

Деформации ударных волн в кавитационных пузырьках в ацетоне и тетрадекане

Аганин А.А., Халитова Т.Ф.

ИММ-обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН, Казань

В работе [1] было выявлено, что внутри кавитационных пузырьков при коллапсе на режиме акустической кавитации дейтерированного ацетона можно добиться реализации термоядерных актов, тогда как в аналогичных экспериментах с водой этого не получалось. В работах [2–4] было показано, что для достижения такого сверхсжатия содержимого кавитационных пузырьков ацетон является намного предпочтительнее воды. Это обусловлено тем, что, с одной стороны, в пузырьках в ацетоне при их коллапсе значительно легче возникают ударные волны, а с другой, амплитуда малых деформаций поверхности пузырька нарастает к концу коллапса в случае ацетона намного меньше, чем в случае воды. В работах [5, 6] было продемонстрировано, что в отношении образования ударных волн в пузырьке при коллапсе и роста амплитуды его малой несферичности тетрадекан может оказаться еще более перспективным, чем ацетон.

Достижение сверхсжатия содержимого пузырьков зависит не только от того, образуется ударная волна в пузырьке или нет, и от того, насколько сильно несферическим будет пузырек в конце коллапса, но и от того, насколько близкой к сферической будет оставаться ударная волна в пузырьке в ходе своего схождения к центру пузырька. Чем больше несферичность ударной волны, тем меньше достигаемые степени сверхсжатия.

В настоящей работе представляются результаты исследований закономерностей роста амплитуды малой несферичности ударных волн, сходящихся к центру коллапсирующих кавитационных пузырьков в ацетоне и тетрадекане. Рассмотрены случаи ацетона с давлением 15 бар и температурой 273.15 К и тетрадекана с давлением 70 бар и температурой 663.15 К (начальный радиус пузырьков 0.5 мм). При таких условиях в сферически симметричном приближении уровни сверхвысоких значений термодинамических параметров (давления, температуры, плотности), достигаемых в конце коллапса пузырька на границе его малой центральной обла-

сти с радиусом $r \approx 0.25$ мкм, оказываются сравнимыми. В принятой постановке задачи несферичность ударных волн в пузырьках возникает из-за наличия малой начальной несферичности пузырька, которая принимается в виде длинноволновых четных сферических гармоник. Используется математическая модель, являющаяся обобщением одномерной модели работ [2–6] на двумерный (осесимметричный) случай. В этой модели динамика жидкости и пара описывается уравнениями газовой динамики с учетом влияния теплопроводности обеих сред. Учитываются эффекты тепломассообмена на поверхности пузырька, применяются широкодиапазонные уравнения состояния жидкости и пара. Решение уравнений газовой динамики находится численно с применением модификации метода С.К. Годунова [7], имеющей второй порядок точности по пространству и времени, с использованием подвижных сеток с явным выделением поверхности пузырька.

Список литературы:

- [1] Taleyarkhan R.P., West C.D., Cho J.S., Lahey R.T. (Jr), Nigmatulin R.I., Block R.C. Evidence for nuclear emissions during acoustic cavitation // *Science*. 2002. V. 295. P. 1868.
- [2] Нигматулин Р.И., Аганин А.А., Топорков Д.Ю., Ильгамов М.А. Образование сходящихся ударных волн в пузырьке при его сжатии // *ДАН*. 2014. Т. 458. № 3. С. 282–286.
- [3] Нигматулин Р.И., Аганин А.А., Ильгамов М.А., Топорков Д.Ю. Эволюция возмущений сферичности парового пузырька при его сверхсжатии // *ПМТФ*. 2014. Т. 55. № 3. С. 82–102.
- [4] Нигматулин Р.И., Аганин А.А., Топорков Д.Ю., Ильгамов М.А. Эволюция возмущений сферичности пузырька при его сильном сжатии // *ДАН*. 2016. Т. 467, № 2. С. 168–172.
- [5] Нигматулин Р.И., Аганин А.А., Топорков Д.Ю. Возможность реализации сверхсжатия кавитационного пузырька в тетрадекане // *ДАН*. 2018. Т. 481. № 6. С. 625–629.
- [6] Нигматулин Р.И., Аганин А.А., Ильгамов М.А., Топорков Д.Ю. Экстремальная фокусировка энергии при ударном сжатии парового пузырька в углеводородных жидкостях // *ТВТ*. 2019. Т. 57. № 2. С. 253–261.
- [7] Аганин А.А., Халитова Т.Ф., Хисматуллина Н.А. Расчет сильно-го сжатия сферического парогазового пузырька в жидкости // *Вычислительные технологии*. 2008. Т.13. №6. С. 54–64.