

ВОЛНОВОЙ РЕЖИМ КОНВЕКЦИИ МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ ЖИДКОСТИ В ПОДОГРЕВАЕМОМ СНИЗУ ГОРИЗОНТАЛЬНОМ СЛОЕ

М. А. Калинина, Н. В. Колчанов

Пермский государственный национальный исследовательский университет,
614990, Пермь, Букирева, 15

Магнитная жидкость представляет собой коллоидный раствор магнитных частиц, размеры которых позволяют находиться в состоянии броуновского движения [1]. В промышленности широкое применение нашли магнитные жидкости, дисперсной фазой которых являются магнетитовые частицы, стабилизированные олеиновой кислотой, а жидкостью-носителем – парафиновые углеводороды, вода, различные минеральные масла и др.

В работе [2] изучалась конвекция в связанных каналах, где были обнаружены перебросовые колебания как в керосиновой магнитной жидкости, так и отдельно в керосине. Авторы предположили, что существенную роль в конвекции магнитных жидкостей играет термодиффузия молекулярной смеси несущей жидкости, и предложили рассмотреть расширенную модель тепловой конвекции. В данной работе исследовалась конвекция в трансформаторном масле, которое, наряду с керосином, также используется в промышленности в качестве жидкости-носителя для магнитных жидкостей. Следуя предположениям, описанным в статье, были поставлены следующие цели: изучить конвективные свойства многокомпонентной молекулярной жидкости в горизонтальном слое и выделить волновые режимы конвекции.

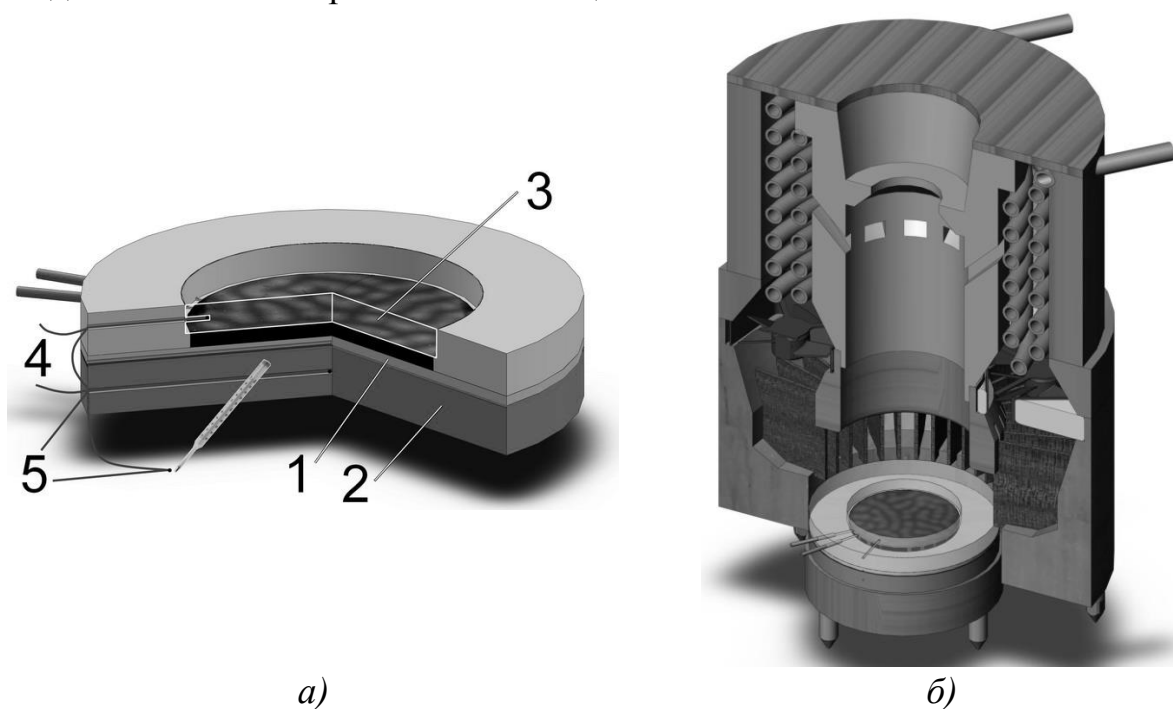


Рис. 1. Экспериментальная установка: а) полость; б) система термостатирования

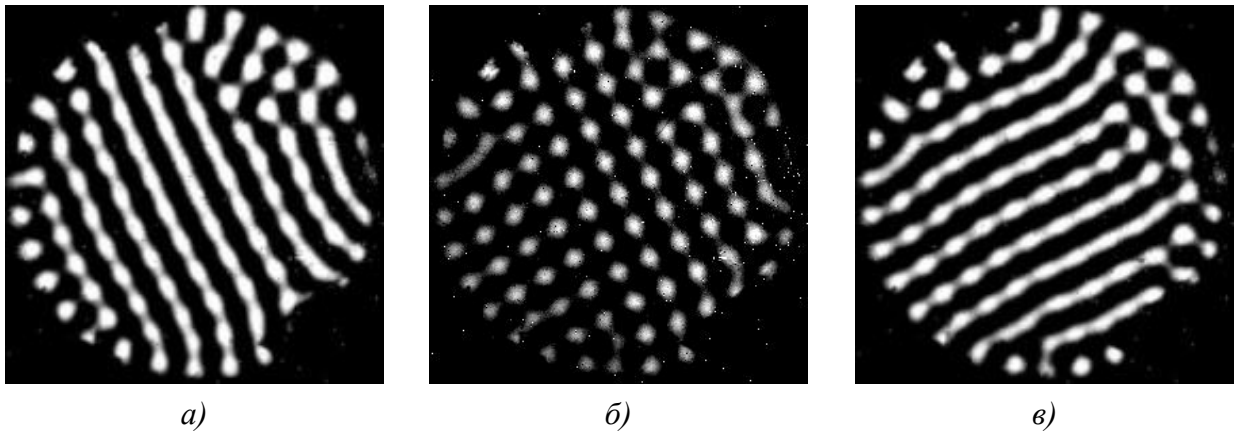


Рис. 2. Этапы перезамыканий.

Экспериментальная установка состояла из полости (рис. 1а), в которую заливалось трансформаторное масло, системы термостатирования, двух жидкостных термостатов КРИО-VT-01, устройства Термодат-38С2, тепловизора и компьютера. Температура на нижней алюминиевой границе полости 1 задавалась при помощи прикреплённого к этой границе медного теплообменника 2. Температура верхней границы 3, выполненной из соли LiF, задавалась системой термостатирования, показанной на рис. 1б. Перепад температур на слое трансформаторного масла измерялся дифференциальной медь-константановой термопарой 4. Абсолютная температура медного теплообменника 2 определялась при помощи термопары 5 и ртутного термометра, который измерял температуру с точностью 0.1 °С. Устройство Термодат-38С2 снимало показания термопар, производило оцифровку аналогового сигнала и передавало информацию на компьютер. Измерение поля температур с поверхности трансформаторного масла производила инфракрасная камера с точностью 0.02 °С.

В диапазоне $(1.50 \div 1.85) \cdot 10^3$ чисел Рэлея устанавливался волновой режим конвекции. Сформировавшиеся при этом режиме валы (рис. 2а) разбиваются на ячейки (рис. 2б), которые в дальнейшем объединяются в валы, перпендикулярные первоначальным (рис. 2в). Процесс перезамыкания

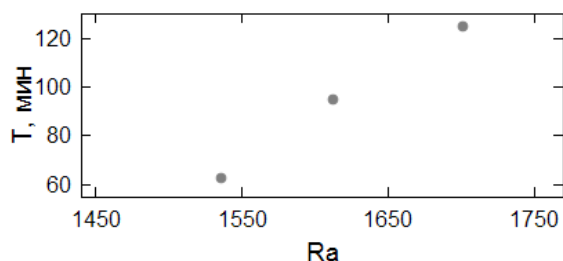


Рис. 3. Зависимость периода колебаний от числа Ra

взаимно перпендикулярных валов повторяется и происходит полное колебание. Период колебаний, как показано на рис. 3, увеличивается с ростом числа Рэлея.

Было замечено, что после придания системе конечного возмущения колебания возобновляются с временной задержкой. Так, например, при повышении перепада на 1°С, в рамках волнового режима, она составила около 7 часов. Пульсации температуры θ в точке на поверхности трансформаторного масла в течение 14 часов с

момента изменения перепада температур на слое исследуемой жидкости представлены на рис. 4.

Ниже диапазона чисел Рэлея, соответствующего волновому режиму, наблюдались неподвижные упорядоченные квадратные ячейки, а выше этого диапазона формировался стационарный режим с валиковыми структурами. Природа волнового режима может быть связана с конкуренцией этих двух видов конвективных структур.

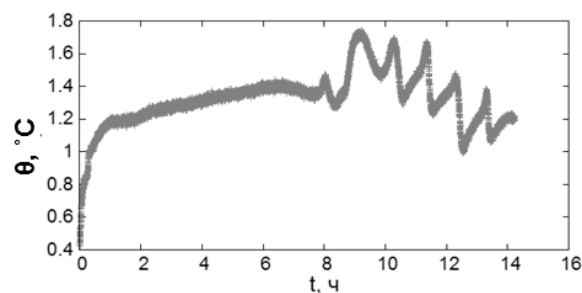


Рис. 4. Зависимость пульсаций температуры на поверхности трансформаторного масла от времени

Список литературы

1. *Фертман В. Е.* Магнитные жидкости – естественная конвекция и теплообмен. Мн.: Наука и техника, 1978. 208 с.
2. *Глухов А. Ф., Демин В. А., Попов Е. А.* Тепловая конвекция магнитной наносuspензии в узких каналах // Механика жидкости и газа. 2013. №1. С. 41–51.