

## Коллапс парового пузырька в воде

Аганин А.А., Хисматуллина Н.А.

Институт механики и машиностроения ФИЦ КазНЦ РАН

email: aganin\_aa@imm.knc.ru

Известно, что коллапс паровых пузырьков представляет большой интерес, например, в связи с проблемами и полезными применениями кавитации. Так, разрушительный потенциал кавитации может приводить к эрозии гидрокрыльев, управляющих мембран и т.д. Вместе с тем, кавитация применяется для очистки твердых поверхностей от загрязнений, дробления камней в почках в литотрипсии и т.д. Разрушительный потенциал кавитации во многом определяется процессами испарения и конденсации на поверхности пузырька. Конденсация пара усиливает коллапс пузырьков, что приводит к формированию в жидкости расходящихся от пузырька ударно-волновых импульсов, способствующих усилению разрушительного потенциала кавитации.

Процессы испарения и конденсации обычно описываются соотношениями Герца–Кнудсена–Ленгмюра. В этих соотношениях массоперенос на межфазной поверхности регулируется коэффициентом аккомодации (испарения/конденсации)  $\alpha$ . Из литературы известно, что значения этого коэффициента для воды могут варьироваться от  $\sim 0.001$  до  $\sim 1$ . Вместе с тем, согласно недавним исследованиям методом молекулярной динамики, значения коэффициента  $\alpha$  имеют порядок 1. Меньшие значения могут быть обусловлены наличием в паре примесей неконденсируемых газов.

Учитывая указанные результаты, полученные методом молекулярной динамики, а также то, что коллапс парового пузырька в воде ранее рассматривался, главным образом, при значениях  $\alpha$  в промежутке от 0.001 до 0.2, в настоящей работе представляются результаты его изучения при значениях  $\alpha$  выше 0.2. Исследование проведено с применением математической модели, в которой динамика пара в пузырьке и окружающей жидкости описывается уравнениями газовой динамики. Принимаются во внимание теплопроводность обеих фаз, вязкость жидкости. Применяются широкодиапазонные уравнения состояния пара и жидкости.

Применяется подвижная расчетная сетка, которая перемещается согласно движению поверхности пузырька и внешней границы расчетной области в жидкости. Для разрешения тонких тепловых приграничных слоев в пузырьке и окружающей жидкости в окрестности поверхности пузырька с большими градиентами температуры ячейки сетки сгущаются к поверхности пузырька по геометрической прогрессии.

Показано, что в отличие от значений  $\alpha \leq 0.075$ , при которых давление в пузырьке при коллапсе остается близким к однородному, при значениях  $\alpha$ , выше 0.2, в пузырьке в ходе коллапса могут образовываться ударные волны, радиально сходящиеся к центру пузырька. Это представляет интерес с точки зрения достижения высоких давлений и температур в пузырьке.