

УДК 621.81

## ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ МАГНИТОРЕОЛОГИЧЕСКОГО УПЛОТНЕНИЯ

А. Джораев, М. Аннаев, К. Гелдиев

*Государственный энергетический институт Туркменистана, г. Мары*

В технологических агрегатах возникает необходимость уплотнения между подвижными и неподвижными частями: корпусом и валом, который может совершать вращательное или другие движения. Для этого используются уплотняющие устройства [1], [3]. В уплотнениях лабиринтного типа рабочая среда герметизируется за счет дросселирования ее при движении через последовательно расположенные сужения [2], [4]. Как и щелевые уплотнения, они не обеспечивают полной герметичности.

Магнитожидкостное уплотнение (МЖУ) – это механическое уплотнение, в котором роль уплотняющего элемента выполняет магнитная жидкость. МЖУ, изначально разработанные под космические проекты, позже нашли свое применение в радиоэлектронной и авиационной промышленности. Магнитожидкостные уплотнения используют в технологическом оборудовании для передачи вращательного движения при одновременной герметизации путем физического барьера в форме магнитной жидкости. Магнитная жидкость удерживается на месте с помощью постоянного магнита. Это уплотнение обладает значительными преимуществами перед контактными и бесконтактными уплотнениями: они работают без обслуживания и при очень небольшом натекании. МЖУ для промышленности чаще всего устанавливают во вводы вращения, которые состоят из центрального вала, шарикоподшипников и наружного корпуса. Шарикоподшипники выполняют две важные функции: центрируют вал в зазоре уплотнения и держат внешние нагрузки. Подшипники – это единственные изнашиваемые механические детали ввода вращения. Так как уплотняющая среда – это жидкость, поэтому практически отсутствует трение между вращающимися и стационарными деталями, так что уплотнение не изнашивается. Срок службы и межремонтные циклы МЖУ очень длительны, а момент трения очень низок. Наиболее типичным является уплотнение вводов вращения вакуумного технологического оборудования.

Надежность и высокий уровень герметичности МЖУ делает их все более популярными для процессов с высокими требованиями к стерильности. В МЖУ используется ферромагнитная жидкость. Ферромагнитная жидкость – это жидкость, сильно поляризуемая в присутствии магнитного поля. Ферромагнитные жидкости представляют собой коллоидные системы, состоящие из ферромагнитных, также и ферримагнитных частиц нанометровых размеров (размер 10 нм или меньше) магнетита, гематита или другого материала, содержащего железо, взвешенных в несущей жидкости. Они достаточно малы, чтобы тепловое движение распределило их равномерно по несущей жидкости, чтобы они давали вклад в реакцию жидкости в целом на магнитное поле. Для обеспечения устойчивости такой жидкости ферромагнитные частицы связываются с поверхностно-активным веществом (ПАВ), образующим защитную оболочку вокруг частиц и препятствующем их слипанию из-за Ван-дер-Ваальсовых или магнитных сил.

Термин «магнитоологическая жидкость» относится к ферромагнитным жидкостям с микрометровыми размерами частиц (на 1–3 порядка больше). Частицы магнитоологической жидкости слишком тяжелы, чтобы броуновское движение поддерживало их во взвешенном состоянии, и поэтому со временем оседают из-за

## 46 Секция 1. Современные технологии проектирования в машиностроении

естественной разности в плотности частиц и несущей жидкости. Как следствие, у этих двух типов жидкостей разные области применения.

Магнитореологические жидкости используются для создания жидких уплотнительных устройств вокруг вращающихся осей. Вращающаяся ось окружена магнитом, в зазор между магнитом и осью помещено небольшое количество магнитореологической жидкости, которая удерживается притяжением магнита. Магнитореологическая жидкость способна снижать трение. Нанесенная на поверхность достаточно сильного магнита, она позволяет магниту скользить по гладкой поверхности с минимальным сопротивлением.

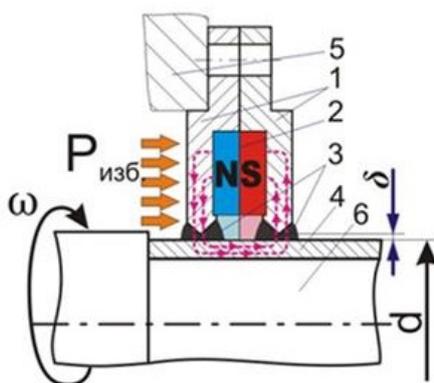


Рис. 1. Схема экспериментальной установки:

1 – корпус МЖУ; 2 – постоянные магниты; 3 – магнитореологическая жидкость; 4 – защитная втулка; 5 – корпус оборудования; 6 – вал оборудования

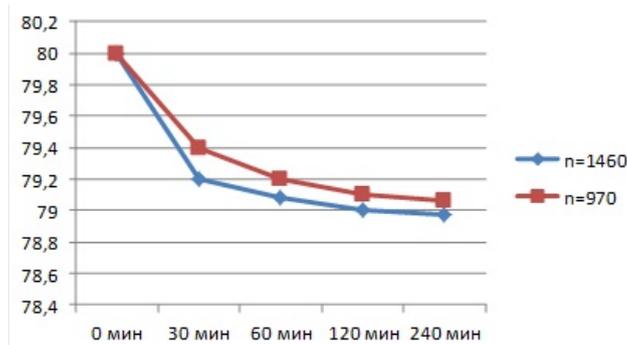


Рис. 2. Зависимость удержания перепада давления (вакуума)  $P_{изб}$ , кПа, от времени  $T$ , мин, при МЖУ с магнитореологической жидкостью, состоящую из ферромагнитного материала: феррита марки 400НН с размерами частиц 50–100 мкм, несущей жидкости этиленгликол

В работе мы использовали магнитореологическую жидкость, состоящую из ферромагнитного материала: феррит марки 400НН и 600НН, используемый в качестве сердечника катушек индуктивности в радиоэлектронных устройствах, с размерами частиц 0–50 мкм и 50–100 мкм. В качестве несущей жидкости использовали этиленгликол и глицерин.

## Секция 1. Современные технологии проектирования в машиностроении 47

---

Опытная установка (рис. 1) является одноступенчатым МЖУ с магнитоологической жидкостью. Для удержания больших давлений необходимо последовательно установить несколько ступеней МЖУ. Для испытания создали перепад давления (вакуум)  $P_{\text{изб}}$  80 кПа. Диаметр защитной втулки в опытной установке  $d = 22,26$  мм. Она изготовлена из стали марки 40Х механической обработкой и с последующей термической обработкой. После этого поверхность втулки обработали шлифованием, поверхность становилась достаточно гладкой. В ходе эксперимента скорость вращения втулки изменяли ступенчато,  $n_1 = 970$  об/мин и  $n_2 = 1460$  об/мин. Также в ходе эксперимента сохранили постоянным значение зазора  $\delta = 20$  мкм между втулкой и дисками, являющимися полюсами постоянного магнита. При этом наблюдали зависимость удержания избыточного давления (вакуума)  $P_{\text{изб}}$  от времени  $T$  (рис. 2).

### Литература

1. Дунаев, П. Ф. Конструирование узлов и деталей машин / П. Ф. Дунаев. – М. : Высш. шк., 2005.
2. Иванов, М. Н. Детали машин / М. Н. Иванов. – М. : Высш. шк., 2001.
3. Спицын, Н. А. Опоры осей и валов машин и приборов / Н. А. Спицын. – СПб. : Машиностроение, 2010.
4. Биргер, И. А. Детали машин. Расчет и конструирование : справочник / И. А. Биргер. – М. : Машиностроение, 2008.
5. Чернавский, С. А. Курсовое проектирование деталей машин / С. А. Чернавский. – Изд. 2. – М., 2005.
6. Мархель, И. И. Детали машин / И. И. Мархель. – М., 2011.