ВВЕДЕНИЕ

С момента первого получения стабильных магнитных жидкостей они очень быстро нашли применение во множестве областей науки и техники и до сих пор являются перспективным материалом. На данный момент магнитные жидкости применяются в устройствах, требующих динамическое уплотнение вращающихся валов; в шаговых двигателях и акустических приборах в качестве инерционного вязкостного демпфера; в подвесках автомобилей с регулируемой жёсткостью; в феррожидкостных акселерометрах, в магнитных сепараторах металлических частиц; выступают в качестве удерживаемого магнитным полем теплопроводящего материала и т. д. [1, 2]. Магнитные жидкости также являются перспективным материалом в медицине, где с использованием магнитных жидкостей развивается и уже практикуется нацеленная доставка лекарственных препаратов в определённые ткани; проводится процедура гипертермии (MFH); создаются контрастные вещества для магнитно-резонансной томографии [3]. Магнитные жидкости также нашли свое применение в исследовании и производстве материалов, например, в создании эффективных радиоотражающих покрытий; покрытий, обладающих магнитозависимой прозрачностью; в легировании лиотропных жидких кристаллов и т. д. [3, 4].

Практически во всех представленных выше применениях управление магнитной жидкостью осуществляется посредством внешнего магнитного поля. Поэтому в каждом случае необходимо знать, каким образом поведёт себя намагничивающаяся жидкость под его воздействием, чтобы добиться нужного эффекта или наоборот, избежать нежелательного.

Одним из таких эффектов является неустойчивость магнитной жидкости, проявляющаяся в появлении конусообразных выступов на границе раздела сред под воздействием внешнего магнитного поля. Существует множество теоретических работ, например, [1, 5, 6], где доказывается, что устойчивость поверхности определяется характером распределения действующих на неё давлений. Было выяснено, что среда с большей величиной магнитной проницаемости оказывает большее давление на границу, чем среда с меньшей магнитной проницаемостью, причём независимо от направления воздействующего магнитного поля. Однако при этом, в случае перпендкулярного границе раздела сред поля, оно оказывает дестабилизирующее влияние, а в случае параллельного, наоборот, стабилизирующее. Существуют также экспериментальные доказательства этих результатов [7, 5]. Но, как правило, авторы не приводят конкретного физического объяснения данного явления, в результате чего возникают подобные противоречия. Кроме этого, понимание физики процесса позволяет без дополнительных сложных расчётов определить то, каким образом будет взаимодействовать магнитное поле с поверхностью намагничивающейся жидкости в зависимости от его направления, что является дополнительным преимуществом при анализе задач более сложной конфигурации.

Цель данной работы – построить модель влияния магнитного поля на устойчивость поверхности магнитной жидкости.

В соотвтетствии с целью исследования были поставлены следующие задачи:

1. Изучить методику расчёта дисперсионного уравнения в случаях плоской и цилиндрической поверхностей жидкости.
2. Получить дисперсионные уравнения для волн на поверхности магнитной жидкости в случае плоской поверхности и ортогонального ей магнитного поля, а также в случае цилидрической струи и параллельного ей магнитного поля.
3. Проанализировать условия возникновения неустойчивости в каждом из рассматриваемых случаев и дать физическое объяснение полученным результатам.

В качестве объекта исследования выступает магнитная жидкость в плоской и цилиндрической конфигурациях. Предметом исследования служит явление неустойчивости поверхности магнитной жидкости во внешнем магнитном поле.

Данная работа представляет собой теоретическое исследование, где задействованы: метод идеализации с целью упрощения задачи и обеспечения возможности её аналитического решения; сравнительный метод для выявления сходств и различий в эффектах, получаемых воздйствием магнитного поля различной направленности на поверхности магнитной жидкости в двух конфигурациях; анализ условий возникновения неустойчивости; а также индуктивный метод при формулировке выводов исследования.