

ДИНАМИКА ВСПЛЫТИЯ ПУЗЫРЬКА В ПРИСУТСТВИИ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНОГО ВЕЩЕСТВА

В.А. Архипов, А.С. Усанина

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Национальный исследовательский
Томский государственный университет»
634050, Томск, Россия*

Динамика и основные закономерности движения газовых пузырьков в жидкости представляют интерес для решения ряда технических и технологических задач, связанных с использованием газожидкостных сред (кавитация, барботаж, флотация и т.д.) [1].

Закономерности движения частиц в двухфазной среде, в первую очередь, определяются силой динамического сопротивления. Корректное определение коэффициентов динамического (а также теплового) взаимодействия фаз играет ключевую роль при создании адекватных моделей многофазных течений. Коэффициенты сопротивления деформируемых частиц дисперсной фазы (капель и пузырьков) зависят от степени их деформации.

В ряде промышленных и технологических процессов в дисперсионную среду вводят поверхностно-активные вещества (ПАВ) для изменения коэффициента поверхностного натяжения на границе раздела фаз.

Целью настоящей работы является экспериментальное исследование влияния ПАВ на коэффициент сопротивления одиночного сферического пузырька воздуха, движущегося в вязкой жидкости.

Исследование проводилось на установке, состоящей из прозрачной кюветы с плоскопараллельными стенками размером 10×10×60 см, устройства для получения пузырьков и системы визуализации процесса всплытия пузырька. Подробное описание экспериментальной установки приведено в [2].

Анализ влияния массовой доли ПАВ в растворе на динамику всплытия пузырька в области чисел Рейнольдса $Re < 1$ показал, что изменение содержания ПАВ в жидкости не влияет на величину скорости движения и, следовательно, на коэффициент сопротивления пузырька. Для всего исследованного диапазона массовой доли ПАВ $z = (0.37 - 0.74)$ в жидкости коэффициент сопротивления пузырька описывался зависимостью

$$C_D = \frac{A}{Re}, \quad (1)$$

где $A = 21.73$ – эмпирический коэффициент, найденный методом наименьших квадратов. Из полученной зависимости (1) следует, что при наличии ПАВ характер всплытия пузырька близко совпадает с характером движения твердой сферы ($A = 24$), описываемой законом Стокса при $Re < 1$ [3].

Результаты экспериментального исследования всплытия пузырька при числах Рейнольдса $Re > 1$ показали, что наблюдается влияние массовой доли ПАВ z на динамику всплытия пузырька. При $z > 0.1$ характер всплытия пузырька близко совпадает с характером движения твердой сферы и коэффициент сопротивления удовлетворительно описывается зависимостью Клячко для твердых сферических частиц [3]. При уменьшении содержания ПАВ на границе раздела фаз жидкость-воздух ($z < 0.1$) закон сопротивления пузырька приближается к закону Мура [3]. Однако данный аспект вопроса требует дальнейшего исследования.

Поскольку ПАВ обладают различной поверхностной активностью [4], то для каждой пары жидкость-ПАВ, по-видимому, будет наблюдаться своя зависимость $C_D(Re)$. Представляется целесообразным проведение исследований влияния ПАВ на коэффициент сопротивления в более широком диапазоне режимов движения пузырька и композиций жидкость-ПАВ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Бошнятов Б.В.** Гидродинамика микропузырьковых газожидкостных сред // Известия Томского политехнического университета. 2005. Т. 308, № 6. С. 156-160.
2. **Архипов В.А., Васенин И.М., Усанина А.С.** Экспериментальное исследование нестационарных режимов всплытия одиночного пузырька // Инженерно-физический журнал. 2013. Т. 86, № 5. С. 1097-1106.
3. **Нигматулин Р.И.** Динамика многофазных сред. М.: Наука.
4. **Гороновский И.Т., Назаренко Ю.П., Некряч Е.Ф.** Краткий справочник по химии. Киев: Наукова думка, 1974.