Межколесный стабилизатор ходовой системы колесного трактора содержит тягово-догружающее устройство 1, состоящее из гибкой тросовой силовой связи 2 (стандартного буксировочного троса с петлями), закрепленной окончанием 3 в кронштейне с крюком 4, смонтированном в технологических отверстиях рамы 5 трактора 6, обвитой вокруг оси крепления 7 поврежденного движителя 8 и установленной последующим окончанием 9 в продольной верхней тяге 10 противоположного борта задней навески 11 трактора 6, регулируемой силовым гидроцилиндром 12.

Устройство работает следующим образом: при повреждении движителя 8 оператор трактора производит монтаж тягово-догружающего устройства 1 установкой окончания 3 гибкой тросовой силовой связи 2 (стандартного буксировочного троса с петлями), в кронштейне с крюком 4, смонтированном в технологических отверстиях рамы 5 трактора 6, обвивает ось крепления 7 поврежденного движителя 8 и устанавливает последующее окончание 9 в продольной верхней тяге 10 противоположного борта задней навески 11 трактора 6, регулируемой силовым гидроцилиндром 12. Впоследствии методом вертикальной регулировки задней навески 11 гидроцилиндром 12 производит натяжение гибкой тросовой силовой связи 2 (стандартного буксировочного троса с петлями), что перераспределяет часть весовой нагрузки с поврежденного движителя 8 между другими движителями и осями в целях стабилизации ходовой системы трактора и продолжения дальнейшего движения без потерь рабочего времени на ремонт.

Использование предлагаемого устройства, на которое получен патент РФ на полезную модель, обладающего высокой надежностью, низкой себестоимостью, удобством в обслуживании и эксплуатации, при достаточно несложной конструкции и простоте изготовления межколесного стабилизатора ходовой системы колесного трактора позволит при повреждении движителя или снижении его перекатывающей способности продолжить дальнейшее движение и выполнение работ без потерь рабочего времени на ремонт, что приведет к экономии энергозатрат, увеличит производительность колесного трактора и экономический эффект от его применения в сельском хозяйстве.

1. Кузнецов Е.Е., Щитов С.В., Худовец В.И. Использование многоосных энергетических средств класса 1,4: Монография. ДальГАУ-Благовещенск, 2013.-153 с.
2. Межотраслевые укрупненные нормы времени на ремонт колесных тракторов: приняты постановлением Министерства труда Российской Федерации от 15 июня 1995 г. N 32.-1995, <http://www.alppp.ru/law/trud-i-zanjatost-naselenija/trud/17/mezhotraslevye-ukрупnennyye-normy-vremeni-na-remont-traktorov-gusenichnyh-kolesnyh-s-tjagov.html>
3. Межколесный стабилизатор ходовой системы колесного трактора / Е.Е.Кузнецов и др.//Патент на полезную модель № 167460, Заявка № № 2016112020 от 30.03.2016, зарегистрировано ФИПС 30.03.2016 г., опубл. 10.01.2017, Бюл. № 1
4. Щитов С.В. Пути повышения агротехнической проходимости колесных тракторов в технологии возделывания сельскохозяйственных культур Дальнего Востока: дис.докт.техн.наук:05.20.01:защита 20.05.09/Щитов Сергей Васильевич; ДальГАУ-Благовещенск, 2009.-325 с.

Шевцов И.В., Шаталов Н.А.

Теплообмен в тонком слое магнитной жидкости

*ГБПОУ Ставропольский колледж связи имени Героя Советского Союза В.А. Петрова
(Россия, Ставрополь)*

doi: 10.18411/sr-10-08-2017-26

idsp: 000001:sr-10-08-2017-26

Аннотация

Приведены результаты экспериментального изучения теплообмена в плоском слое магнитной жидкости при воздействии электрического поля. Показана роль пограничного слоя магнитной жидкости с повышенной концентрацией магнетита в теплообменных процессах при низких напряженностях электрического поля, установлена функциональная зависимость коэффициента теплоотдачи от напряженности поля (межэлектродного напряжения).

Ключевые слова: теплообмен, электроконвекция, коэффициент теплоотдачи, магнитная жидкость.

Современная микропроцессорная техника и техника, использующая полупроводниковые элементы работает в достаточно энергонапряженном режиме, приводящем к выделению большое количество тепла внутри полупроводниковых кристаллов. Очевидно, вопросы отвода тела во внешнюю среду приобретают весьма важное значение, по значимости сопоставимое с быстродействием, размерами и энергопотреблением устройства.

В силу указанных обстоятельств вопросы интенсификации теплообмена в устройствах современной микроэлектроники и им подобных являются весьма актуальными.

Учитывая это, в нашей лаборатории на протяжении ряда лет изучается теплообмен в жидких диэлектриках при воздействии полей, как наиболее перспективный в целях использования в современной электронной технике, где присутствуют разности потенциалов и, соответственно, электрические и магнитные поля вокруг электронных элементов. Ниже будет показано, что электрическое поле можно использовать в качестве стимулятора теплообменных процессов [8], вводя в охлаждаемые системы жидкий теплоноситель.

В качестве охлаждающей среды нами исследована магнитная жидкость (МЖ) – уникальная среда, изучаемая в течение нескольких десятилетий на предмет применения в технике [1,2].

Для исследования процессов теплообмена в МЖ нами создана экспериментальная установка с плоским нагревателем, теплоотдающей поверхностью, имеющая вид плоского конденсатора, пространство которого заполнялось МЖ. Электрическое поле в слое МЖ создавалось подведением к нагретой и теплоотдающей поверхностям постоянного напряжения. В процессоре и подобных ему сборках, электрическое поле возникает между полупроводниковым кристаллом и корпусом, внутрь которого и предполагается ввести МЖ. Об этом речь буде идти в последующих работах. Ниже будут приведены результаты определения коэффициента теплоотдачи в электрическом поле при исследованиях теплообмена на модельной установке. Тепловые измерения проведены по методике, изложенной в [3,4].

При нахождении функциональной зависимости коэффициента теплоотдачи в магнитной жидкости от напряженности постоянного электрического поля (межэлектродного напряжения) были получены результаты, представленные на рисунке 1.

Рисунок 1 - Зависимость коэффициента теплоотдачи в магнитной жидкости на основе керосина ($\epsilon = 6,3$ об. %) от квадрата межэлектродного напряжения. α_0 , α_E – коэффициенты теплоотдачи при естественной и совместном действии естественной и электрической конвекции, соответственно

Экспериментально установлено, также, что приведенная на рис. 1 зависимость сохраняется для толщин слоя от 0,2 до 5 мм, большая толщина слоя не исследовалась.

Как видно, малые межэлектродные напряжения приводят к подавлению интенсивности теплообмена. Напряженность электрического поля E^* , на которую приходится минимум коэффициента теплоотдачи сложным образом зависит от объемной концентрации магнетита с [5-7].

При увеличении напряженности электрического поля, начиная со значений E_0 , коэффициент теплоотдачи, согласно результатам, растет с увеличением напряженности E по логарифмической зависимости (рис.1), в то время как для тонких нагревателей эта зависимость степенная [5-7]:

$$\alpha = \alpha_0 + A \cdot (E - E_0)^n, \quad (1)$$

где α_0 - коэффициент теплоотдачи в условиях естественной конвекции,
 A – константа, определяемая удельным тепловым потоком,
 n - показатель степени.

В [5-7] также приводятся данные об уменьшении теплоотдачи в полях низких напряженностей для проволочных нагревателей. В этих работах отмечено, что в авиационном керосине и трансформаторном масле интенсивное подавление теплоотдачи в полях низкой напряженности наблюдалось только при расположении противоэлектрода под проволочным нагревателем и обуславливается перегруппировкой конвективных потоков.

Уменьшение коэффициента α при низких напряженностях поля можно объяснить образованием в магнитной жидкости особых приэлектродных структур. Этот вывод подтверждается также проведенными В.М. Кожевниковым, Т.Ф. Морозовой, А. Ф. Шаталовым и О.В. Малсугеновым экспериментами по изучению электрофизических свойств тонкого слоя магнитной жидкости в электрическом поле. Аналогичные структуры зафиксированы и В.В. Чекановым с сотрудниками при изучении электроотражения от слоя МЖ в электрическом поле. Такие структуры отличаются повышенной концентрацией магнетита, величиной объемного заряда, проводимостью, присутствием микрокапельных включений. Вероятно, определенную роль здесь играет электрическое и магнитное взаимодействие частиц между собой и с поверхностью электродов.

Проведем, основываясь на общих физических соображениях оценку возможности образования приэлектродного слоя, контактирующего с нагретой поверхностью с учетом температуры нагревателя порядка 130°C. Формирование устойчивого слоя произойдет при условии, что энергия теплового движения коллоидных частиц меньше их энергии, обусловленной электрическим полем:

$$k \cdot T < W_{эл}. \quad (2)$$

Примем температуру пограничного слоя равной температуре нагревателя (в опытах не более 130 град.С), величину напряженности поля равной $E_0 = 3 \cdot 10^5$ В/м, заряд частицы магнетита равным $(1 \dots 2) \cdot e$ (экспериментально подтверждается рядом работ) и обусловленным силами электростатического «изображения», а поэтому противоположным по знаку заряду ближайшего электрода.

Легко показать, что условие (2) выполняется для приэлектродного (пограничного) слоя магнитной жидкости, толщиной порядка двух микрон.

По данным В.В.Чеканова концентрация магнетита в приэлектродном слое, независимо от концентрации всего объема МЖ, при воздействии электрического поля возрастает до 25-32 об.%, в зависимости от полярности электрода. Учитывая это, определяя коэффициент теплопроводности приэлектродного слоя МЖ, а так-же принимая во внимание, что описанное зафиксировано в слабонеоднородных полях, а в нашем случае поле неоднородное из-за микрообразований на охлаждаемой поверхности, что должно еще повысить концентрацию магнетита (примерно до 40%) в слое, и, полагая, что передача тепла в нем осуществляется только теплопроводностью, находим, что температурный перепад в нем должен составлять величину, порядка 10 град.С.

По (2) определена в аналогичных условиях, толщина теплового пограничного слоя Прандтля

$$\delta_T = \delta \cdot \frac{1}{\sqrt{\text{Pr}}}, \quad (3)$$

где $\text{Pr} = \frac{c_p \cdot l}{\lambda}$ – безразмерный критерий Прандтля,

$\delta = \frac{L}{\sqrt{\text{Re}_0}}$ – динамический пограничный слой Прандтля,

L – характерный размер, в данном случае радиус самого нагревателя.

Критическое число Рейнольдса, в условиях опытов равно 1300. Величина δ_T согласно (3) составляет значение порядка 70 мкм, то есть почти на два порядка больше, толщины приэлектродных структур, образующихся под действием электрического поля. При перепаде температуры в приэлектродном слое 10 град.С, в пограничном слое перепад температуры составляет величину 70 град.С.. Приведенные рассуждения подтверждают роль приэлектродных структур в теплообмене при низких межэлектродных напряжениях.

Таким образом, из приведенного выше можно сделать следующие выводы:

1) магнитная жидкость (МЖ), обладающая высокими диэлектрическими свойствами является весьма перспективной средой для применения в качестве охлаждающего компонента элементов микроэлектроники,

2) интенсивность теплообменных процессов при электроконвекции в МЖ значительно выше (приблизительно в 2-3 раза) по сравнению с чистыми жидкими диэлектриками,

3) подавление коэффициента теплоотдачи электрическим полем в магнитной жидкости объясняется двумя факторами: формированием устойчивого приэлектродного слоя магнитной жидкости повышенной концентрации, несущего избыточный электрический заряд, противоположный по знаку, заряду ближайшего электрода; в формировании этого слоя играют основную роль силы электростатического происхождения, обусловленные гетерозарядом и перегруппировкой охлаждающих потоков.

1. Берковский Б.М., Медведев В.Ф., Краков М.С. Магнитные жидкости. - М.: Химия, 1989.- 240 с.
2. Такемоти С., Такадзуми С. Магнитные жидкости: Пер. с японского. - М.: Мир 1993.- 273 с.
3. Nesis S.E., Shatalov A.F. A new type of self-excited thermomechanical oscillation // Journal of Engineering Physics and Thermofysics/ 1991/ Т.60. № 5. С.623-625.
4. Несис Е.И., Шаталов А.Ф., Кармацкий Н.П. Зависимость коэффициента теплоотдачи от амплитуды и частоты вибраций вертикального тонкого нагревателя // Инженерно-физический журнал. 1994. Т.67. № 1-3. С.20
5. Шаталов А.Ф. Теплообмен и электроконвекция в магнитной жидкости // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. 2004 год, № 4. С. 28-30.
6. Шаталов А.Ф., Попов А.А., Кожевников В.М. Электроконвективные потоки диэлектрических жидкостей, охлаждающих тонкий нагреватель . Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 1999. № 3. С. 66.
7. Войтко Е.А., Кожевников В.М., Шаталов А.Ф., Электроконвективный перенос тепла в магнитной жидкости // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2008. Т.4. № 2. С.105-107.
8. Болога М.К., Гросу Ф.П., Кожухарь И.А. Электроконвекция и теплообмен. Кишинев: Штиинца, 1977. 320с.
9. Шаталов А.Ф., Малсугенов О.В. Электроконвективный теплообмен в круглой трубе // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки, 2002 год, № 4. С. 43-47.
10. Шаталов А.Ф., Хашченко А.А., Воротников И.Н. Влияние геометрии электродов на теплообмен при электроконвекции// Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. 2013 год, № 1(170). С. 28-32.
11. Войтко Е.А., Шаталов А.Ф. Теплообмен плоской поверхности при возникновении электроконвекции в различных системах электродов // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2008. Т.4. № 2. С.140-143.