

ВОЛНОВЫЕ ПРОЦЕССЫ В МНОГОФАЗНЫХ СРЕДАХ. ПРОЕКТ № 22

Координатор: акад. Накоряков В. Е.

Исполнители: ИТ, ИТПМ, ИГиЛ, ИВМиМГ СО РАН

Предложена теория детонации эмульсионных взрывчатых веществ. Получены аналитические зависимости скорости идеальной и неидеальной детонации (в цилиндрическом заряде конечного диаметра). Формулы дают явную параметрическую зависимость скорости детонации от характеристик заряда: объемного содержания микросфер, диаметра микросфер и диаметра самого заряда. Найдены зависимости для времени схлопывания микросфер и времени выгорания микросфер. Получено хорошее соответствие скорости расчетной детонации с экспериментальными данными для зарядов с различными диаметрами в зависимости от плотности заряда или объемной доли микросфер.

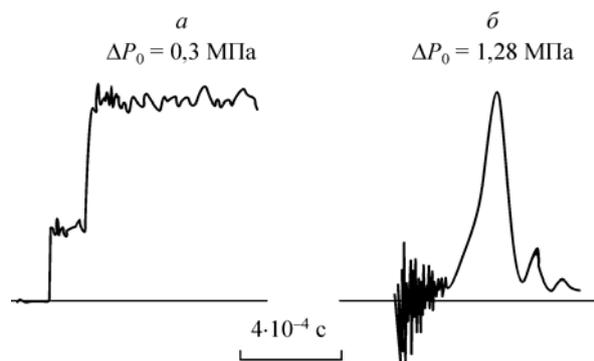
Решена задача о формировании отколов в тонком слое кавитирующей жидкости, используя комбинацию двух математических моделей — ИКВ-модели и модели замороженных массовых скоростей. Выполнен расчет структу-

ры и параметров волнового поля, формирующегося в тонком слое жидкости (1 см) со свободной поверхностью при распространении и отражении ультракороткой ударной волны (2 мкс).

Выполнено исследование динамики полей давления для аксиально-симметричной задачи о взаимодействии плоской ударной волны со «свободными» системами: с тороидальным пузырьковым кластером и пузырьковым шнуром. Показано, что для тора формируется система дисков Маха, каждый из которых содержит ядро конечной толщины с неоднородным распределением давления по радиусу. Получены данные по динамике «радиуса» ядра диска Маха и максимальному значению давления в нем в зависимости от объемной доли газовой фазы в кластере. Для полностью замкнутого тора формируется сложной структуры вогнутый фронт ударной волны с резким градиентом давления по глубине, при фокусировке которой в окрестности оси симметрии на расстоянии около 10 см от плоскости тора и регистрируется аномальное усиление.

Экспериментально исследованы эволюция и структура волн давления умеренной амплитуды в пузырьковой среде расслоенной структуры. Показано, что неравномерность распределения газовой фазы в жидкости приводит к дополнительной диссипации, обусловленной уносом энергии волной, формирующейся на межфазной границе и распространяющейся по чистой жидкости.

Исследовано взаимодействие ударной волны со сферическим газожидкостным кластером в жидкости. Показано, что пузырьковый кластер формирует уединенную волну давления, амплитуда которой значительно превосходит амплитуду падающей ударной волны (см. рисунок).



Взаимодействие ударной волны с пузырьковым кластером. Профиль ударной волны, входящей в жидкость (а), профиль уединенной волны давления в жидкости за пузырьковым кластером (б).

Interaction of a shock wave with bubble cluster. A structure of the shock wave which is included in a liquid (а), a structure of a lonely wave of pressure in a liquid for bubble cluster (б).

Экспериментально исследована эволюция ударных волн в газожидкостных и трехфазных средах кластерной структуры. В отличие от гомогенной среды дисперсия в среде кластерной структуры определяется радиусом кластера и объемным содержанием кластеров в среде. Показано, что вместо затухающих осцилляций в газожидкостной среде кластерной структуры может наблюдаться рост амплитуды колебаний давления в волне за ее передним фронтом. Это может быть связано с резонансными колебаниями кластеров в жидкости. Показано, что скорость звука в трехфазных кластерных средах выше значений скорости звука для гомогенных сред при одинаковых параметрах среды. Получено, что диссипативные эффекты из-за межфазного трения на границе

жидкость—твердый скелет в кластере значительно влияют на структуру волн в кластерных средах.

Построена нелинейная математическая модель, объединяющая уравнения континуальной теории фильтрации и уравнения Максвелла, описывающая движение проводящей жидкости в пористой проводящей упругодеформируемой среде. В основу положены три основных принципа: выполнение законов сохранения, принцип относительности Галилея, согласованность уравнений движения с термодинамическими условиями равновесия. Показано, что в системе существуют четыре типа звуковых колебаний: альфвеновского типа, поперечный и два продольных.

Основные публикации

1. Донцов В. Е. Взаимодействие ударной волны давления со сферическим газожидкостным кластером// ПМТФ. 2004. Т. 45, № 1. С. 3—11.
2. Накоряков В. Е., Донцов В. Е. Эволюция ударной волны в газожидкостной среде кластерной структуры// Докл. РАН. 2004. Т. 394, № 4. С. 480—483.
3. Dontsov V. E., Nakoryakov V. E. Interaction of a shock wave with a soluble gas-liquid cluster// J. Eng. Thermophys. 2004. V. 12, N 4. P. 313—323.
4. Кедринский В. К., Вишнев В. А., Дудникова Г. И., Шокин Ю. И., Лазарева Г. Г. Фокусировка осциллирующей ударной волны, излученной тороидальным облаком пузырьков// ЖЭТФ. 2004. Т. 125, вып. 6. С. 1302—1310.
5. Донцов В. Е. Распространение волн давления в газожидкостной среде кластерной структуры// ПМТФ. 2005. Т. 46, № 3. С. 50—60.
6. Nakoryakov V. E., Dontsov V. E. The pressure waves in porous medium saturated a liquid with gas bubbles// ASCE Journal of Engineering Mechanics. 2005. V. 131, N 9. P. 966—973.
7. Кедринский В. К., Вишнев В. А., Лазарева Г. Г. Формирование и усиление ударных волн в пузырьковом «шнуре»// ПМТФ. 2005. Т. 46, № 5. С. 46—52.
8. Давыдов М. Н., Кедринский В. К., Чернов А. А., Takayama K. Зарождение и развитие кавитации в магме при динамической разгрузке// ПМТФ. 2005. Т. 46, № 2. С. 71—80.