

УДК 538.4

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МАГНИТОФЕРЕЗА И БРОУНОВСКОЙ ДИФФУЗИИ НА ПЛАВАНИЕ ПОСТОЯННОГО МАГНИТА В ОБЪЕМЕ МАГНИТНОЙ ЖИДКОСТИ

Баштовой В.Г., Рекс А.Г., Климович С.В., БНТУ

В данной работе исследованы процессы магнитофереза и броуновской диффузии в неоднородном магнитном поле приводящие к перераспределению концентрации частиц в магнитной жидкости (МЖ), что приводит к перераспределению давления и изменению условий плавления тел в магнитной жидкости. Рассмотрение задачи базируется на классической теории броуновской диффузии и приводит к безразмерным уравнениям для концентрации магнитных частиц  $C$ .

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \Delta C - U[\Lambda(\nabla C \nabla H + C \Delta H) + C \nabla \Lambda \nabla H],$$

$$\Lambda(H) = [cth(UH) - 1]/(UH), \quad \mathbf{i} = -\nabla C + UC \Lambda \nabla H.$$

Процесс переконцентрации частиц определяется безразмерным параметром  $U = \mu_0 m_m H_0 / kT$ , представляющим собой отношение потенциальной энергии частицы с магнитным моментом  $m_m$  в магнитном поле  $H_0$  к ее тепловой энергии  $kT$ . Здесь  $\mu_0$  – магнитная проницаемость вакуума,  $\Lambda(H)$  – функция Ланжевена, и  $\mathbf{i}$  – плотность потока массы частиц.

Схема экспериментальной установки приведена на рисунке 1. На рабочем основании 5 установлена кювета 1 с магнитной жидкостью 2. В магнитную жидкость погружен прямоугольный постоянный магнит 3, для регистрации положения тела на него установлен маяк 4 из немагнитного материала. Регистрация положения тела в жидкости осуществляется путем измерения координаты вершины маяка катетометром КМ-8 (позиция 6) с точностью до 0,01 мм. Объем МЖ варьировался от 3000 до 5000 мм<sup>3</sup>. Использовались прямоугольные феррит бариевые и самарий-кобальтовый магниты с

геометрическими размерами  $10 \times 20 \times 5$  мм и  $10 \times 24 \times 5$  мм, обеспечивающие в объеме магнитной жидкости напряженность поля до  $120$  кА/м и его градиент до  $20000$  кА/м<sup>2</sup>. Максимальное значение безразмерного параметра  $U$  для магнитной жидкости на поверхности магнита достигает величины  $6,6$ .

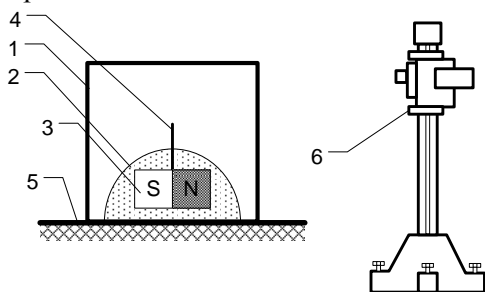


Рисунок 1 Экспериментальная установка для изучения плавления постоянного магнита в магнитной жидкости.

В экспериментах использовались магнитные жидкости на основе керосина (МК) и трансформаторного масла (ММТр) с намагниченностью насыщения  $M_S$  от  $28$  до  $72$  кА/м, с концентрацией магнитных частиц  $6 - 15$  % и диаметром частиц от  $7,6$  до  $12,6$  нм

Концентрация магнитных частиц вблизи магнита со временем повышалась, что приводит к повышению давления в этой области жидкости. В более удаленных точках объема магнитной жидкости происходит обратный процесс, давление понижается из-за уменьшения концентрации частиц. В результате перераспределения частиц в жидкости расстояние между магнитом и дном кюветы уменьшается, т.е. магнит опускается ближе ко дну.

Влияние параметра  $U$  на характер относительного изменения положения магнита во времени в магнитной жидкости объемом  $V=5000$ мм<sup>3</sup> представлено рисунком 2, где  $h_0$  обозначено положение магнита относительно дна кюветы в начальный момент времени,  $h$  – в последующее время. Положение магнита приведено для двух значений параметра  $U$ . Наиболее заметно изменение равновесного положения магнита происходит в начальный момент времени в течение двух-трех часов, далее положение магнита выходит на

стационарное значение. При большем параметре  $U$  изменение положения магнита происходит интенсивнее. Относительное изменение положения феррит-бариевого магнита относительно дна кюветы в различных образцах магнитной жидкости, имеющих разную концентрацию магнитных частиц, показано на рисунке 3. Более сильное изменение положения магнита наблюдается в жидкостях с меньшей концентрацией магнитных частиц. Это связано с более плотной упаковкой частиц и ограниченными возможностями их перемещения.

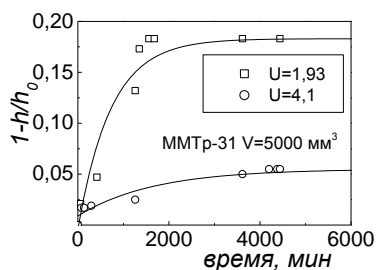


Рисунок 2

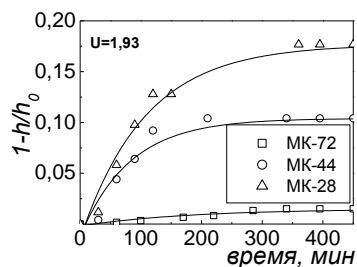


Рисунок 3

Зависимость влияния концентрации магнитных частиц на изменение положения магнита во времени имеет монотонно возрастающий характер с выходом на насыщение. На процесс перемещения магнитных частиц сильное влияние оказывает вязкость жидкости-основы магнитной жидкости.

Обнаружено влияние объема магнитной жидкости на зависимость изменения положения магнита. При малом объеме зазор между магнитом и дном кюветы имеет небольшую величину, магнитная жидкость в виде тонкого слоя находится вблизи поверхности магнита в области максимальных полей и градиентов. Где происходит более интенсивное перемещение магнитных частиц к поверхности магнита и локализуется область повышенного давления. При большом объеме жидкости зазор между магнитом и дном велик, магнитные частицы вблизи дна кюветы находятся в области более слабых полей, интенсивность их взаимодействие с полем меньше. В малом объеме жидкости на магните достигается более значительное изменение положения магнита со временем.

Работа выполнена при поддержке Фонда фундаментальных исследований Республики Беларусь.

УДК 662.76.075.88

## **АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ОДОРИЗАТОРА ИСПАРИТЕЛЬНО-КОНВЕКТИВНОГО ТИПА**

Кривошеев Ю.К., БНТУ

Принципиальную схему испарительно-конвективного одоризатора можно представить следующим образом. Суживающее устройство на газопроводе создает перепад давлений, под действием которого осуществляется циркуляция небольшой части газового потока через испарительную камеру одоризатора. Проходя через испарительную камеру и омывая фитили, ответвленный газовый поток насыщается парами одоранта, которые уносятся из одоризатора ответвленным потоком и смешиваются с основным газовым потоком в газопроводе за суживающимся устройством (СУ). Унос одоранта из испарительной камеры компенсируется подачей его из расходной емкости с помощью устройства поддержания уровня (например, поплавкового клапана). Параметры испарительной камеры должны быть подобраны так, чтобы при любом расходе газа в ответвленном газовом потоке обеспечивались, полный прогрев ответвленного потока до температуры, поддерживаемой в испарительной камере и равновесная концентрация паров одоранта при заданной температуре. Тогда концентрация паров одоранта в ответвленном потоке будет постоянной и количество одоранта, поступающего в газопровод – пропорциональным ответвленному потоку газа, проходящего через одоризатор. При неизменной конфигурации газового тракта расход газа через ответвление пропорционален расходу газа через СУ – расходу в газопроводе. Количество одоранта, поступающего в газопровод, будет пропорционально расходу газа в газопроводе, что обеспечит постоянство концентрации одоранта при любых расходах. “Автоматическое” поддержание постоянства концентрации осуществляется за счет двух факторов: постоянства концентрации паров одоранта в ответвленном потоке (обеспечиваемом конструкцией испарительной камеры и ее