

Создание высокоскоростного и высоконагруженного автономного подшипника жидкостного трения с охлаждением и циркулирующей смазки в слое

© А.А. Хабаров

Открытое акционерное общество «Производственное объединение
«Северное машиностроительное предприятие»,
Архангельская область, г. Северодвинск, 164500, Россия

Рассмотрена возможность применения подшипников с автономной смазкой вместо подшипников жидкостного трения с циркуляционной смазкой. Проанализирован способ создания внутренней циркуляции смазки в смазочном слое высокоскоростных автономных подшипников. Представлены результаты гидродинамического и теплового расчетов таких подшипников. Обоснована необходимость и предложен способ создания насосного эффекта в смазочном слое автономного опорного подшипника.

Ключевые слова: *высокоскоростной подшипник, автономный подшипник, жидкостное трение, внутренняя циркуляция смазки, автономная смазка.*

Основным элементом, определяющим живучесть судна, являются подшипники скольжения валопроводов. Изначально все подшипники скольжения имели циркуляционную систему смазки, в которой масло подводилось под давлением от напорной магистрали. Системы циркуляционной смазки с масляными насосами, системы с фильтрами и маслоохладителями громоздки, сложны в обслуживании и пожароопасны [1, 2]. Эти недостатки были устранены в подшипниках скольжения с автономной системой смазки, в которых масло заливается в подшипник и подается к трущимся поверхностям за счет внутренней циркуляции без применения насоса, масляных цистерн, трубопроводов. Автономность смазки, отсутствие вспомогательных систем и контактных уплотнений, незначительный объем работ по обслуживанию подшипников в процессе эксплуатации обеспечивает высокую экономичность. Особая надежность подшипников определяется стабильностью гидродинамической смазки, что исключает износ трущихся частей.

Целью работы является создание подшипника с охлаждением и циркулирующей смазки внутри слоя, с окружной скоростью на шейке вала до 30 м/с. До настоящего времени в мировой практике автономные подшипники с водяным или воздушным охлаждением применялись только до окружных скоростей на шейках валов не более 15 м/с.

В подшипнике скольжения с автономной системой смазки смазочный слой образуется в пространстве стабильной клиновидной формы между неподвижной рабочей поверхностью и сопрягаемой рабочей поверхностью вращающегося вала [3]. Жидкость в качестве смазки

затягивается при вращении вала силами вязкостного трения в напорную часть слоя, где образуется повышенное давление жидкости, в сумме равное нагрузке от вала, которое препятствует непосредственному соприкосновению указанных поверхностей. Таким образом, создает гидродинамический смазочный слой.

Разработанные конструкции новых подшипников имеют циркуляцию смазки внутри вкладыша. Принцип действия заключается в том, что основная масса смазки не сливается в картер, а циркулирует в смазочном слое: после прохождения через зону нагружения масло через боковые канавки снова возвращается в нагруженную часть смазочного слоя.

В ходе создания подшипников разработана методика, позволяющая рассчитывать минимальную толщину смазочного слоя, угол, определяющий положение минимальной толщины смазочного слоя, давление в произвольной точке, момент сопротивления вращению, мощность теплообразования подшипников с дугой охвата 180° и центральной вертикальной нагрузкой на вкладыш.

Определим исходные значения: опорная нагрузка подшипника 117 кН, рабочая ширина вкладыша подшипника 365 мм, частота вращения вала 297 об/мин, диаметр шейки вала 399,943 мм, диаметр вкладыша 400,52 мм, плотность масла при 15°C — 905 кг/м^3 , коэффициент объемного расширения масла $6,32 \cdot 10^{-4}\text{ град}^{-1}$, динамическая вязкость масла при температуре 20°C — 271 МПа·с, при температуре 80°C — 12 МПа·с.

Установлено, что для средней температуры в смазочном слое 80°C минимальная толщина смазочного слоя равна 30 мкм; разница средних температур масла на входе и выходе из масляного клина составляет $3,3^\circ\text{C}$; мощность теплообразования равна 1,62 кВт; объем масла, поступающего в клин, 408 мл/с; объем масла, выходящего из клина через сечение минимальной толщины слоя, 125 мл/с; объем масла, выходящего из клина циркуляционной канавки, равен 283 мл/с. Данные подтверждают образование в подшипнике эффективной внутренней циркуляции смазки, при которой смазка, попав в смазочный слой, снова туда возвращается, охлаждаясь непосредственно в самом слое.

Один из методов создания автономного подшипника — использовать часть смазочного слоя в функции циркуляционного масляного насоса. Смазочный слой автономного опорного подшипника на протяжении 360° длины имеет различное функциональное назначение: напорный (несущий) слой, слой с внутренней циркуляцией, вакуумный слой и свободный (насосный) слой. Благодаря перепаду давлений в подшипнике-насосе происходит прокачка смазки через маслоохладитель, охлаждаемый воздухом.

Подшипник выполняет функцию циркуляционного насоса, используя насосный эффект в свободной части смазочного слоя. При

обычной циркуляционной смазке нагретая в напорной части слоя смазка, прокачиваемая через выходную границу в вакуумную и далее в свободную часть смазочного слоя, перемешивается со свежей циркуляционной смазкой и повышает ее температуру. В подшипнике-насосе нагретая в напорной части слоя смазка подается в маслоохладитель, благодаря чему температура напорной части не повышается.

Подшипники с автономной системой смазки были испытаны на стенде, в результате чего установлено, что они удовлетворяют всем предъявляемым требованиям. Образец испытываемого подшипника имеет диаметр вала 115 мм, несет радиальную нагрузку 5 кН (500 кг) и осевую 3 кН (300 кг) при частоте вращения вала 3 000 об/мин. Параметры подшипника соответствуют подшипнику насоса магистрального агрегата НМ 10000-210 нефтеперекачивающей станции.

Таким образом, создан высокоскоростной и высоконагруженный автономный подшипник жидкостного трения с охлаждением и циркуляцией смазки в слое, который имеет существенное преимущество по сравнению с существующими подшипниками, подтвержденное расчетами и результатами испытаний.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Альпин А.Я., Воронцов Е.Ю., Кокотков Н.И., Хабаров А.А. Внутренняя циркуляция в смазочном слое — самый простой и эффективный способ маслоснабжения автономных подшипников жидкостного трения. *Судостроение*, 2014, № 2, с. 46–48.
- [2] Хабаров А.А., Альпин А.Я., Кокотков Н.И. О возможности исключения громоздких и пожароопасных судовых систем циркуляционной смазки подшипников жидкостного трения. *Судостроение*, 2012, № 5, с. 34–35.
- [3] Хабаров А.А., Кокотков Н.И., Альпин А.Я. О необходимости и способе создания насосного эффекта в смазочном слое автономного опорного подшипника-насоса. *Судостроение*, 2014, № 6, с. 32–34.

Статья поступила 12.10.2015

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Хабаров А.А. Создание высокоскоростного и высоконагруженного автономного подшипника жидкостного трения с охлаждением и циркуляцией смазки в слое. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2015, вып. 11.

URL: <http://engjournal.ru/catalog/mesc/msds/1446.html>

Статья подготовлена по материалам доклада, представленного на Восьмой всероссийской конференции молодых ученых и специалистов «Будущее машиностроения России», Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана, 23–26 сентября 2015 г.

Хабаров Антон Анатольевич — инженер-конструктор 2-й категории Проектно-конструкторского бюро «Севмаш» АО «ПО «Севмаш», аспирант Института судостроения и морской арктической техники Северного арктического федерального университета по направлению «Судовые энергетические установки и их элементы: главные и вспомогательные». Область научной деятельности: изучение теории смазки и исследование процессов в подшипниках скольжения. Работа посвящена созданию высокоскоростных автономных подшипников скольжения.
e-mail: anton_sevsk@mail.ru

Creating a high-speed and high-loaded autonomous liquid-friction bearing with cooling and lubrication circulation in the layer

© A.A. Khabarov

JSC “PO ‘Sevmash’”, Severodvinsk, 164500, Russia

The article considers a possibility of usage of bearings with autonomous lubrication instead of liquid-friction bearings with a circulating lubrication. It analyses a method of creating internal circulation of lubrication in the lubricating layer of autonomous high-speed bearings. The results of the hydrodynamic and thermal calculations of bearings are given. We substantiate the necessity and provide a method for creating a pumping effect in the lubricating layer of autonomous thrust bearing.

Keywords: *high-speed bearings, autonomous bearing, liquid friction, internal circulation of lubrication, autonomous lubrication.*

REFERENCES

- [1] Alpin A.Ya., Vorontsov E.Yu., Kokotkov N.I., Khabarov A.A. *Sudostroenie — Shipbuilding*, 2014, no. 2, pp. 46–48.
- [2] Khabarov A.A., Alpin A.Ya., Kokotkov N.I. *Sudostroenie — Shipbuilding*, 2012, no. 5, pp. 34–35.
- [3] Khabarov A.A., Kokotkov N.I., Alpin A.Ya. *Sudostroenie — Shipbuilding*, 2014, no. 6, pp. 32–34.

Khabarov A.A., an design engineer of the 2nd category at JSC “PO ‘Sevmash’”, post-graduate student of NARFU. Research activity includes study of lubrication theory, investigation of the processes in plain bearing. e-mail: anton_sevsk@mail.ru