ФИЗИКА МАГНИТНЫХ ЯВЛЕНИЙ

УДК 538.951

DOI: 10.17223/00213411/63/6/163

П.А. РЯПОЛОВ¹, В.М. ПОЛУНИН¹, Е.Б. ПОСТНИКОВ², В.Г. БАШТОВОЙ³, А.Г. РЕКС³, Е.А. СОКОЛОВ¹

ЗАХВАТ ВОЗДУШНОЙ ПОЛОСТИ ПЛОСКИМ КАНАЛОМ С МАГНИТНОЙ ЖИДКОСТЬЮ В КОЛЬЦЕВОМ МАГНИТЕ *

Обсуждаются исследования по визуализации процесса захвата и транспорта воздушной полости в плоском канале, заполненном магнитной жидкостью и расположенном вдоль оси кольцевого магнита. Проведено сравнение результатов модельной теории «слабomагнитной среды», основанной на построении системы изолиний модуля напряженности магнитного поля ($H = \text{const}$), для магнитной жидкости, заполняющей трубку, с изображением воздушной полости, получаемым в тонком слое жидкости. Теоретически объясняются особенности поэтапного захвата воздушной полости для магнитной жидкости различной концентрации. Полученные результаты могут быть полезны при решении практических вопросов микрогидравлики.

Ключевые слова: магнитная жидкость, кольцевой магнит, неоднородное магнитное поле, изменяющееся по знаку магнитное поле, газожидкостные системы, микрогидравлика.

Введение

Исследования газовых включений: пузырьков и полостей в магнитной жидкости (МЖ) – представляют интерес благодаря возможности управления процессами с помощью внешнего магнитного поля. Предметом экспериментальных исследований является влияние магнитного поля на форму, скорость движения пузырей, распад газовых струй. Так, в работе [1] проведено экспериментальное исследование влияния неоднородного магнитного поля, создаваемого кольцевым электромагнитом, на поведение пузырьков в МЖ. Обнаружено, что доля газовых включений в двухфазном потоке уменьшается с увеличением магнитного поля. Исследовано поступательное движение и деформация газового пузырька в МЖ с использованием прозрачного тонкого канала. Результаты эксперимента показывают, что в области положительного градиента магнитного поля пузырь замедляется, а в области отрицательного градиента магнитного поля – ускоряется, удлиняясь в направлении магнитного поля.

В более поздней работе [2] в плоских прозрачных каналах толщиной 1 и 2 мм проведено сравнение форм пузырьков в магнитной жидкости и четырех рабочих жидкостях, включая воду, водный раствор гидроксида тетраметиламмония и раствора сахарозы с массовой концентрацией 30 и 50 %. Результаты показывают, что форма пузырька в МЖ первоначально имеет форму сплюснутого эллипса, такую же, как в воде. В середине пути он становится сплюснутым, что объясняется диффузией поверхностно-активного вещества к границе раздела пузырька.

В статье [3] исследовано влияние однородного магнитного поля на динамику капель и пузырьков в МЖ. Изучена неустойчивость таких течений под влиянием диполь-дипольного взаимодействия между пузырьками и между каплями. Установлены критические значения напряженности магнитного поля и параметров потока.

В теоретическом плане популярным методом для интерпретации подобных систем является метод Volume of Fluid (VOF) [4–6], с помощью которого проведено теоретическое моделирование формы газовых пузырьков в магнитном поле, в том числе и во внешних однородных магнитных полях. В работе [7] представлена теоретическая модель нелинейного движения и колебания стенки пузыря в МЖ в однородном магнитном поле при воздействии акустического сигнала и переменного магнитного поля. В статье [8] для экспериментального исследования динамики пузырьков в МЖ использована рентгеновская фазово-контрастная визуализация. Показано, что в магнитном поле пузырьки деформируются и образуют линейные цепочки из двух или более пузырьков. Числовое моделирование с помощью метода VOF приводит к выводу, что агрегация пузырьков происходит под действием магнитофоретической силы.

В работах [9, 10] предложен датчик скорости микропотока газа, в котором газовые пузырьки всплывают в МЖ в однородном магнитном поле, проходя через цилиндрическую измерительную

* Работа выполнена при поддержке базовой части госзадания Министерства образования и науки РФ, код проекта 3.8949.2017/БЧ, и гранта Президента РФ МК-1393.2019.8.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://www.elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>