

МАГНИТОЖИДКОСТНЫЕ УПЛОТНЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ

*Белорусский национальный технический университет,
Минск, Республика Беларусь*

Магнитожидкостные уплотнения (МЖУ) являются одними из наиболее перспективных устройств уплотнительной техники. Настоящая работа посвящена изучению свойств магнитных жидкостей (МЖ) и перспектив использования МЖУ в машиностроении.

Введение:

- Магнитная жидкость обеспечивает реализацию магнитного управления работой многих технических устройств и технологических процессов.

- Под действием магнитного поля магнитная жидкость может изменять свои магнитные, оптические, электрические и теплофизические свойства.

- Основные характеристики МЖ:

- Намагниченность насыщения — до 120 кА/м.

- Вязкость — от 0,001 до 1 Па с.

- Плотность — от 950 до 1800 кг/м³.

- Рабочая температура — определяется температурой кипения жидкости-носителя [1].

Одним из наиболее распространенных применений магнитных жидкостей является использование в магнитожидкостных уплотнениях.

- Основной областью приложения МЖУ является герметизация вращающихся валов при передаче движения в камеры с различным давлением, поэтому абсолютное большинство исследований ведется в этом направлении.

- Принцип МЖУ прост: в зазоре между корпусом и вращающимся или совершающим возвратно-поступательное движение валом создается магнитное поле высокой неоднородности, которое и удерживает в зазоре МЖ (рис.1).

- Технические характеристики МЖУ:

- Уплотняемые среды — вакуум, воздух, водяной пар, биологически активные среды,

- инертные газы.

- Линейные скорости вращения вала — до 45 м/с.

- Рабочие температуры — от -5 до +80 °С.

- Перепад давления для газозвудушных сред — до $8 \cdot 10^5$ Па.

- Степень разрежения для вакуумных систем — до $1,33 \cdot 10^{-5}$ Па.

— Ресурс непрерывной работы — не менее 5000 час. при температуре окружающей среды до 50 °С, [1].

• МЖУ, рабочим элементом которых является магнитная жидкость, удерживаемая в заданном положении магнитным полем, обладают рядом преимуществ перед распространенными контактными и бесконтактными уплотнениями: работают в широком диапазоне скоростей вращения вала, обладают высоким ресурсом эксплуатации, характеризуются низкими потерями на трение и высокой степенью герметизации.

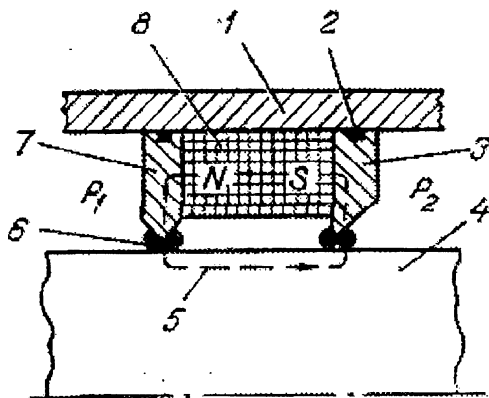


Рис. 1. Принципиальная схема магнитожидкостного уплотнения и его рабочего зазора: 1 — корпус; 2 — уплотнительное кольцо; 3, 7 — полюса с асимметричным и симметричным профилем; 4 — вал; 5 — направление магнитного потока; 6 — магнитная жидкость в уплотняемом рабочем зазоре; 8 — магнит [6]

• Область применения МЖУ:

— Машиностроение.

— Теплоэнергетика.

— Вакуумная и космическая техника.

— Химическая и нефтехимическая промышленность.

• Основными достоинствами МЖУ являются:

— Простота конструкции.

— Высокое качество герметизации.

— Низкий момент трения.

— Отсутствие контактного давления.

— Отсутствие износа вала [2].

Задачи исследования:

При увеличении окружных скоростей вращения вала на технические характеристики МЖУ влияет ряд факторов. Во-первых, при скоростях сдви-

га в кольцевом слое жидкости порядка 10^4с^{-1} исключается возможность образования коагуляционных структур, которые, как показали эксперименты [3], определяют критический перепад давления при небольших линейных скоростях вала. Во-вторых, вследствие перераспределения давления из-за центробежных эффектов, изменяется напряженное состояние внутри жидкостной пробки, что может привести к искривлению свободной поверхности слоя и уменьшению рабочего перепада давления [4]. В-третьих, наблюдается разогрев, вызванный вязкой диссипацией.

Последний фактор может ограничить область применения МЖУ [6] по следующим причинам:

- с увеличением температуры интенсифицируется испарение магнитной жидкости, что снижает срок надежной работы МЖУ;
- рост температуры магнитной жидкости способствует десорбции поверхностно-активного вещества с дисперсных твердых частиц магнитного материала, в результате чего возможна их коагуляция, особенно при остановке вала;
- увеличение диссипативного тепловыделения свидетельствует о росте момента трения с увеличением скорости вращения вала [4,5], что, в конечном счете, снижает эффективность передачи момента.

Перечисленные факторы свидетельствуют, что для расширения области применения МЖУ необходимо исследование тепловых режимов МЖУ, которое включает в себя, во-первых, определение абсолютных величин тепловыделения в объеме магнитной жидкости в зазоре МЖУ и, во-вторых, разработку способов отвода тепла из рабочей зоны.

Заключение:

До сих пор нет полной картины гидродинамических и тепловых процессов в уплотнительных системах. Отсутствуют зависимости тепловыделений в уплотнениях от геометрии конструктивных элементов, характера движения и свойств жидкости. Дальнейшие исследования будут посвящены устранению этих пробелов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Самойлов В. Б., Рахуба В. К., Ферромагнитная жидкость в магнитожидкостном уплотнении. — в сб.: Конвекция и волны в жидкостях. Минск : ИТМО АН БССР, 1977, с.133-138.
2. Орлов Л. П., Фертман В. Е., Магнитожидкостные уплотнения вращающихся валов. — Минск, 1979, с.13-16, (Препринт № 8/ ИТМО АН БССР).
3. Орлов Д. В., Разоренова И.Е., Сизов А. П., Исследование движения ферромагнитной жидкости в кольцевом зазоре при наличии радиального магнитного поля. — В кн.: Сборник материалов к VI Таллинскому совещанию

по электромагнитным расходомерам и электромеханике жидких проводников. Таллин, 1973, с. 79-85.

4. Орлов Л. П., Полевиков В. К., Фертман В. Е., К расчету критического перепада давления в динамическом режиме работы магнитоожидкостного уплотнения. — В кн.: Девятое Рижское совещание по магнитной гидродинамике. Рига, 1978, № 3, с. 145.

5. Baily R. L., Hands B.A., Vokins I.M. A rotating shaft seal using magnetic fluid — some experiences. — In: Proc. 7th Int. Conf. Fluid Seal, Nottingham, 1975, Cranfield, 1976, A5/85 — A5/94.

6. Краков М. С., Самойлов В. Б., Рахуба В. К., Чернобай В.А., Исследование теплового режима магнитоожидкостных уплотнений — Инженерно-физический журнал, 1981. Июль, ТОМ XLI, № 1, с. 99-104.

УДК 537

Ахраменко Н.А., Булавко Л.М.

О ПРИМЕНЕНИИ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЙ ТЕОРЕМЫ ГАУССА ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНО-РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ЗАРЯДОВ

*Белорусский государственный университет транспорта,
Гомель, Республика Беларусь*

Рассмотрены возможности применения электростатической теоремы Гаусса для определения напряженности электрического поля поверхностно-распределенных зарядов в курсе общей физики. Приведены некоторые важные случаи ее практического применения.

В курсе общей физики существенное место занимает теорема Остроградского-Гаусса для потока вектора напряженности электростатического поля в вакууме. Она позволяет во многих случаях облегчить расчет электрических полей, создаваемых системой зарядов. Особенно удобно ее использовать для системы зарядов, обладающих симметрией [1-7].

Эта теорема имеет следующую формулировку: поток вектора напряженности электростатического поля в вакууме сквозь произвольную замкнутую поверхность равен отношению алгебраической суммы электрических зарядов, охватываемых этой поверхностью, к электрической постоянной:

$$\oint_S \vec{E} d\vec{S} = \frac{q_{\text{охв}}}{\epsilon_0},$$

где ϵ_0 — электрическая постоянная.