

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ МАГНИТНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ МАГНИТОУПРАВЛЯЕМОГО ТЕПЛОПЕРЕНОСА В МАГНИТОЖИДКОСТНЫХ СИСТЕМАХ

Кель А.А. Шунейко А.С.

Научный руководитель: д.ф-м.н. Рекс А.Г.

Белорусский национальный технический университет

Проблема повышения энергоэффективности работы теплообменного оборудования является в настоящее время очень актуальной. Помимо повышения эффективности переноса тепла особый интерес имеет реализация возможности управления этим процессом, а также локализации областей теплопереноса. Перечисленные проблемы могут быть решены при создании систем теплопереноса с магнитной жидкостью [1-3].

Ранее было показано, что неоднородное магнитное поле изменяет траекторию пузырей, всплывающих в магнитной жидкости [4]. Поскольку магнитная жидкость стремится притянуться к магниту, то это позволяет создать на теплоотдающей поверхности локальное покрытие [5].

В качестве примера рисунок 1 иллюстрирует возможность реализации локальной теплоотдачи пластины за счет отклонения потока всплывающих в магнитной жидкости пузырей неоднородным магнитным полем [4].

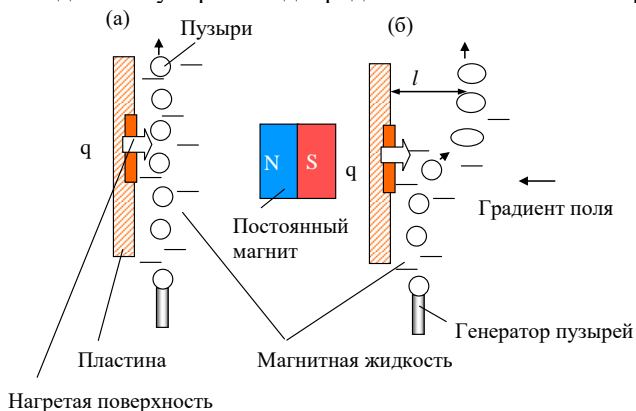


Рисунок 1. Иллюстрация влияния постоянного магнита на траекторию пузырей
вблизи нагретой поверхности [4]

Диапазон отклонения пузырей от охлаждаемой поверхности зависит от характеристик магнитного поля, и он тем больше, чем больше напряженность поля вдали от магнита [4].

Практическая реализация воздействия магнитного поля на передачу тепла в системах, использующих магнитные жидкости, требует создания магнитных систем. Поэтому настоящая работа посвящена исследованию магнитных полей системы постоянных магнитов.

С целью задания требуемой напряженности магнитного поля на рассматриваемых теплоотдающих поверхностях, а также расширения диапазона распространения магнитного поля в окрестности источника магнитного поля предпринята попытка создания магнитных систем за счет комбинации нескольких постоянных магнитов. Магниты в систему складывались с одинаковым направлением полюсов.

Для создания магнитных систем использовались постоянные магниты различной формы. Каждый кобальт-самариевый магнит прямоугольной формы имел длину, ширину и высоту соответственно $40 \times 12 \times 5$ мм (рисунок 2 а). Неодимовые магниты имели дискообразную форму диаметром 15 мм и высотой 3 мм (рисунок 2 б). Особенность магнитов такой формы в том, что они позволяют создать локальные осесимметричные магнитные поля.

Декартова система координат относительно магнитной системы выбрана следующим образом. Начало отсчета выбрано в центре магнита на его поверхности (рисунок 2). Вертикальная ось Oz и горизонтальные оси Ox и Oy в горизонтальной плоскости. Исследования магнитного поля выполнены в вертикальном направлении вдоль оси Oz , а также в горизонтальных плоскостях на различных расстояниях относительно поверхности магнита.

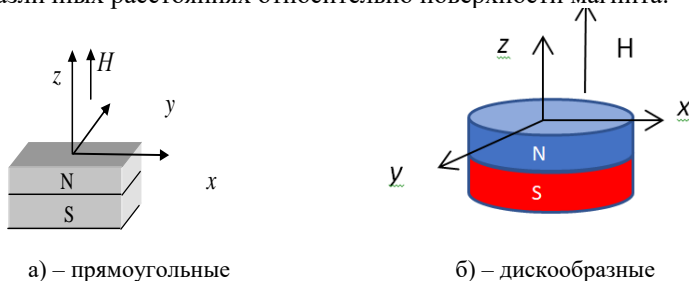
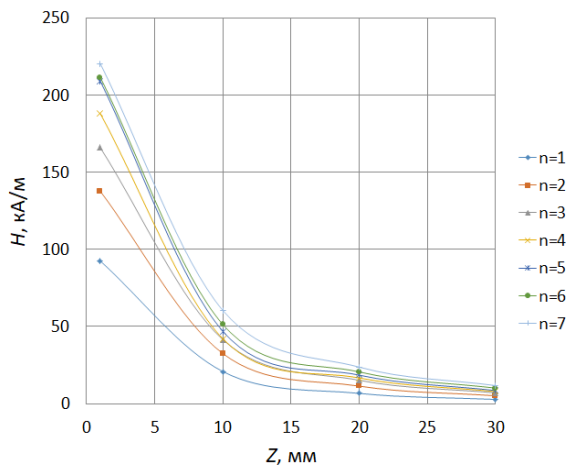


Рисунок 2. Магнитные системы из постоянных магнитов

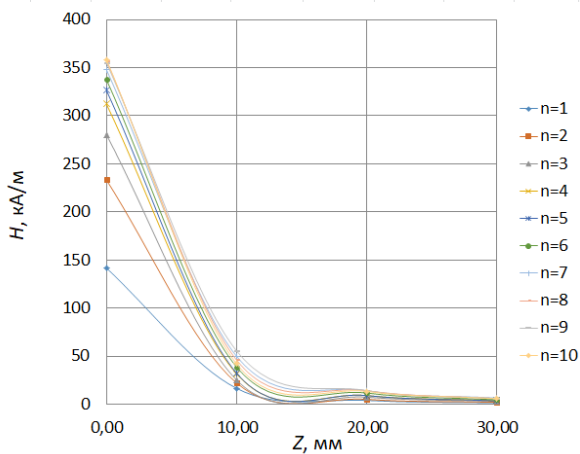
Магнитная индукция измерена миллительсаметром. Чувствительный элемент – датчик Холла. Датчик устанавливался на специальном координатном устройстве и перемещался относительно магнитной системы с помощью микрометрических винтов.

На рисунке 3 показано, как влияет число постоянных магнитов на вертикальное распределение напряженности магнитного поля.

Экспериментальные данные приведены для прямоугольных магнитов (рисунок 3а) и для дискообразных магнитов (рисунок 3б).



а)



б)

Рисунок 3 – Вертикальное распределение напряженности магнитного поля для магнитных систем. Магниты: (а) – прямоугольные; (б) – дискообразные.

Приведенные на рисунках зависимости свидетельствуют, что величина напряженности магнитного поля существенно растет вблизи магнита с увеличением числа магнитов.

Используемое число магнитов позволило увеличить напряженность магнитного поля на поверхности системы практически в два раза.

На рисунке 4 показано изменение величины напряженности магнитного поля вдоль поверхности дискообразного магнита на различных расстояниях от поверхности магнита.

Поле уменьшается незначительно в радиальном направлении, а затем происходит его резкий спад в области кромки магнита.

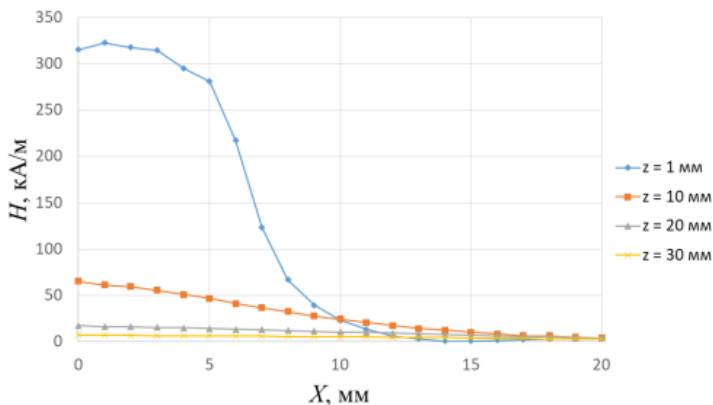
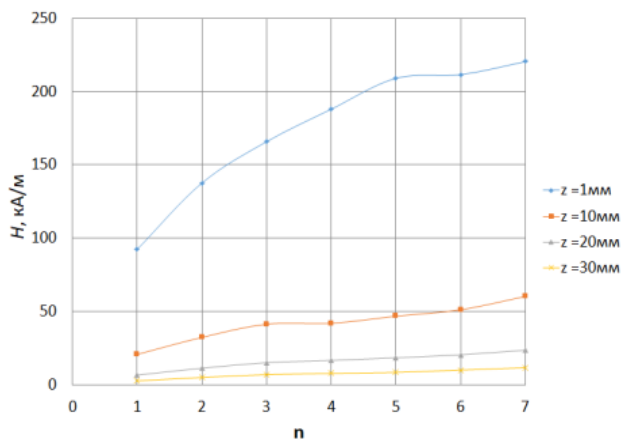
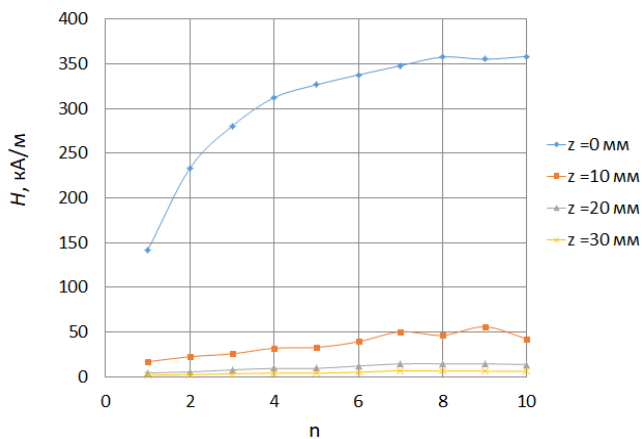


Рисунок 4 – Распределение напряженности магнитного поля вдоль плоской поверхности магнитной системы из дискообразных магнитов

На рисунке 5 показано, как влияет число магнитов на напряженность магнитного поля на различных расстояниях относительно поверхности магнитной системы. Магнитное поле существенно увеличивается при небольшом количестве магнитов.



а) – прямоугольные



б) – дискообразные

Рисунок 5. Влияние числа магнитов на напряженность поля на различных высотах

По полученным графикам можно сделать вывод, что оптимальными являются магнитные системы, включающие в себя от 2 до 7 магнитов. Дальнейшее добавление в магнитную систему большего числа магнитов приводит лишь к незначительному увеличению напряженности магнитного поля.

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что рассмотренные системы из постоянных магнитов обеспечивают увеличение напряженности магнитного поля практически в два раза. Но число магнитов в магнитной системе необходимо выбирать оптимальным. В результате может быть повышен эффект воздействия магнитного поля на теплообменные процессы в магнитожидкостных системах.

Работа выполнена в рамках Задания 2.15 Государственной программы научных исследований «Энергетические и ядерные процессы и технологии» (2021-2025 гг.).

Литература

1. Баштовой В.Г., Берковский Б.М., Вислович А.Н. Введение в термомеханику магнитных жидкостей. – М.:ИВТАН СССР, 1985. – 188с.

2. Берковский, Б.М. Магнитные жидкости /Б.М. Берковский, В.Ф.Медведев, М.С. Краков. – М.: Химия, 1989. – 240с.

3. Баштовой, В.Г. Гидродинамические аспекты магнитоуправляемого переноса тепла в магнитожидкостных системах с межфазной границей раздела сред / В.Г.Баштовой, А.Г.Рекс, А.А.Загадская //Устойчивое развитие энергетики Республики Беларусь: состояние и перспективы: сб. докл. II Междунар. научн. конф. (Минск, 3-6 окт. 2022 г.) / под ред. Т.Г.Зориной. – Минск: Беларус.навука, 2023. С. 448-452.

4. Рекс, А.Г. Влияние неоднородного магнитного поля на траекторию всплывающих пузырей в магнитной жидкости / А.Г.Рекс //21-я всероссийская с междунар. участием плесская научная конф. по нанодисперсным магнитным жидкостям (Плес, Россия, 2024): сб. научн. трудов. – Иваново 2024. – С.132-137.

5. Залетило, А.А. Форма и устойчивость локального теплопередающего магнитожидкостного покрытия на пластине / А.А. Залетило, А.Г. Рекс // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. – 2023. – Т. 13, №2. – С. 150–163.

СОСТОЯНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ХОЗЯЙСТВА ПРЕДПРИЯТИЯ ОАО «ТОРФОБРИКЕТНЫЙ ЗАВОД ДИТВА»

Кель А.А.

Научный руководитель: ст. преподаватель Янцевич И.В.
Белорусский национальный технический университет

Открытое акционерное общество «Торфобрикетный завод ДИТВА» является одним из самых крупных на территории Беларуси по добыче торфа