

## ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ПУЛЬСАТОРЕ ДОИЛЬНОГО АППАРАТА ПОД ВЛИЯНИЕМ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

**Чигрин А.А. к.т.н., доцент**

*(Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. П. Василенко)*

**Мартынов В.М., д.т.н.**

*(Башкирский ГАУ)*

*В статье приведено теоретическое обоснование гидродинамических процессов, протекающих в перепускном канале гидростабилизированного пульсатора доильного аппарата под влиянием магнитного поля.*

На основании изученных разработок, в создании адаптивных машин для доения коров, в лаборатории каф. ТСТТ ХНТУСХ им. П.Василенка был разработан адаптивный доильный аппарат для коров, алгоритм работы которого предусматривает процесс доения в двух режимах: стимулирующем и номинальном., а условием для установления любого из режимов доения служит интенсивность потока молока.

Для реализации данного алгоритма работы применяется управляемый гидростабилизированный пульсатор, особенностью которого является использование ферромагнитной жидкости как рабочего тела [1].

Ферромагнитная жидкость, сохраняя все свойства жидкости, обладает способностью очень сильно взаимодействовать с магнитным полем подобно железу и никелю.

Характеристика используемой ферромагнитной жидкости – коллоидный раствор, полученный диспергированием в жидкой среде магнитных частиц ультрамикроскопического размера, покрытых поверхностно-активным веществом (ПАВ), необходимым для стабилизации дисперсной системы. Величина подобной частицы – порядка  $10^2 \text{ \AA}$  ( $1 \text{ \AA} = 10^{-7} \text{ мм}$ ) [2].

Таблица 1 – Физические свойства ферромагнитной жидкости на основе керосина при  $t=25^\circ\text{C}$ .

Намагниченность насыщения	Плотность	Кинематическая вязкость	Температура затвердевания	Температура кипения	Коэффициент поверхностного натяжения	Коэффициент теплопроводности	Объемная теплоемкость	Коэффициент термического расширения
---------------------------	-----------	-------------------------	---------------------------	---------------------	--------------------------------------	------------------------------	-----------------------	-------------------------------------

$M_{\infty}$ , кА/м	$\rho \cdot 10^{-3}$ , кг/м <sup>3</sup>	$\nu \cdot 10^{-6}$ , м <sup>2</sup> /с	$t$ , °С	$t$ , °С	$\sigma \cdot 10^3$ , Н/м	$\lambda \cdot 10^2$ , Вт/(м·К)	$c_p \cdot 10^{-6}$ , Дж/(м <sup>3</sup> ·К)	$\beta \cdot 10^4$ , К <sup>-1</sup>
15,90- 75,80	1,05- 1,25	1,3-1,6	5-8	77	28	15	1,715-1,840	9,0-8,6

Подобные ферромагнитные жидкости получили широкое распространение из-за относительной дешевизны в изготовлении и наиболее часто используются в исследовательских целях [3].

Дисперсная фаза в ферромагнитных жидкостях – это частицы ферри- или ферромагнетиков, которые относятся к сильномагнитным веществам и намагничиваются в сравнительно слабых полях  $B = (10,2 \dots 10,4)$  мТл. Как известно, в массивном ферромагнетике возникают энергетически выгодные элементарные области самопроизвольной намагниченности – домены. Домены, спонтанно намагниченные до состояния насыщения, располагаются преимущественно вдоль направлений «легкого» намагничивания. При отсутствии внешнего магнитного поля материал в целом не намагничен, так как направление магнитных моментов отдельных доменов неупорядочено [3].

Коллоидные частицы ферро- или ферримагнетиков обладают постоянным по величине магнитным моментом. Внешнее магнитное поле упорядочивает направление магнитных моментов, что ведет к появлению макроскопической намагниченности. При броуновской диффузии частиц осуществляется передача жидкой основе сил и моментов сил, действующих на частицы магнетита со стороны магнитного поля. В результате этих процессов появляются новые возможности управления гидродинамикой. Можно сказать, что среди известных дисперсных систем только в ферромагнитных жидкостях дисперсная фаза представляет активный элемент, передающий силы всей системе в целом [3].

Механизм воздействия ферромагнитной жидкости на погруженное в нее тело можно объяснить эффектом «магнитной ямы». Магнитная яма оказывает силовое воздействие на немагнитное тело, погруженное в ферромагнитную жидкость внутри канала, пытаясь стабилизировать его положение.

Магнитная яма – это неоднородное магнитное поле, имеющее минимальную индукцию в некоторой точке, называемой центром магнитной ямы.

Магнитное поле с конфигурацией магнитной ямы можно создать с помощью двух одинаковых соленоидов 6 (кольцевых проводников) с общей осью (рис. 1). Направление токов 7 в проводниках должно быть противоположным.

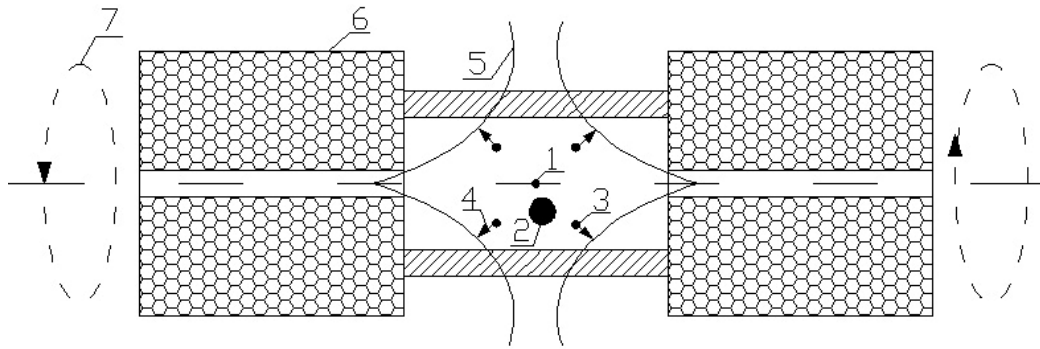


Рис. 1. Схема образования магнитных сил и их воздействия на немагнитное тело: 1 – центр магнитной ямы; 2 – немагнитное тело; 3 – ферромагнитная частица; 4 – магнитная сила; 5 – силовые линии магнитного поля; 6 – соленоид; 7 – направление тока в проводнике

Индукция магнитного поля 5 увеличивается с расстоянием от центра магнитной ямы 1 в любом направлении. В результате, на ферромагнитные частицы 3 действуют магнитные силы 4, направленные от центра ямы. Под действием этих сил частицы перемещаются, увлекая за собой окружающую их жидкую основу. Давление в ферромагнитной жидкости около центра ямы уменьшается. На тело 2 со стороны ферромагнитной жидкости начинает действовать сила от разности гидростатического давления. Если эта сила больше результирующей силы тяжести и выталкивающей силы, то тело перемещается в направлении ее действия, т.е. к центру ямы. Чем ближе к центру магнитной ямы, тем слабее сила от разности гидростатического давления. В некоторой точке, расположенной под центром ямы, сила тяжести, выталкивающая сила и сила гидростатического давления уравниваются друг друга. Немагнитное тело останавливается и остается в этой точке в положении стабильного равновесия. Таким образом, магнитная яма стабилизирует положение немагнитного тела в ферромагнитной жидкости.

Показателем эффекта стабилизации положения немагнитного тела в ферромагнитной жидкости является величина смещения.

Для достижения эффекта стабилизации необходимо, чтобы сила тока была не слишком велика и не слишком мала, чтобы смещение не превысило размеров магнитной ямы.

Вышеизложенные предположения справедливы при условии:

- магнитная яма создана внутри ферромагнитной жидкости;
- расстояние между соленоидами (кольцевыми проводниками) равно их диаметру,  $m$ ;
- плотности  $\rho_1$  (немагнитного тела) и  $\rho_2$  (ферромагнитной жидкости) должны находиться в соотношении ( $\rho_1 > \rho_2$ ).

Внешнее магнитное поле ориентирует элементарные магнитные моменты в образце, и он намагничивается. Намагниченность увеличивается пропорционально индукции поля:

$$M = \chi_0 \cdot B , \quad (1)$$

где  $\chi_0$  – коэффициент пропорциональности (начальная магнитная восприимчивость вещества), характеризующий его «податливость» процессу намагничивания.

Связь между индукцией поля и намагниченностью можно записать в виде соотношения (1) лишь при совпадении указанных величин по направлению.

Эффект магнитной ямы был использован при обосновании геометрических параметров канала гидростабилизированного пульсатора доильного аппарата. Результаты экспериментальных данных показали, что стабилизированное немагнитное тело в канале пульсатора создает оптимальную конфигурацию канала для эффективного управления режимом работы пульсатора [4].

### **Список использованных источников**

1. Пат. 2328110 RU, МПК А 01 J 5/04, А01J 5/00. Доильный аппарат // Ужик В.Ф., Науменко А.А., Чигрин А.А., Шарко В.И, Ужик О.В.; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Белгородская государственная сельскохозяйственная академия». – № 2006123401/12; заявл. 30.06.06; опубл. 10.07.2008; бюл. №.19.

2. Такетоми С. Магнитные жидкости / Такетоми С., Тикадзуми С.; [пер. с японск.]. – М.: Мир, 1993. 227 с.

3. Фертман В.Е. Магнитные жидкости: справ. пособие / Фертман В.Е. – Мн.: Высш. шк., 1988.– 184 с.

4. Чигрин А.А. Влияние геометрии канала на режим течения магнитоуправляемой жидкости в пульсаторе доильного аппарата / Чигрин А.А. // Сільськогосподарські машини: Збірник наукових статей. – Луцьк, 2007. – Вип. 15. - С. 331–337.

### **Анотація**

#### **Гідродинамічні процеси в пульсаторі доїльного апарата під впливом магнітного поля**

Чигрин О.А., Мартинов В.М.

*У статті наведено теоретичне обґрунтування гідродинамічних процесів, що протікають в перепускному каналі гідростабілізованого пульсатора доїльного апарата під впливом магнітного поля.*

### **Abstract**

#### **Hydrodynamic processes in the pulsator of milking machine with the active magnetic field**

A. Chygryn, V. Martynov

*The article gives a theoretical basis of hydrodynamic processes in the bypass channel of the hydrostabilized pulsator of a milking machine with the active magnetic field.*