

УДК 62-762.62

**РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ
КОМБИНИРОВАННОГО
МАГНИТОЖИДКОСТНОГО УПЛОТНЕНИЯ
ДЛЯ ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАШИН**

**DEVELOPMENT OF THE DESIGN
OF THE COMBINED
MAGNET-LIQUID SEAL
FOR BEARING UNITS OF TEXTILE MACHINES**

А.П. СИЗОВ, А.В. ТОПОРОВ, Д.Ю. ПАЛИН, Е.А. ТОПОРОВА

A.P. SIZOV, A.V. TOPOROV, D.YU. PALIN, E.A. TOPOROVA

**(Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Ивановский государственный политехнический университет)**

**(Ivanovo Fire and Rescue Academy of State Fire Service of EMERCOM of Russia,
Ivanovo State Polytechnical University)**

E-mail: ironaxe@mail.ru; evatopor@mail.ru

В текстильной промышленности используется широкий спектр оборудования, предназначенного для выполнения различных технологических операций. В соответствии с технологией обработки тканей некоторые узлы технологических машин подвержены воздействию повышенной влажности, высоких температур и химических веществ. Такие тяжелые условия эксплуатации негативно сказываются на долговечности механизмов, в частности, опор валов. Улучшение рабочих характеристик уплотнительных устройств подшипников, повышение их безотказности и долговечности – один из путей увеличения надежности и долговечности текстильных машин и оборудования. В статье приведены результаты испытаний комбинированных магнитожидкостных уплотнений опор валов отделочной линии.

In the textile industry wide range of equipment designed to perform various technological operations uses. In accordance with the technology of fabrics processing, some components of technological machines are exposed to high humidity, high temperatures and chemicals. Such hard operating conditions affect the durability of mechanisms, and in particular the shaft bearings. Improving the performances of bearings sealing devices, improving their reliability and durability - one of the ways to improve the reliability and long operating life of textile machinery and equipment. The article presents the results of tests of shaft bearings combined magnetic-fluid seals of the fabrics finishing processing line.

Ключевые слова: магнитная жидкость, уплотнение, трение, магнитное поле.

Keywords: magnetic fluid, seal, friction, magnetic field.

При изготовлении тканей в текстильной промышленности используется различное технологическое оборудование, например, отделочное. Валы отделочных машин часто имеют высокую температуру, которая определяется технологией производства. К таким машинам можно отнести барабанные сушилки, в которых температура рабочих органов достигает 250°C [1]. Следовательно, для обеспечения надежной работы опорно-уплотнительных узлов таких машин необходимо использовать высокотемпературные смазки. Однако опыт эксплуатации сушилки отделочной линии производства компании "Amdes" при использовании консистентной смазки опорных узлов показал низкую долговечность подшипников качения. Это привело к частым простоям оборудования и высоким экономическим потерям из-за большого расхода смазки, высоких затрат на ремонт оборудования, малой

долговечности опорно-уплотнительного узла и связанных с этим частых замен подшипников.

С целью решения указанных проблем было принято решение использовать магнито-жидкостные электромеханические устройства, обладающие рядом уникальных свойств по герметизирующей способности и малыми собственными потерями на трение [2], [3].

На основании этого перспективным является использование магнитной жидкости для смазки уплотнительных и подшипниковых узлов текстильных машин.

Для предварительной проверки смазочных свойств магнитной жидкости был разработан и изготовлен испытательный стенд, представленный на рис. 1, (где: 1 – корпус; 2 – вал; 3 – манжета; 4 – основание; 5, 6 – полюсные приставки; 7 – постоянный магнит).

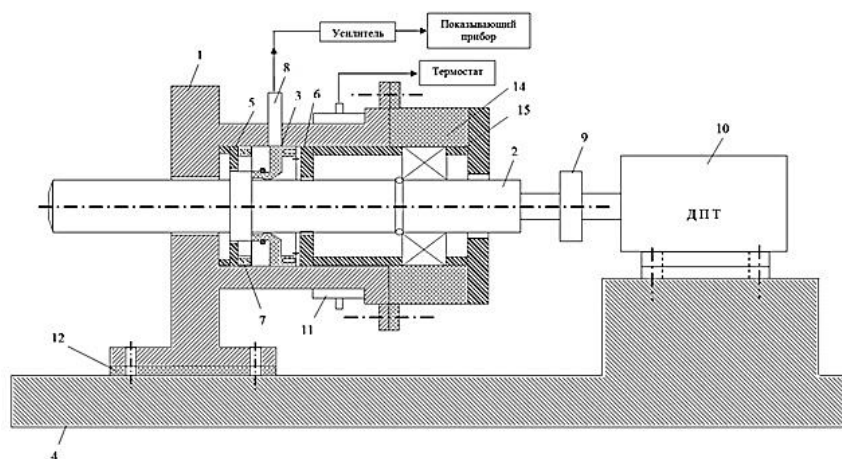


Рис. 1

Стенд состоит из корпуса 1, в который помещено исследуемое уплотнение, предназначенное для герметизации вала 2. Корпус установлен на основании 4. Исследуемое уплотнение состояло из манжеты 3 и магнито-жидкостного уплотнения, включающего в себя полюсные приставки 5, 6 и постоянный магнит 7.

На внешней части манжеты 3 размещен пьезодатчик 8, фиксирующий биения манжеты, появляющиеся при ее износе. Сигнал с пьезодатчика поступает на усилительное устройство и показывающий прибор. На валу 2 установлен датчик частоты вращения 9. Во вращение вал 2 приводится с помощью двигателя постоянного тока 10. На

корпус 1 устанавливалась термостатирующая камера 11, подключаемая к термостату, с помощью которого поддерживалась заданная температура подшипников корпуса. С целью уменьшения тепловых потерь между корпусом 1 и основанием 4 помещена теплоизоляция 12, а корпус подшипника 14 выполнен из теплоизоляционного материала.

В ходе экспериментов применялась магнитная жидкость на кремнийорганической основе типа ПЭС-5 [2], в качестве поверхностно-активного вещества использовалась олеиновая кислота. Магнетит использовался в качестве магнитного наполнителя и входил в состав готовой магнитной жидкости. Для смазки подшипника использовалась консистентная смазка ЦИАТИМ-221. В результате испытаний разработанного уплотнительного устройства при температуре 180°C, установлено, что датчик, фиксирующий биение манжеты, показывал на протяжении 200 ч постоянную величину сигнала, что свидетельствовало об отсутствии износа рабочего элемента манжетного уплотнения. В ходе исследований процесса работы уплотнения значительные биения вала, говорящие об износе манжеты, стали фиксироваться при росте температуры выше 250°C, что являлось свидетельством потери магнитной жидкостью смазочных свойств.

В патентной и технической литературе содержатся сведения по различным вариантам конструкций магнитожидкостных уплотнений, совмещенных с манжетными уплотнениями [4...6]. Все конструктивные варианты объединяют один общий признак – магнитная система, в зависимости от типа манжетного уплотнения, способствует формированию конфигурации магнитного поля, чтобы магнитная жидкость проникла в зазор между валом и рабочей кромкой манжеты [7], [8].

Основываясь на результатах проведенных исследований и анализе существующих комбинированных манжетных - магнитожидкостных уплотнений, была разработана и внедрена конструкция опорно-уплотнительного узла отделочной машины [9]. Эксплуатация предложенных опорно-уплот-

нительных узлов при температуре +180°C показала, что ресурс используемых подшипников качения увеличился в 5...6 раз.

Учитывая данные, полученные в результате предварительных испытаний и опытной эксплуатации уплотнений, была предложена усовершенствованная конструкция опорно-уплотнительного узла [10].

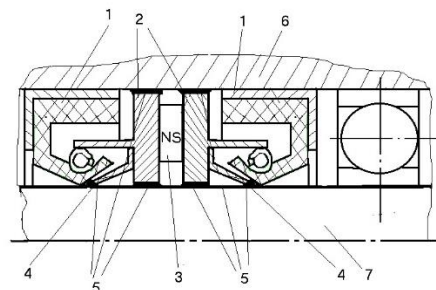


Рис. 2

Чтобы обеспечить концентрацию магнитной жидкости в области трения рабочей кромки манжеты с валом, в конструкцию магнитной системы были внесены некоторые изменения. К магнитной системе уплотнения (рис. 2 – комбинированное магнитожидкостное уплотнение: 1 – манжеты, 2 – основные полюсные приставки, 3 – постоянный магнит, 4 – дополнительные полюсные приставки, 5 – магнитная жидкость, 6 – корпус, 7 – вал), состоящей из постоянного магнита 3 и двух основных полюсных приставок 2, были добавлены дополнительные полюсные приставки 4 (рис. 2), которые устанавливались таким образом, чтобы обеспечить замыкание части магнитного потока в непосредственной близости от трущихся рабочих кромок манжет 1. В этом случае можно ожидать, что магнитная жидкость 5 будет концентрироваться как в рабочих зазорах между основными полюсными приставками, корпусом 6 и валом 7, так и в области трения манжет и вала.

В результате проведенного при помощи метода конечных элементов магнитного расчета данной конструкции была получена картина магнитного поля и кривая распределения магнитной индукции по поверхности вала (рис. 3 – картина магнитного поля (а) и кривая распределения магнитной индукции по поверхности вала (б)).

Как видно из рис. 3, при данной конфигурации магнитной системы под рабочей кромкой манжетного уплотнения создается область концентрации магнитных силовых линий. Величина индукции в этой области

составляет порядка 0,17 Тл, что достаточно для удерживания магнитной жидкости и обеспечения надежной смазки рабочей кромки манжеты [6], [11].

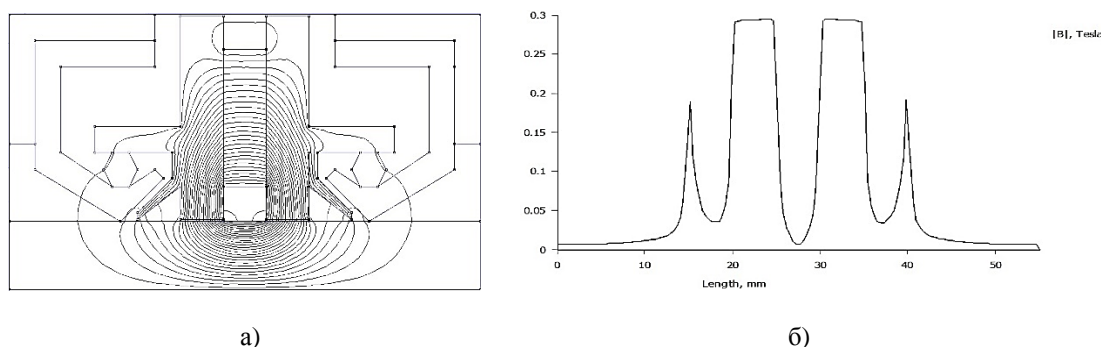


Рис. 3

В дальнейшем была предпринята попытка использовать магнитную жидкость не только для смазки трущихся элементов манжеты, но и непосредственно подшипника. Испытания подшипника качения с магнитожидкостной смазкой на технологическом оборудовании текстильного производства показали, что такая смазка работала несколько часов и подшипники выходили из строя вследствие их заклинивания. Визуальный осмотр показал, что заклинивание возникало в результате расслоения магнитной жидкости на вершинах тел качения подшипников. Как показали расчеты [5], магнитная индукция в этой области достигает аномально высоких значений (порядка 0,7 Тл, при величине индукции в рабочем зазоре уплотнения порядка 0,24 Тл). Попытка использовать магнитную жидкость для смазки подшипников не привела к положительному результату.

ВЫВОДЫ

Таким образом, на основании проведенных исследований установлено, что наиболее рациональным решением проблемы уплотнения подшипниковых узлов текстильных машин, работающих в диапазоне температур до 250°C, является использование сочетания манжет и магнитожидкостного уплотнения. Уплотнительный узел, состоящий из магнитожидкостного уплот-

нения и манжет, препятствует вытеканию из подшипника размягчившейся пластичной смазки при нагревании ее до рабочих температур. В то же время манжеты не дают магнитной жидкости проникать в область тел качения подшипника, тем самым предотвращая их заклинивание. Дополнительные полюсные приставки обеспечивают удержание используемой в качестве смазки магнитной жидкости в области трения рабочего элемента манжеты с валом.

Указанные конструктивные особенности позволили добиться высокой долговечности работы опорно-уплотнительного узла шлифовальной машины.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Сторожев В.В.* Машины и аппараты легкой промышленности. – М.: Издательский центр "Академия", 2010.
2. *Орлов Д.В., Михалёв Ю.О., Мышкин Н.К. и др.* Магнитные жидкости в машиностроении / Под общ. ред. Д.В. Орлова, В.В. Подгоркова. – М.: Машиностроение, 1993.
3. *Сайкин М.С.* Магнитожидкостные герметизаторы технологического оборудования. – СПб.: Издво "Лань", 2017.
4. *Поletaев В.А., Топоров А.В., Покровский А.А., Зарубин В.П.* Разработка новых конструкций комбинированных магнитожидкостных уплотнений // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2017, №1. С. 30...33.
5. *Топоров А.В.* Разработка комбинированных магнитожидкостных уплотнений и исследование их трибологических характеристик: Дис....канд. техн. наук. – Иваново, 2000.

6. *Топоров А.В., Кротова Н.А., Колобов М.Ю.* Исследование влияния магнитной жидкости на трение эластомерного материала по металлу // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. – 2017, № 2 (50). С. 86...90.

7. *Hiroki Manabe, Shota Yabui, Hideyuki Inoue, Tsuyoshi Inoue.* Development of Experimental Active Magnetic Bearing Device for Measurement of Mechanical Seal Reaction Force Acting on Rotor // ASME 2018 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference Volume 6: 14th International Conference on Multibody Systems, Nonlinear Dynamics, and Control Quebec City, Quebec. Canada, August 26–29, 2018.

8. Zhili Zhang Email authorNannan DiHanghang Cheng Decai Li The Research on Magnetic Fluid Shaft Sealing for Chemical Reactor Advances in Mechanical Design Proceedings of the 2017 International Conference on Mechanical Design (ICMD2017).

9. Патент на изобретение RU (11) 2 047 031 (13) C1 27. Опорно-уплотнительный узел магнитного вала / Сизов А.П., Подгорков В.В., Румянцев Н.Н., Смирнов Н.А., Петров А.В. 10.1995.

10. Патент на полезную модель RU (11) 22 518 (13) U. Топоров А.В., Сизов А.П., Смирнов Н.А., Виноградов Е.А., Серов Ю.П., Подгорков В.В. Комбинированное магнитоэластомерное манжетное уплотнение 10.04.2002 Бюл. № 10.

11. *Топоров А.В., Кротова Н.А., Колобов М.Ю.* Исследование влияния магнитных материалов на магнитные характеристики комбинированных уплотнений // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. – 2018, № 2 (54). С.92...97.

REFERENCES

1. Storozhev V.V. Mashiny i apparaty legkoy promyshlennosti. – М.: Izdatel'skiy tsentr "Akademiya", 2010.

2. Orlov D.V., Mikhalev Yu.O., Myshkin N.K. i dr. Magnitnye zhidkosti v mashinostroenii / Pod obshch. red. D.V. Orlova, V.V. Podgorkova. – М.: Mashinostroenie, 1993.

3. Saykin M.S. Magnitozhidkostnye germetizatory tekhnologicheskogo oborudovaniya. – SPb.: Izd-vo "Lan", 2017.

4. Poletaev V.A., Toporov A.V., Pokrovskiy A.A., Zarubin V.P. Razrabotka novykh konstruktivnykh kombinirovannykh magnitozhidkostnykh uplotneniy // Sbornik v mashinostroenii, priborostroenii. – 2017, №1. S.30...33.

5. Toporov A.V. Razrabotka kombinirovannykh magnitozhidkostnykh uplotneniy i issledovanie ikh tribologicheskikh kharakteristik: Dis....kand. tekhn. nauk. – Ivanovo, 2000.

6. Toporov A.V., Kropotova N.A., Kolobov M.Yu. Issledovanie vliyaniya magnitnoy zhidkosti na trenie elastomernogo materiala po metallu // Sovremennye naukoemkie tekhnologii. Regional'noe prilozhenie. – 2017, № 2 (50). S. 86...90.

7. Hiroki Manabe, Shota Yabui, Hideyuki Inoue, Tsuyoshi Inoue. Development of Experimental Active Magnetic Bearing Device for Measurement of Mechanical Seal Reaction Force Acting on Rotor // ASME 2018 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference Volume 6: 14th International Conference on Multibody Systems, Nonlinear Dynamics, and Control Quebec City, Quebec. Canada, August 26–29, 2018.

8. Zhili Zhang Email authorNannan DiHanghang Cheng Decai Li The Research on Magnetic Fluid Shaft Sealing for Chemical Reactor Advances in Mechanical Design Proceedings of the 2017 International Conference on Mechanical Design (ICMD2017).

9. Patent na izobretenie RU (11) 2 047 031 (13) C1 27. Oporno-uplotnitel'nyy uzal magnitnogo vala / Sizov A.P., Podgorkov V.V., Rummyantsev N.N., Smirnov N.A., Petrov A.V. 10.1995.

10. Patent na poleznyuyu model' RU (11) 22 518 (13) U. Toporov A.V., Sizov A.P., Smirnov N.A., Vиноградов Е.А., Серов Ю.П., Подгорков В.В. Комбинированное магнитоэластомерное манжетное уплотнение 10.04.2002 Бюл. № 10.

11. Toporov A.V., Kropotova N.A., Kolobov M.Yu. Issledovanie vliyaniya magnitnykh materialov na magnitnye kharakteristiki kombinirovannykh uplotneniy // Sovremennye naukoemkie tekhnologii. Regional'noe prilozhenie. – 2018, № 2 (54). S. 92...97.

Рекомендована кафедрой механики, ремонта и деталей машин ИПСА. Поступила 11.10.19.