

УДК 621.311

## МАГНИТНЫЕ ПОДШИПНИКИ В ТУРБОДЕТАНДЕРНЫХ УСТАНОВКАХ

Ковалев В.М.

Научный руководитель – старший преподаватель Зеленин Д.С.

Турбодетандерная установка представляет собой лопаточную турбинную машину с непрерывным действием. С помощью турбодетандера производится расширение газа с целью его дальнейшего охлаждения. Освобожденная энергия позволяет совершать полезную внешнюю работу. Турбодетандер осуществляет низкотемпературную обработку газа в промышленных установках, принимают непосредственное участие в сжижении газа и разделении многокомпонентных газовых смесей.

В настоящее время в энергетике все большее распространение получили турбодетандерные установки. Как к любому энергетическому оборудованию к ним предъявляется требование надежности. Одним из способов повышения надежности ТДУ является применение магнитных подшипников.

Магнитный подшипник, как и остальные механизмы подшипниковой группы, служит опорой для вращающегося вала. Но в отличие от распространенных подшипников качения и подшипников скольжения соединение с валом является механически бесконтактным, то есть используется принцип левитации.

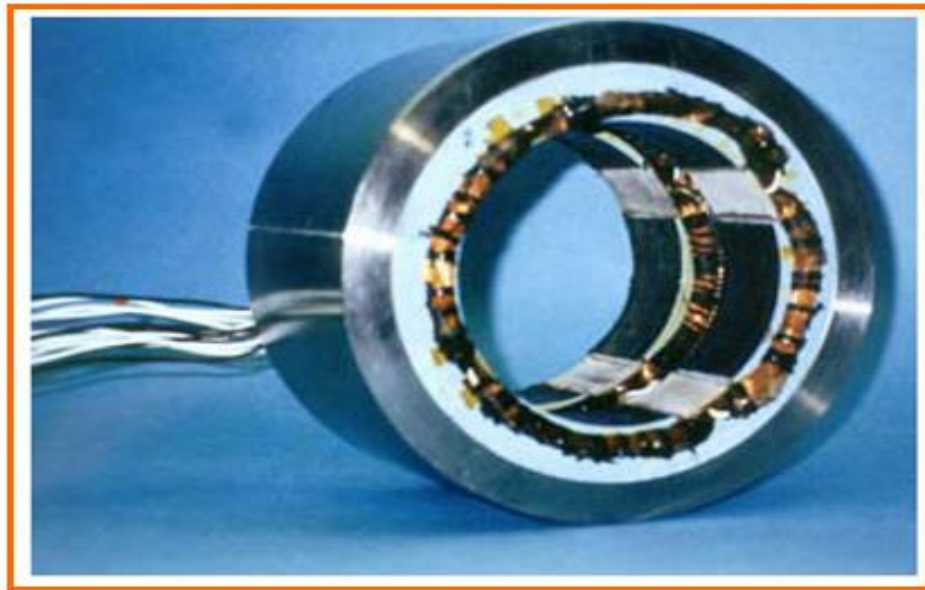


Рисунок 1. Магнитный подвес

### Классификация и принцип работы.

Используя принцип левитации, вращающийся вал буквально парит в мощном магнитном поле. Контролировать движение вала и координировать работу магнитной установки позволяет сложная система датчиков, которая постоянно отслеживает состояние системы и подает необходимые управляющие сигналы, меняя силу притяжения с той или иной стороны.

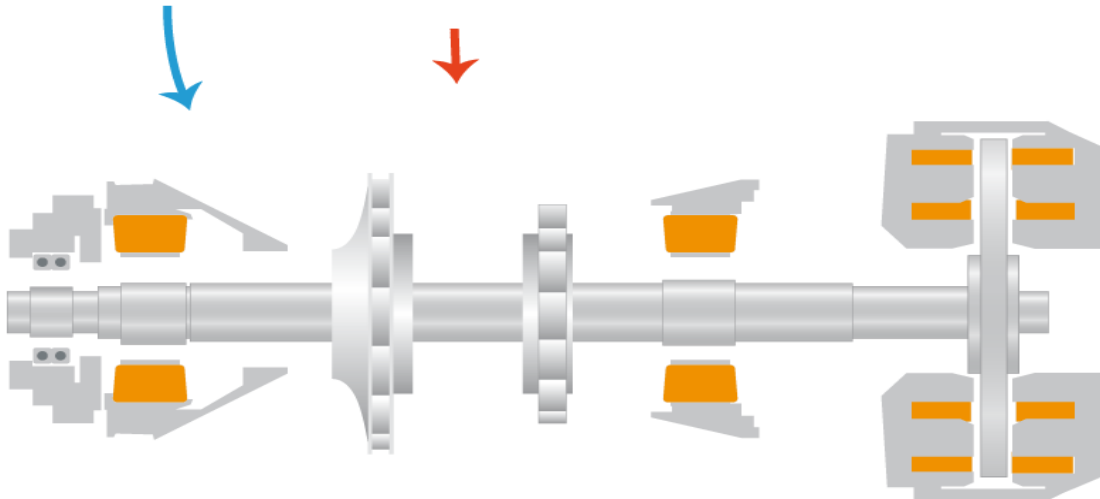


Рисунок 2. Принцип работы

Магнитные подшипники делятся на две большие группы – активные и пассивные. Более подробно об устройстве каждого типа подшипника.

#### **Активные магнитные подшипники.**

Также их называют активными магнитными подвесами. Как упоминалось, состоят они из двух частей – непосредственно сам подшипник, а также электронная система управления магнитным полем.

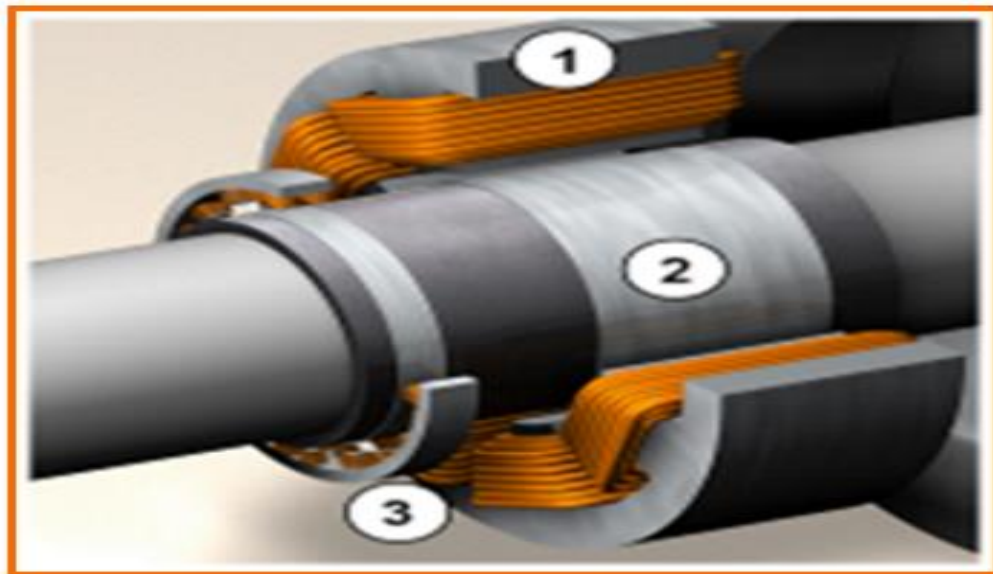


Рисунок 3. Устройство активного магнитного подвеса  
1, 3 – силовые катушки; 2 — вал

Различают радиальные и упорные механизмы (по типу воспринимаемой нагрузки), но принцип работы у них один и тот же. Используется специальный ротор (обычный вал не подойдет), модифицированный ферромагнитными блоками. Этот ротор «висит» в магнитном поле, создаваемом электромагнитными катушками, которые находятся на статоре, то есть вокруг вала на 360 градусов, образуя кольцо.

Между ротором и статором образуется воздушный зазор, что позволяет деталям вращаться с минимальным трением.

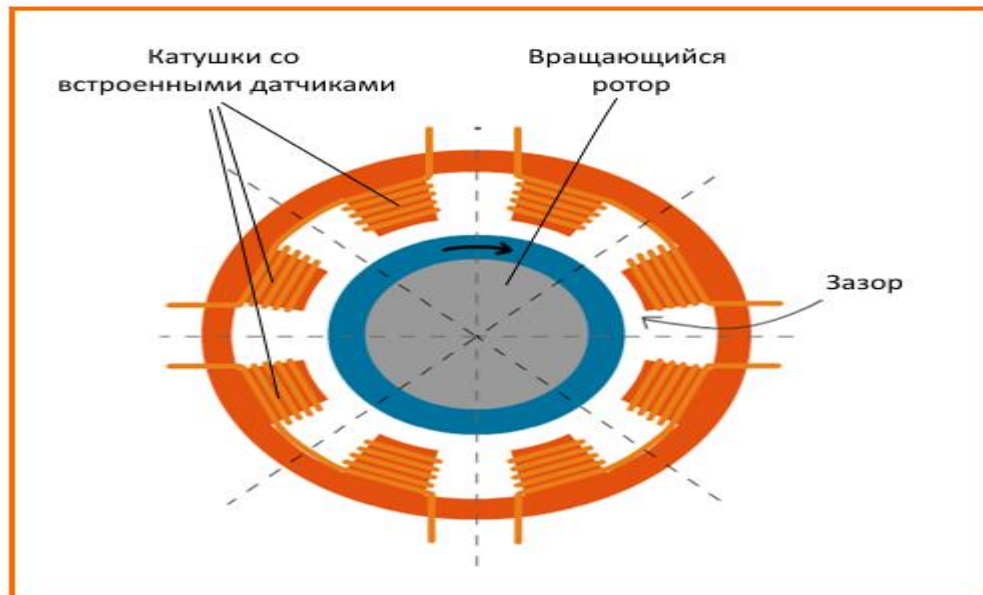


Рисунок 4. Система в разрезе

Изображенным механизмом управляет специальная электронная система, которая с помощью датчиков постоянно отслеживает положение ротора относительно катушек и при малейшем его смещении подает управляющий ток на соответствующую катушку. Это позволяет поддерживать ротор в одном и том же положении.

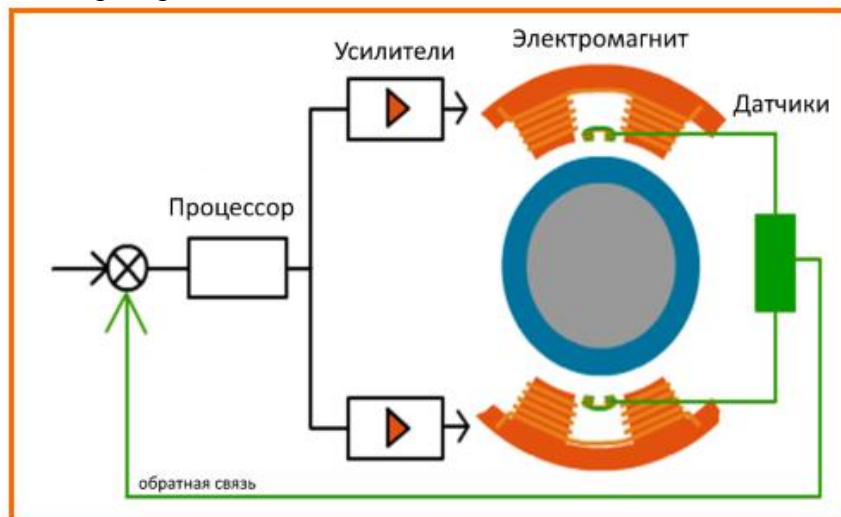


Рисунок 5. Устройство электронной системы управления

### Пассивные магнитные подшипники.

Активные магнитные подвесы достаточно широко используются в промышленности, в то время как пассивные системы еще находятся в стадии разработки и испытаний. Как вытекает из названия, ключевым отличием является отсутствие активных элементов, то есть используются постоянные магниты. Но система из нескольких постоянных магнитов очень неустойчива, поэтому практическое применение подобных систем пока под вопросом. На схеме ниже условно представлен принцип работы пассивных механических подвесов.

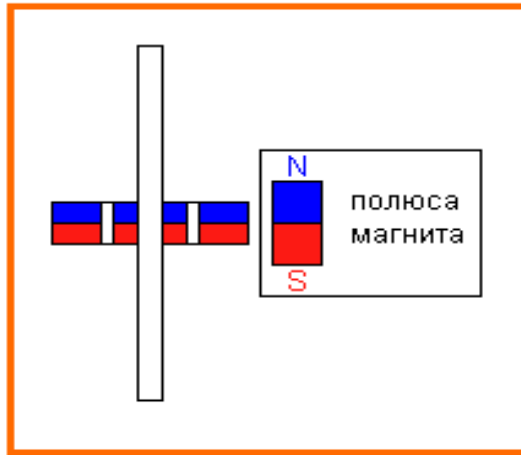


Рисунок 6. Пассивный МП

Ротор оснащен постоянным магнитом так же, как и статор, расположенный кольцом вокруг ротора. Одноименные полюса расположены рядом в радиальном направлении, что создает эффект левитации вала. Подобную систему можно даже собрать своими руками.

#### **Преимущества.**

Разумеется, основным преимуществом является отсутствие механического взаимодействия между вращающимся ротором и статором (кольцом).

Из этого следует, что подобные подшипники очень долговечны, то есть обладают повышенной износостойкостью. Также конструкция механизма позволяет использовать его в агрессивных средах – повышенная/пониженная температура, агрессивная воздушная среда. Поэтому МП находят все большее применение в космической промышленности.

#### **Недостатки.**

К сожалению, система обладает и большим количеством недостатков. К ним относятся:

- Сложность управления активными подвесами. Необходима сложная, дорогостоящая электронная система управления подвесом. Ее использование может быть оправдано только в «дорогих» отраслях – космической и военной.

- Необходимость использования страховочных подшипников. Резкое отключение электричества или выход из строя магнитной катушки может привести к катастрофическим последствиям для всей механической системы. Поэтому для страховки совместно с магнитными используют и механические подшипники. В случае отказа основных, они смогут взять на себя нагрузки и избежать серьезной поломки.

- Нагрев обмотки катушек. Вследствие прохождения тока, создающего магнитное поле, обмотка катушек нагревается, что зачастую является неблагоприятным фактором. Поэтому необходимо использовать специальные охлаждающие установки, что еще больше увеличивает стоимость использования подвеса.

#### **Области применения.**

Возможность работы при любых температурах, в условиях вакуума и отсутствия смазки позволяет использовать подвесы в космической промышленности, в станках нефтеперерабатывающей промышленности. Также они нашли свое применение в газовых центрифугах для обогащения урана. Различные электростанции также используют магнитные подвесы в своих генерирующих установках.

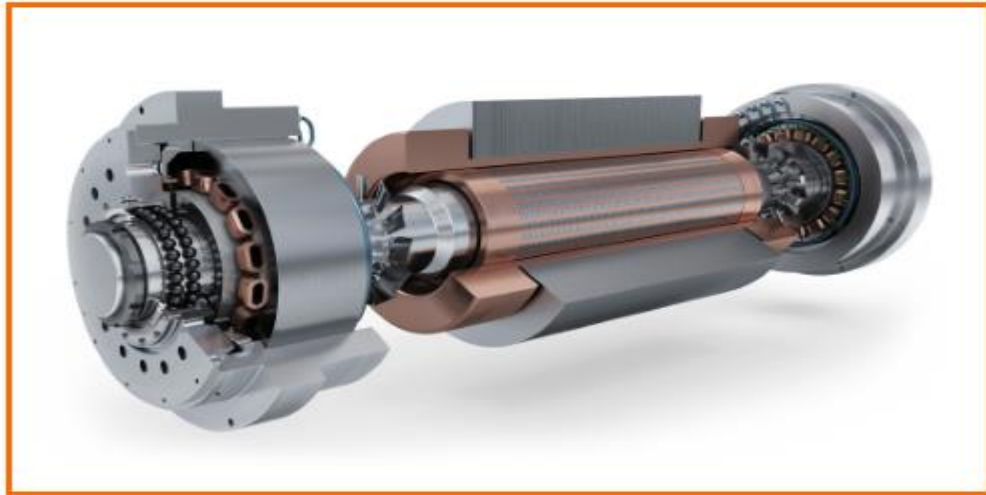


Рисунок 7. Турбодетандеры с магнитными подшипниками

Значительный технологический прорыв произошел в 1989 году, когда компания Maf-Trench впервые встроила магнитные подшипники S2M в турбодетандер для углеводородов. Теперь турбодетандеры с магнитными подшипниками считаются обычной практикой для определенных условий применения.

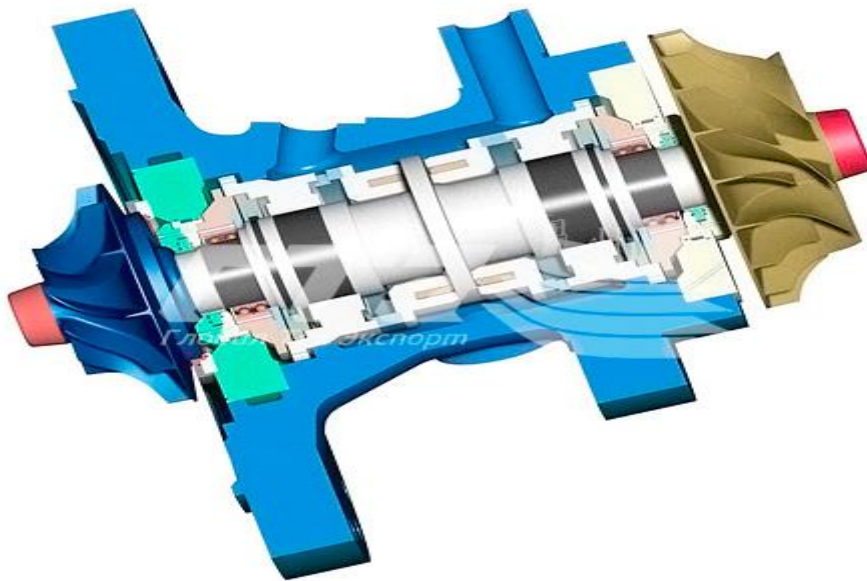


Рисунок 8. Магнитные подшипники: разрез модуля  
Магнитный радиальный подшипник

Применение магнитных подшипников в турбодетандерах для углеводородов имеет некоторые особенности. В турбодетандерах - турбинах, в которых газ под высоким давлением используется для отделения более тяжелых фракций и приведения в действие компрессора - подшипники находятся в постоянном и непосредственном контакте с газом. Более того, рабочая среда агрессивная, что может привести к преждевременному износу и отказу оборудования. В ответ на эту проблему, магнитные подшипники предлагают более надежное решение без использования масла для высокоскоростных турбодетандеров природного газа. Имеется разные производители подшипников западные и российского производства. Например, в комплект магнитных подшипников SKF S2M входят два радиальных подвеса (диаметра 150 мм на валу) со встроенными датчиками и вспомогательными (страховочными) шарикоподшипниками, а также один упорный подвес, рассчитанный на высокие осевые нагрузки. Электромагнитные подшипники исключают

использование смазочного масла и, таким образом, полностью исключают загрязнение газа. На поставляемых ЭМП применено специальное коррозионностойкое покрытие, что позволяет эксплуатацию в агрессивных, кислых средах. Отсутствие механического контакта означает отсутствие износа узлов и, как следствие, ЭМП практически не требуют техобслуживания. Магнитные подшипники SKF S2M также позволяют проводить диагностику и мониторинг оборудования, регистрируя данные о виброперемещениях, температуре и частоте вращения вала с помощью встроенных датчиков. Заметим, что на масляном оборудовании требуется дополнительная установка датчиков вибродиагностики.

#### Литература

1. Степанец, А.А. Энергосберегающие Турбодетандерные Установки / А.А. Степанец. - Москва: Недра, 1999 .
2. ПодшипникЦентр.ЕУ [Электронный ресурс]. –Режим доступа: [http:// www.podshipnikcentr.ru/](http://www.podshipnikcentr.ru/). – Дата доступа: 16.07.2005.
3. "Группа ГМС" [Электронный ресурс]: Инженерные решения для управления потоками [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.compressormash.ru/>. – Дата доступа: 16.07.2005.