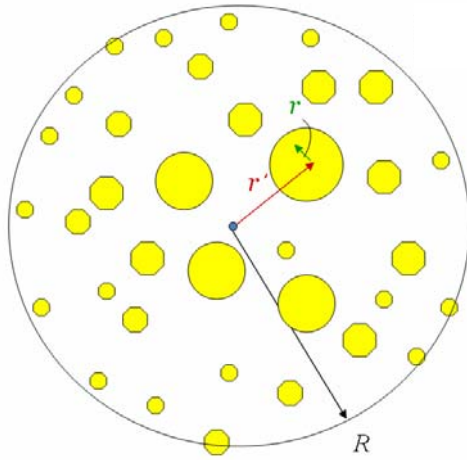


Рис. 1

ПЕРВОЕ ПРИБЛИЖЕНИЕ ДЛЯ ОПИСАНИЯ ПУЗЫРЬКОВ В СФЕРИЧЕСКОМ КЛАСТЕРЕ



r' – лагранжева координата для двухфазного континуума в кластере
 r – эйлерова радиальная микрокоордината для пробного пузырька
 $x(r', t)$ – эйлерова радиальная координата для двухфазного континуума

$$\frac{\partial x}{\partial t} = v, \quad \frac{\partial v}{\partial t} = \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{x}{r'} \right)^2 \frac{\partial p}{\partial r'}$$

$$(1 - \phi_1) a \frac{\partial w_{La}}{\partial t} + \frac{3w_{La}^2}{2} = \frac{p_{La} - p}{\rho_{L0}}$$

$$p_{La} = p_G(a) - \frac{2\sigma}{a} - \frac{4\mu_L w_{La}}{a}$$

$$\rho_0 = \rho(1 - \alpha_G), \quad \phi_1 = 4.5\alpha_G$$

$$\alpha_G = \frac{\alpha_{G0} a^3}{(1 - \alpha_{G0}) a_0^3 + \alpha_{G0} a_0^3}$$

Рис. 2

При этом развитие кумуляции происходит сначала при сжатии сферического двухфазного кластера ($\sim 10^{-3}$ с), затем идет сжатие пузырьков размером ~ 1 мм в центре кластера. Последнее в свою очередь проходит с изменением временных интервалов (от $\sim 10^{-5}$ до 10^{-12} с) и пространственных масштабов (с 10^{-4} до 10^{-8} м).

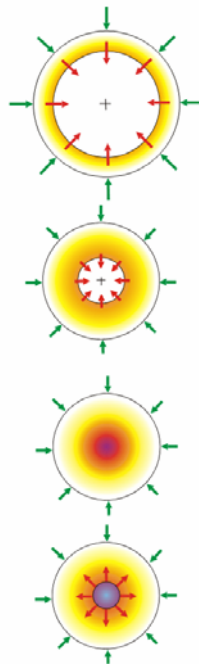
Сменяя друг друга, определяющую роль на разных стадиях процесса сжатия играют тепло-

проводность, сжимаемость жидкости, диссоциация молекул пара, ионизация атомов пара, излучение света. При этом имеют место гигантские изменения давления от 0 до 10^{11} бар и температуры от 10^2 до 10^8 К. В результате реализуются условия для термоядерной реакции синтеза дейтерия и трития.

Кластер пузырьков в данных условиях выглядит как микроводородная бомба (рис. 3).

СХОДЯЩИЕСЯ СФЕРИЧЕСКИЕ УДАРНЫЕ ВОЛНЫ

Коллапсирующий (схлопывающийся) пузырек как микроводородная бомба



Инициирование волны сжатия сходящейся жидкостью

Автомодельная кумуляция сферических ударных волн, сходящихся из бесконечности:
 – Guderley (1942), Ландау, Станюкович (1945),
 – Черноусько (1960),
 – Нигматулин (1965)

Фокусировка сферической ударной волны в центре пузырька, $T_{max} = 10^6$ К

Сферическая ударная волна после отражения от центра пузырька

Рис. 3

Рассмотрена многомасштабность распределения и производства органики и биологического вещества в океане. Данный эффект существенно влияет на оценки процессов обмена углекислого газа между атмосферой и океаном, что важно при анализе возможных климатических изменений. Анализируется также антропогенный фактор глобального изменения климата, в частности, обсуждаются перспективы развития энергетики. Дан анализ аномального сосредоточения доходов очень малой долей населения России и последствия такого распределения доходов на развитие

производительных сил, осложненного разбалансированностью различных отраслей экономики.

Список литературы

1. Xu Y., Butt A. Confirmatory experiments for nuclear emissions during acoustic cavitation // *Nuclear Engineering and Design*. 2005. Vol. 235. Is. 10–12. P. 1317–1324.
2. Нигматулин Р.И. Динамика многофазных сред. Т. 1, 2. М.: Наука, 1987.
3. Nigmatulin R. et al. The theory of supercompression of vapor bubbles and nano-scale thermonuclear fusion // *Physics of Fluids*. 2005. Vol. 17, 107106. P. 1–31.

MULTI-SCALE AND MULTIPHASE CHARACTER

R.I. Nigmatoulin

Multiphase and multi-component systems are considered, when interactions take place in considerably differing scales of space, time and the parameter values themselves. The process of growth and collapse of a cavitation vapor bubble cluster is considered, where the time scale changes million-fold. A bubble cluster looks like a micro-hydrogen bomb. The multi-scale character of the distribution and production of organics and biological matter in the ocean are also considered. The anthropogenic factor of the global climatic changes is analyzed, and prospects of the development of power engineering are discussed. The anomalous concentration of revenues by a small fraction of Russian population and the effect of such a revenue distribution on the development of productive forces are analyzed.

Keywords: multiphase, multi-component systems, interactions with differing scales, space, time, parameter values.