

УДК 621.515.62-10

**Я. З. Гузельбаев, А. В. Андрианов, А. М. Ахметзянов,
И. Р. Шайхутдинов**

КОНСТРУКТОРСКАЯ ПРОРАБОТКА РЯДА РАДИАЛЬНЫХ И РАДИАЛЬНО-ОСЕВЫХ КОМБИНИРОВАННЫХ ПОДШИПНИКОВ С ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ РАЗГРУЗКОЙ

Ключевые слова: подшипник, разгрузка, электромагнитный.

В результате научной и конструкторской проработки ряда радиальных и радиально-осевых комбинированных подшипников с электромагнитной разгрузкой были определены исходные требования к типоразмерному ряду комбинированных подшипников центробежных компрессоров, разработаны методики и алгоритмы расчета устройств электромагнитной разгрузки, на основе которых произведен их расчет для типоразмерных рядов радиальных и радиально-осевых комбинированных подшипников, предложены оригинальные конструкции радиальных и радиально-осевых подшипников на основе шарикоподшипников с электромагнитной разгрузкой, обладающие высокими расчетными показателями долговечности и малыми потерями мощности на трение.

Key words: bearing, load - relief, electromagnetic.

As a result of scientific and development study of radial and radial-axial combined bearings with magnetic load-relief, the initial requirements for the standard size series of combined bearings for centrifugal compressors have been determined, methods and algorithms for working out design of magnetic load-relief devices have been developed, the calculations for radial and radial-axial type combined bearings' standard series being made on their basis, special designs have been proposed of radial and radial-axial type bearings on the basis of ball bearings with magnetic load-relief, having high design durability and low losses of power by friction.

В центробежных компрессорах статическая нагрузка на подшипниковые опоры может достигать значительных величин, что приводит к необходимости применения дорогостоящих подшипников скольжения со сложными системами маслоснабжения или еще более дорогостоящих систем активного магнитного подвеса ротора.

Применение комбинированных подшипников на основе механических подшипников с электромагнитной разгрузкой позволяет существенно уменьшить величину динамических и статических нагрузок на механические опоры, что дает возможность:

- расширить выбор необходимых для проектируемой машины механических подшипников из стандартного ряда (подшипников скольжения или качения);
- уменьшить износ и увеличить долговечность механических подшипников;
- существенно уменьшить стоимость узлов подшипников за счет исключения циркуляционной системы маслоснабжения.

Конструкции комбинированных подшипников могут предусматривать встроенный блок управления для регулирования силы разгрузки, в них не требуется подключения внешних источников электроэнергии. Возможны модификации подшипников с датчиком положения ротора, что дает возможность организации встроенной системы вибромониторинга ротора компрессора.

Принцип работы комбинированного радиального подшипника с электромагнитной разгрузкой представлен на конструктивной схеме, приведенной на рисунке 1. В общем случае подшипник

содержит механический подшипник (например, шарикоподшипник) и устройство электромагнитной разгрузки (УЭМР).

УЭМР представляет собой электромагнит, обеспечивающий разгрузку подшипника качения, обмотка которого получает электропитание от встроенного электрогенератора. Электромагнит и электрогенератор объединены электрически и конструктивно в одно функциональное устройство.

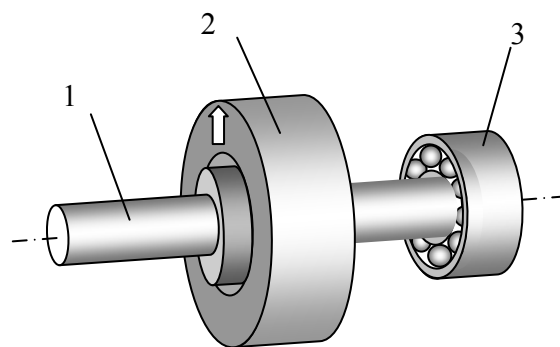


Рис. 1 - Конструктивная схема комбинированного подшипника: 1- ротор; 2- устройство электромагнитной разгрузки; 3- шарикоподшипник

При вращении ротора происходит самовозбуждение электрогенератора, и электромагнит создает в определенном направлении силу, приложенную к ротору, тем самым, разгружая подшипник качения. При необходимости статорная часть УЭМР

заливается компаундом и представляет собой сплошной диск, не имеющий электрических выводов.

Выбор подшипников качения производства фирмы «SKF» для комбинированных подшипников не является обязательным. В данной работе выбраны шарикоподшипники фирмы «SKF» по следующим причинам:

- фирма «SKF» является крупнейшим мировым производителем, в том числе подшипников качения очень большой номенклатуры, подходящих для применения в центробежных компрессорах;

- каталог фирмы «SKF» (Catalogue 6000EN, November 2005) [7] содержит полную информацию как по типам и характеристикам подшипников качения, так и по современным методам выбора и расчета характеристик подшипников с учетом условий их применения.

Принятые конструктивные компоновки радиальных и радиально-осевых подшипниковых опор (двух вариантов) с электромагнитной разгрузкой приведены на рисунках 2–3.

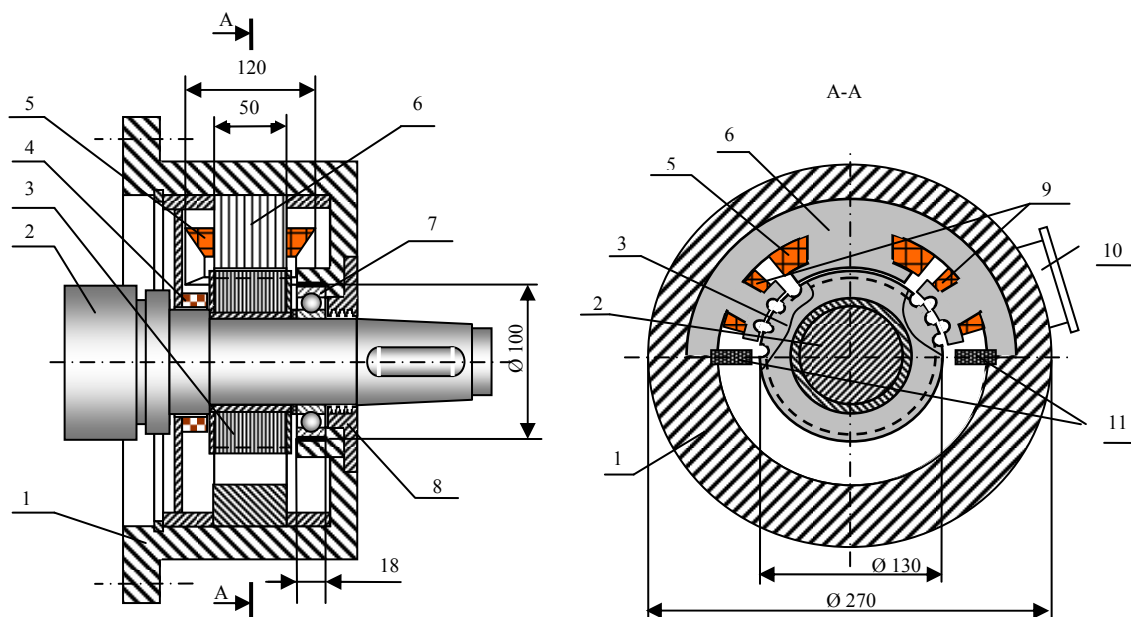


Рис. 2 - Компоновка радиального подшипника первого типа: 1 – корпус подшипника; 2 – вал компрессора; 3 – ротор устройства электромагнитной разгрузки (УЭМР); 4 – датчик положения вала компрессора; 5 – обмотка возбуждения статора УЭМР; 6 – магнитопровод статора УЭМР; 7 – шарикоподшипник; 8 – лабиринтная втулка; 9 – генераторные обмотки; 10 – коробка для электрорадиоэлементов; 11 – постоянные магниты

В результате проведенных работ по конструкторской проработки ряда радиальных и радиально-осевых комбинированных подшипников с электромагнитной разгрузкой:

- определены исходные требования к типоразмерному ряду комбинированных подшипников центробежных компрессоров, разрабатываемых в ЗАО «НИИ турбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа»;

- осуществлен выбор шарикоподшипников, используемых в конструкциях радиальных и радиально-осевых комбинированных подшипников центробежных компрессоров;

- для применения в качестве механической опоры радиальных подшипников с электромагнитной разгрузкой предложена и проработана специальная конструкция роликового подшипника на основе шарикоподшипников;

- осуществлен расчет долговечности и мощности потерь в шарикоподшипниках;

- приведено описание конструкции и принципа действия устройств электромагнитной разгрузки;

- разработаны методики и алгоритмы расчета устройств электромагнитной разгрузки, на основе которых произведен их расчет для типоразмерных рядов радиальных и радиально-осевых комбинированных подшипников;

- разработаны и приведены групповые чертежи общего вида ряда радиальных и ряда радиально-осевых комбинированных подшипников с электромагнитной разгрузкой.

В результате конструкторской проработки предложены оригинальные конструкции радиальных и радиально-осевых подшипников на основе шарикоподшипников с электромагнитной разгрузкой, обладающие высокими расчетными показателями долговечности и малыми потерями мощности на трение.

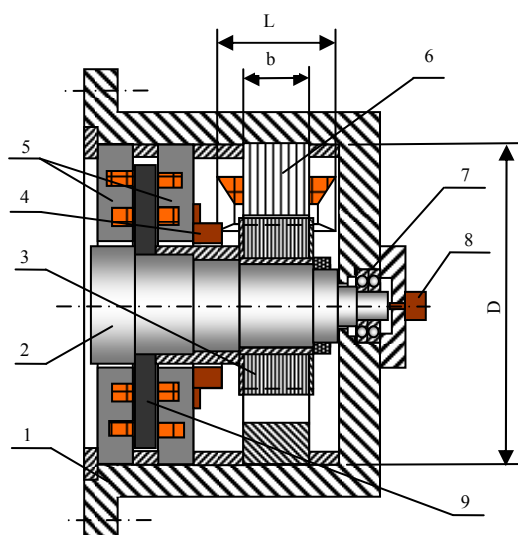


Рис. 3 - Компоновка радиально-осевого подшипника с двухсторонней разгрузкой: 1 – корпус подшипника; 2 – вал компрессора; 3 – ротор устройства радиальной разгрузки; 4 – датчик радиального положения вала компрессора; 5 – электромагниты осевой разгрузки ротора; 6 – статор устройства электромагнитной разгрузки; 7 – радиально-осевой шарикоподшипник; 8 – датчик осевого положения ротора; 9 – упорный гребень осевой разгрузки

Предложенные комбинированные подшипники могут иметь встроенную систему непрерывного вибромониторинга, не требуют внешних источников электропитания, т.е. являются энергонезависимыми.

Применение предложенных комбинированных подшипников в центробежных компрессорах позволит упростить конструкцию компрессорных установок за счет исключения циркуляционных систем маслоснабжения, т.е. повысить эксплуатационную надежность компрессора.

Предложенные ряды радиальных и радиально-осевых комбинированных подшипников с электромагнитной разгрузкой для центробежных компрессоров могут стать альтернативой существующим подшипникам скольжения как более дешёвые и имеющие больший ресурс.

Литература

1. Гузельбаев Я.З. Методы экспериментального определения границы помпажа центробежных компрессоров с электромагнитным подвесом роторов / Гузельбаев Я.З., Максимов В.А., Хавкин А.Л. // Вестник Казанского технологического университета. - 2010. - №11. - С.475-485.

© Я. З. Гузельбаев - пом. ген. дир. – нач. БОТ, ОАО Казанькомпрессормаш, kompr@online.kzn.ru, доц. каф. компрессорных машин и установок КНИТУ; А. В. Андрианов - нач. отдела ЗАО «НИИтурбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа», niitk@kazan.ru; А. М. Ахметзянов - нач. отдела ЗАО «НИИтурбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа»; И. Р. Шайхутдинов - вед. инженер-конструктор ЗАО «НИИтурбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа».