МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)
INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ГОСТ ISO 13939— 2023

Подшипники скольжения

ИСПЫТАНИЕ СТАТИЧЕСКОЙ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ, КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ И РЕСУРСА ЛЕПЕСТКОВЫХ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ РАДИАЛЬНЫХ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ

(ISO 13939:2019, Foil bearings — Performance testing of foil journal bearings — Testing of static load capacity, friction coefficient and lifetime, IDT)

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2023

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели, основные принципы и общие правила проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены ГОСТ 1.0 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, обновления и отмены»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Открытым акционерным обществом «Управляющая компания ЕПК» (ОАО «УК ЕПК») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 5

2 ВНЕСЕН Межгосударственным техническим комитетом по стандартизации МТК 307 «Подшипники качения и скольжения»

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 31 марта 2023 г. № 160-П)

За принятие проголосовали:

Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Код страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Сокращенное наименование национального органа по стандартизации
Армения	AM	ЗАО «Национальный орган по стандартизации и метрологии» Республики Армения
Беларусь	BY	Госстандарт Республики Беларусь
Казахстан	KZ	Госстандарт Республики Казахстан
Киргизия	KG	Кыргызстандарт
Россия	RU	Росстандарт
Узбекистан	UZ	Узстандарт

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 10 мая 2023 г. № 299-ст межгосударственный стандарт ГОСТ ISO 13939—2023 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 августа 2023 г.

5 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ISO 13939:2019 «Лепестковые подшипники. Испытание рабочих характеристик лепестковых радиальных подшипников скольжения. Испытание статической грузоподъемности, коэффициента трения и ресурса» («Foil bearings — Performance testing of foil journal bearings — Testing of static load capacity, friction coefficient and lifetime», IDT).

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного международного стандарта для приведения в соответствие с ГОСТ 1.5 (подраздел 3.6).

Международный стандарт разработан Техническим комитетом ISO/TC 123 «Подшипники скольжения», подкомитетом CS 7 «Специальные типы подшипников скольжения» Международной организации по стандартизации (ISO)

6 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

7 Некоторые элементы настоящего стандарта могут быть объектом патентных прав. Сведения о патентах доступны на gost.e-ecolog.ru

Информация о введении в действие (прекращении действия) настоящего стандарта и изменений к нему на территории указанных выше государств публикуется в указателях национальных стандартов, издаваемых в этих государствах, а также в сети Интернет на сайтах соответствующих национальных органов по стандартизации.

В случае пересмотра, изменения или отмены настоящего стандарта соответствующая информация будет опубликована на официальном интернет-сайте Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации в каталоге «Межгосударственные стандарты»

© ISO, 2019
© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2023



В Российской Федерации настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 1
4 Обозначения 2
5 Цель испытания 3
6 Условия испытания 4
7 Методы испытания 6
8 Зазор и относительный эксцентриситет 9
9 Коэффициент трения 10
10 Испытание на выносливость и ресурс 10
11 Протокол испытания 11
Приложение А (справочное) Схема стандартного подшипника 12
Приложение В (справочное) Протокол испытания 13
Библиография 15

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

Подшипники скольжения

ИСПЫТАНИЕ СТАТИЧЕСКОЙ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ, КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ И РЕСУРСА ЛЕПЕСТКОВЫХ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ РАДИАЛЬНЫХ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ

Plain bearings.
Testing of static load capacity, friction coefficient and lifetime of gas-dynamic radial foil plain bearings

Дата введения — 2023—08—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает метод сопоставления результатов испытаний рабочих характеристик лепестковых газодинамических радиальных подшипников скольжения (далее — подшипники), смазываемых воздухом (газом) и удерживаемых газодинамической силой, создаваемой вращением вала. Метод испытания, предлагаемый в настоящем стандарте, ставит своей целью определить и оценить статическую грузоподъемность, коэффициент трения и ресурс подшипника и сопоставить результаты с теми, которые получают в иных условиях испытания, т. е. при иных размерах подшипника, частоте вращения вала, давлении и влажности окружающей среды и т. д. Значение статической грузоподъемности может меняться в соответствии с настройкой параметров испытаний, поскольку условия испытания могут меняться.

Метод испытаний, установленный в настоящем стандарте, имеет следующую область применения:

a) критерием оценки статической грузоподъемности является установившийся режим, т. е. методика применима в ограниченных рабочих условиях с постоянным значением и направлением нагрузки и постоянной частотой вращения;

b) постоянный момент инерции подшипника при произвольно выбранной частоте вращения, который является обязательным условием процедуры оценки;

c) динамическая нагрузка со значением и направлением переменных во времени не рассматривается.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте нормативные ссылки отсутствуют.

3 Термины и определения

ИСО и МЭК поддерживают терминологические базы данных, используемые в целях стандартизации, по следующим адресам:

- Электропедия IEC: доступна по ссылке gost.e-ecolog.ru
- платформа онлайн-просмотра ISO: доступна по ссылке gost.e-ecolog.ru

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **всплытие** (take-off): Этап обеспечения расстояния между валом и верхним лепестком посредством развития аэродинамического давления между ними.

3.2 **зазор** (clearance): Кратчайшее расстояние между валом и верхним лепестком, когда ось вала совпадает с осью корпуса.

Издание официальное

3.3 **момент вращения подшипника** (bearing torque): Величина момента вращения, развивающаяся посредством трения вращения между валом и верхним лепестком.

Примечание — Измерение момента вращения подшипника — согласно 6.4.

3.4 **грузоподъемность** (load capacity): Вес, который может выдерживать подшипник в установившемся режиме.

Примечание — Процесс определения статической грузоподъемности — по 7.3.

3.5 **начальная нагрузка** (initial load): Нагрузка, приложенная на вращающуюся систему в начале испытания.

Примечание — Она должна быть ниже, чем нагрузка, при которой определяются грузоподъемность и ресурс подшипника согласно 7.3 и 10.2.

3.6 **статическая грузоподъемность** (static load capacity): Максимальное значение нагрузки, оказываемое на подшипник в состоянии покоя.

Примечание — Измерение статической грузоподъемности — согласно 7.4.

3.7 **коэффициент трения** (friction coefficient): Аэродинамическое сопротивление потока газа между валом и верхним лепестком.

Примечание — Измерение коэффициента трения — в соответствии с разделом 9.

3.8 **ресурс подшипника** (lifetime of bearing): Общее число испытательных циклов пуск — остановка подшипника перед появлением первого отказа.

Примечание — Измерение ресурса подшипника — в соответствии с разделом 10.

4 Обозначения

В настоящем стандарте применены следующие обозначения.

4.1 Основные параметры. Латинский алфавит

Таблица 1 — Обозначение. Основные параметры. Латинский алфавит

Обозначение	Описание	Единицы измерения
C	Зазор	Микрометры
d	Диаметр	Миллиметры
e	Эксцентриситет	Микрометры
F	Сила	Ньютоны
F_w	Вес, нагрузка	Ньютоны
H	Высота	Миллиметры
h	Влажность	Проценты
K	Коэффициент	Ньютон-минута на кубический миллиметр
L	Длина	Миллиметры
M	Момент вращения	Ньютон-миллиметры
N	Ресурс	Пуск-остановочные циклы
p	Давление	Ньютон на квадратный миллиметр
R	Шероховатость поверхности	Микрометры
r	Расстояние	Миллиметры
T	Температура	Градусы Цельсия

4.2 Основные параметры. Греческий алфавит

Таблица 2 — Обозначение. Основные параметры. Греческий алфавит

Обозначение	Описание	Единицы измерения
δ	Толщина	Миллиметры
ε	Относительный эксцентриситет	Безразмерный
μ	Коэффициент трения	Безразмерный
ω	Частота вращения	Оборотов в минуту

4.3 Дополнительные знаки. Подстрочные индексы

Таблица 3 — Обозначение. Дополнительные знаки. Подстрочные индексы

Подстрочный индекс	Описание
a	Атмосфера (окружающая среда), среднее, приложенный
ah	Атмосфера в корпусе подшипника
b	Гофрированный лепесток, подшипник
f	Верхний лепесток, трение
fs	Поверхность верхнего лепестка
h	Корпус
max	Максимальный
n	Фактический
r	Радиальный, радиус
R	Относительный
to	Всплытие
s	Установившийся режим, статический, вал

4.4 Дополнительные знаки. Надстрочный индекс (показанный над *X*)

Таблица 4 — Обозначение. Дополнительные знаки. Надстрочный индекс

Надстрочный индекс	Описание (показано над *X*)
$\bar{X}$	Безразмерная величина

5 Цель испытания

Основной целью испытания является измерение и оценка статической грузоподъемности, коэффициента трения и ресурса подшипников. Они являются основными показателями рабочих характеристик подшипника как механического элемента определенного размера. Они тесно связаны с рабочими характеристиками механических систем, в которых применяются эти подшипники.

Схема стандартного подшипника приведена в приложении А.

6 Условия испытания

6.1 Общие положения

Чтобы сравнить статическую грузоподъемность, испытание следует проводить после достижения равновесного состояния атмосферного давления, температуры и влажности окружающей среды, в которой работает подшипник. Рабочие характеристики получают путем измерения момента вращения подшипника и частоты вращения вала подшипника. В этом случае можно определить частоту вращения всплытия, при которой вал свободно плавает над верхним лепестком без контакта с ним. Рабочие характеристики подшипника необходимо измерять и сравнивать при частоте вращения, которая выше частоты вращения всплытия.

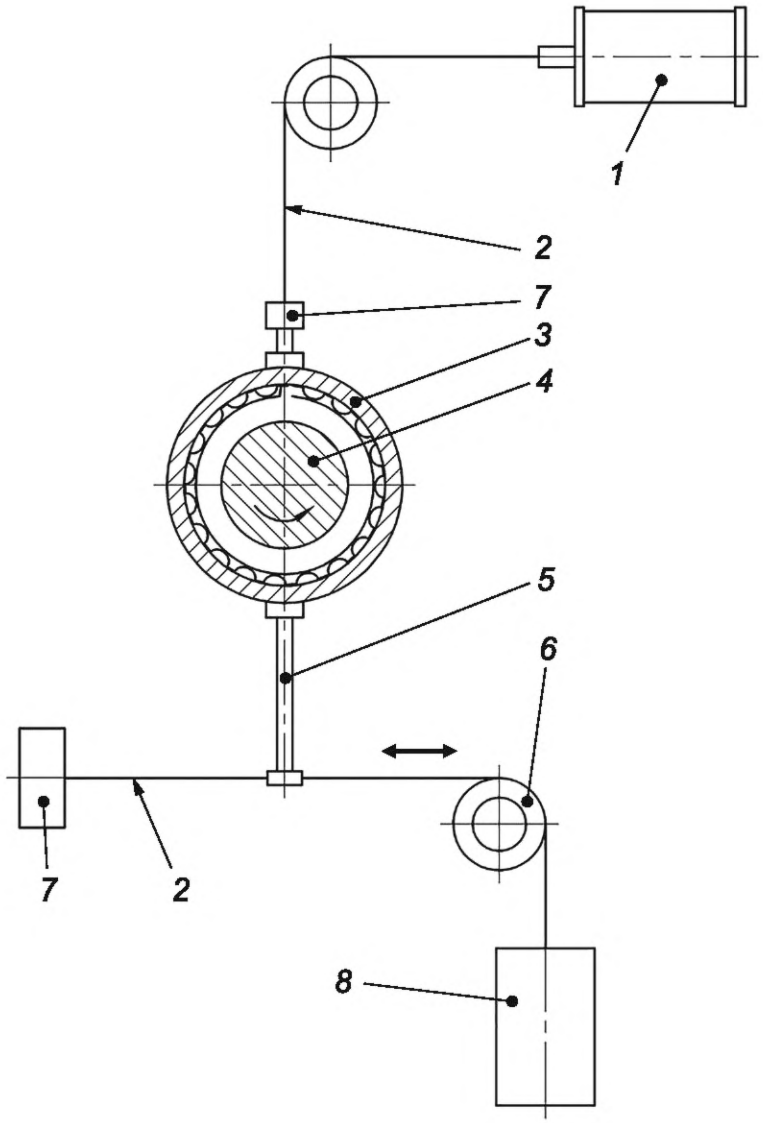
6.2 Конструкция испытательного оборудования

Установка для испытания подшипников должна быть рассчитана на контроль положения подшипника относительно вала. Корпус подшипника может быть связан с разделительным несущим элементом, таким как пружина или пружины. В иных случаях можно применить виброизолирующее оборудование для предотвращения возмущения, которое может серьезно повлиять на результаты испытания. Кроме того, чрезмерное трение, вызванное несоосностью подшипника, также может значительно повлиять на результаты испытания.

6.3 Установка преобразователей

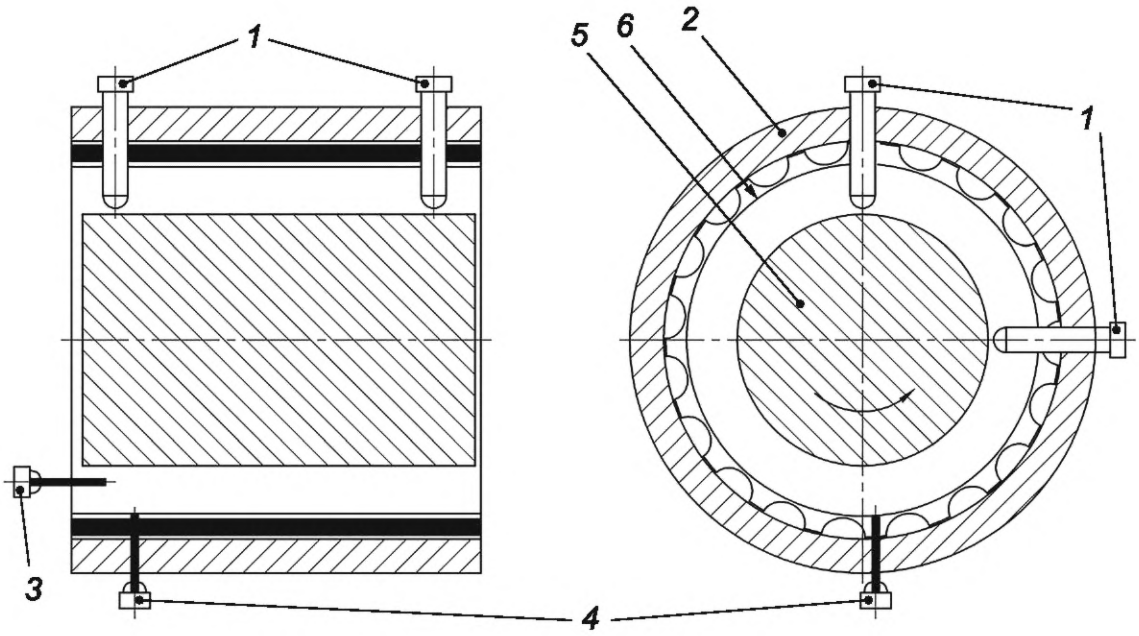
Оборудование для измерения момента вращения и статической грузоподъемности подшипников устанавливают согласно рисунку 1. Используя измерительную систему (см. рисунок 1), момент вращения подшипника и прилагаемую нагрузку можно измерить и вычислить согласно 6.4.

Преобразователи смещения устанавливают согласно рисунку 2 под прямыми углами относительно друг друга с обоих торцов корпуса подшипника. Смещение оси вала можно определить путем измерения и сравнения полученных значений. Частоту вращения вала можно получить, применяя алгоритм быстрого преобразования Фурье (БПФ) к данным измеренных смещений или применяя измерительный прибор частоты вращения. Термопару устанавливают внутри корпуса подшипника для измерения температур близлежащего воздуха (газа). Для измерения температуры верхнего лепестка термопару следует приваривать к поверхности верхнего лепестка.



1 — устройство нагружения; *2* — трос; *3* — стационарный корпус; *4* — вал; *5* — поворотный рычаг; *6* — шкив; *7* — преобразователь силы; *8* — противовес предварительной нагрузки

Рисунок 1 — Система измерения момента вращения подшипника и прилагаемой нагрузки



1 — преобразователь смещения; *2* — стационарный корпус; *3* — термопара для измерения температуры воздуха (газа); *4* — термопара для измерения температуры поверхности верхнего лепестка; *5* — вал; *6* — верхний лепесток

Рисунок 2 — Установка преобразователей

6.4 Расчет момента вращения и нагрузок подшипника

Силу трения F измеряют с использованием преобразователя силы, соединенного с поворотным рычагом, установленным снаружи корпуса. Затем момент вращения подшипника M, создаваемый вращением вала, определяют как произведение силы трения F и расстояния r между осью корпуса и осью преобразователя силы и вычисляют по формуле

$$M = F \cdot r, \tag{1}$$

где M — момент вращения подшипника, Н·мм;

F — сила трения, Н;

r — расстояние между осью корпуса и осью преобразователя силы, мм.

Фактическую нагрузку $F_{w,n}$, прилагаемую вертикально вниз к подшипнику (см. рисунок 1), определяют путем вычитания веса стационарного корпуса $F_{w,h}$ из приложенной нагрузки $F_{w,a}$, где $F_{w,a}$ измеряется преобразователем силы, установленным между корпусом и устройством нагружения.

6.5 Испытуемые образцы

Корпус, гофрированный лепесток, верхний лепесток и вал, составляющие подшипник, проектируют и изготавливают согласно функциональному назначению.

7 Методы испытания

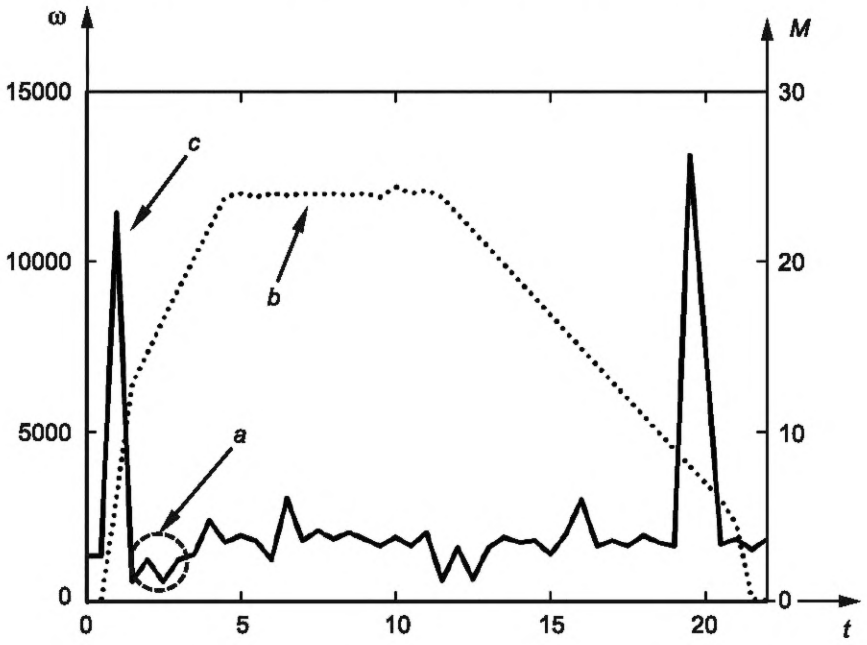
7.1 Основные положения

Для работы и испытания подшипника измеряют частоту вращения всплытия и после того, как произойдет достаточный разогрев, оценивают грузоподъемность. Измеряемые величины, необходимые для испытания и расчета, представлены в протоколе испытаний, приведенном в приложении В.

7.2 Цикл пуск-остановочного испытания и оценка частоты вращения всплытия

Подшипник начинает работать после приведения во вращение вала посредством мотора. Как только вал начинает свое вращение, следует измерять момент вращения подшипника по мере постепенного увеличения частоты вращения.

Стандартный пример измерения момента вращения, измеренного вместе с частотой вращения вала, в течение пуск-остановочного испытания показан на рисунке 3. По мере увеличения частоты вращения момент вращения подшипника резко увеличивается до достижения определенной частоты вращения, а затем снижается для удержания установившегося режима при относительно постоянной величине момента вращения. Как только момент вращения подшипника достигнет постоянного значения, соответствующая частота вращения определяется как частота вращения всплытия подшипника и должна быть зарегистрирована в протоколе испытания (см. приложение В). По мере снижения частоты вращения до нуля момент вращения подшипника снова резко возрастает, а затем снижается.



t — время в секундах; ω — частота вращения вала в единице в минуту; *M* — момент вращения в ньютон-миллиметрах; *a* — всплытие; *b* — точечная линия, представляющая частоту вращения вала, ω; *c* — линия момента вращения, *M*

Рисунок 3 — Частота вращения и момент вращения подшипника

Единичный цикл пуск-остановочного испытания состоит из следующих стадий:

a) сначала необходимо определить и приложить нагрузку для пуск-остановочного испытания. Для выбора нагрузки для оценки грузоподъемности и ресурса подшипника следует выбирать значение нагрузки, действующей на реальную систему вращения. В иных случаях, начальная нагрузка F_w для пуск-остановочного испытания может быть вычислена как указано далее, эмпирическим методом, после чего прилагаемая нагрузка $F_{w,a}$ может быть оценена в соответствии с процессом испытания согласно 7.3. Начальную нагрузку вычисляют по формуле

$$F_w = K \cdot (L \cdot d_s) \cdot (d_s \cdot \omega), \quad (2)$$

где K — коэффициент грузоподъемности подшипника, равный 1,4 Н·мин·мм$^{-3}$;

L — длина верхнего лепестка вдоль оси, мм;

d_s — диаметр вала, мм;

ω — частота вращения вала, мин$^{-1}$;

b) после достижения валом частоты вращения всплытия, этот режим сохраняют в течение 15 с, после чего отключают мотор вала и сохраняют в остановленном состоянии в течение 5 с;

c) этот процесс определяется как пуск-остановочное испытание. При пуск-остановочном испытании экспериментально определяют частоту вращения, суммарное число оборотов вала, момент вращения подшипника, температуру внутри корпуса и на поверхности верхнего лепестка.

7.3 Оценка статической грузоподъемности

Статической грузоподъемностью $F_{w,s}$ является максимальная постоянная нагрузка, которую может выдержать подшипник в установившемся режиме.

Ниже приводится процесс определения статической грузоподъемности.

a) Частоту вращения вала поддерживают на заданной частоте вращения испытания, например на частоте вращения реального подшипника. Измерения следует проводить только после достижения теплового равновесия, которое определяют при использовании термопары, установленной внутри корпуса подшипника. Частота вращения при испытании должна быть выше частоты вращения всплытия для гарантии стабильной работы подшипниковой системы.

b) После увеличения частоты вращения на 10 % от частоты вращения испытания для создания более высокой грузоподъемности подшипника следует приложить начальную нагрузку F_w. Тогда частота вращения должна вернуться к частоте вращения испытания. В этом режиме частоту вращения и момент вращения подшипника следует отслеживать в течение 5 мин, чтобы установить одно из двух: либо наличие воздушной пленки, либо начало разрушения подшипника. Подшипник с воздушной пленкой между валом и верхним лепестком демонстрирует плавное вращение без каких-либо проблем. Более того, если возникает ненужный контакт между валом и верхним лепестком, возникают нестабильные вибрации. В этом случае необходимо обязательно перейти к процедуре d), иначе через несколько секунд может произойти резкое сцепление.

c) Если отказ не возникает, то частоту вращения следует увеличить на 10 % от частоты вращения испытания, значение нагрузки увеличить на 1 % от начальной нагрузки F_w, и частоту вращения уменьшить до частоты вращения испытания. Затем следует наблюдать подшипник на предмет отказа в течение 5 мин.

d) Если произошел отказ подшипника, следует снять прилагаемую нагрузку и после того, как состояние вращения стабилизируется, выдержать в течение нескольких минут при частоте вращения испытания и прекратить испытание.

e) Максимальное значение, при котором подшипник работает успешно, принимается за прилагаемую нагрузку $F_{w,a}$. Тогда фактическую нагрузку $F_{w,n}$, действующую на подшипник, вычисляют согласно 6.4 и регистрируют в протоколе испытания (см. приложение B).

f) Пуск-остановочное испытание следует повторить, по крайней мере, три раза при заданной частоте вращения испытания. Кроме того, фактическую нагрузку $F_{w,n}$ регистрируют в протоколе испытания для каждого из испытаний (см. приложение B).

g) Из числа вышеуказанных фактических нагрузок $F_{w,n}$, минимальное значение, при котором подшипник работает успешно, принимают в качестве статической грузоподъемности $F_{w,s}$ подшипника при частоте вращения испытания и отмечают в протоколе испытания (см. приложение B).

7.4 Расчет безразмерной статической грузоподъемности

На статическую грузоподъемность подшипника влияет давление окружающего воздуха (газа), который является рабочей средой и имеет связь с площадью проекции подшипника, которая является произведением диаметра вала и длины подшипника.

Следовательно, работу подшипников можно сопоставить и оценить при различных параметрах рабочей окружающей среды посредством нормализации статической грузоподъемности для расчета грузоподъемности для каждой площади проекции, чтобы исключить влияние окружающего воздуха (газа).

Безразмерную статическую грузоподъемность $\bar{F}_{w,s}$ вычисляют по формуле (3) и записывают в протоколе испытания (см. приложение В)

$$\bar{F}_{w,s} = F_{w,s} / (p_a \cdot L \cdot d_s), \quad (3)$$

где $\bar{F}_{w,s}$ — безразмерная статическая грузоподъемность;
$F_{w,s}$ — статическая грузоподъемность, Н;
p_a — давление окружающей среды, Н/мм$^{-2}$;
L — длина верхнего лепестка вдоль оси, мм;
d_s — диаметр вала, мм.

7.5 Коэффициент грузоподъемности подшипника

Коэффициент грузоподъемности подшипника $K_{w,s}$ вычисляют по формуле (4), его используют как рабочий показатель для расчетной оценки статической грузоподъемности. Его значение записывают в протоколе испытания (см. приложение В).

$$K_{w,s} = F_{w,s} / [(L \cdot d_s) \cdot (d_s \cdot \omega)], \quad (4)$$

где $F_{w,s}$ — статическая грузоподъемность, Н;
L — длина верхнего лепестка вдоль оси, мм;
d_s — диаметр вала, мм;
ω — частота вращения вала, мин$^{-1}$.

8 Зазор и относительный эксцентриситет

Безразмерная статическая грузоподъемность тесно связана с изменением центрального положения вала. Отклонение оси вала от оси корпуса определяют как эксцентриситет e, а промежуток в радиальном направлении между валом и верхним лепестком определяют как зазор C_r, когда ось вала совпадает с осью корпуса.

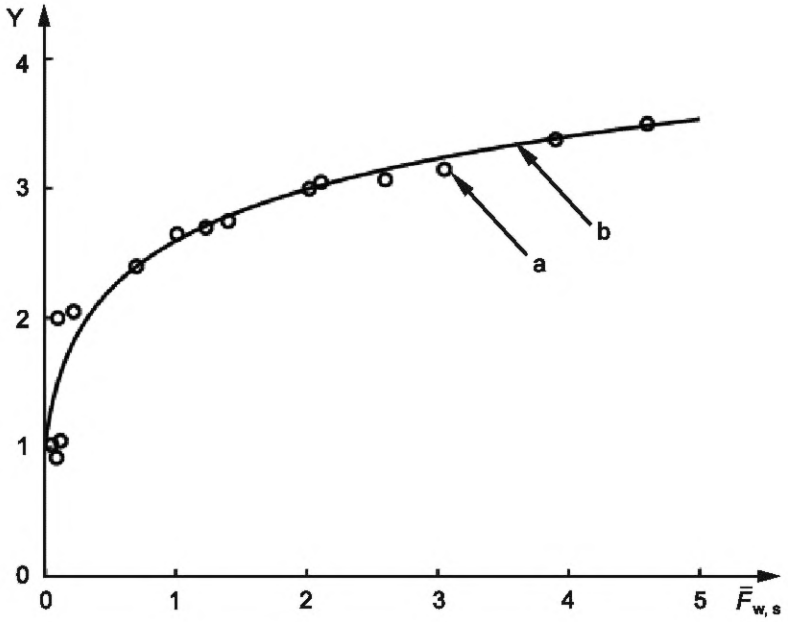
Зазор и относительный эксцентриситет вычисляют по формуле

$$C_r = [d_h - d_s - 2 \cdot (H_b + \delta_f)] / 2, \quad (5)$$

$$\varepsilon = e / C_r,$$

где C_r — зазор подшипника, мкм;
d_h — внутренний диаметр корпуса подшипника, мм;
d_s — диаметр вала, мм;
H_b — высота гофрированного лепестка, мм;
δ_f — толщина верхнего лепестка, мм;
ε — относительный эксцентриситет;
e — эксцентриситет, мкм.

Зависимость между относительным эксцентриситетом и безразмерной статической грузоподъемностью показана на рисунке 4. Зазор определяют при проектировании и изготовлении подшипника и указывают в протоколе испытания (см. приложение В). Смещение центра вала отслеживают путем измерения и сравнения значений преобразователей смещения, установленных под прямыми углами друг к другу с обоих торцов корпуса подшипника (см. рисунок 2). Используя эти смещения, вычисляют эксцентриситет и относительный эксцентриситет и записывают их в протокол испытания (см. приложение В). При этом используют среднее арифметическое двух значений, измеренных с обоих торцов.



$\bar{F}_{w,s}$ — безразмерная статическая грузоподъемность; Y — величина обратная относительному эксцентриситету; *a* — эксперименты; *b* — аппроксимирующая прямая

Рисунок 4 — Стандартная зависимость между относительным эксцентриситетом и безразмерной статической грузоподъемностью

9 Коэффициент трения

Сила трения и коэффициент трения являются представителями основных характеристик подшипника. Эти значения можно рассчитать, используя измеренную силу трения F_s в установившемся режиме и статическую грузоподъемность $F_{w,s}$, исходя из способа оценки нагрузки посредством методов, установленных в 7.3 и формуле (1).

Коэффициент трения вычисляют по формуле

$$\mu = F_s / F_{w,s}, \tag{6}$$

где μ — коэффициент трения;

F_s — сила трения в установившемся режиме, Н;

$F_{w,s}$ — статическая грузоподъемность, Н.

Сила трения, возникающая между валом и верхним лепестком в начале работы, является максимальной статической силой трения. Коэффициент максимального трения вычисляют с использованием значения максимальной статической силы трения в формуле (6) и регистрируют в протоколе испытания (см. приложение В) как важный показатель для определения ресурса вала и подшипника.

10 Испытание на выносливость и ресурс

10.1 Метод испытания

Испытание на выносливость подшипника проводят путем повторения пуск-остановочного испытания согласно 7.2 с использованием статической грузоподъемности $F_{w,s}$ в качестве приложенной нагрузки.

10.2 Определение ресурса

В соответствии с разделом 8 влияние на газодинамическую силу, создаваемую вращением вала, главным образом оказывает зазор между верхним лепестком и валом C_r. А именно, когда зазор пре-

вышает оптимальное значение вследствие износа верхнего лепестка и/или вала, рабочие показатели, такие как статическая грузоподъемность, могут быть снижены. Таким образом, значение износа необходимо регламентировать, чтобы гарантировать, что зазор находится в надлежащем пределе: около 100 мкм для стандартного типа подшипника.

Если верхний лепесток покрыт твердым смазочным материалом или другим(и) материалом(ами), и само покрытие существенно влияет на рабочие показатели подшипника, общее число циклов пуск-остановочного испытания подшипника до исчезновения слоя этого покрытия устанавливают как ресурс подшипника и регистрируют в протоколе испытания (см. приложение В).

Во всех других случаях ресурс представляет собой общее число циклов пуск-остановочного испытания подшипника до достижения степени износа верхнего лепестка или вала в 20 % от толщины верхнего лепестка, и это должно быть зарегистрировано в протоколе испытания (см. приложение В).

Степень износа оценивают после каждой 1000 циклов пуск-остановочных испытаний.

11 Протокол испытания

Протокол испытания (см. приложение В) должен содержать следующее:

a) ссылку на настоящий стандарт, ГОСТ ISO 13939;
b) параметры подшипника;
c) условия испытания;
d) методы испытания;
e) методы нагружения;
f) место проведения;
g) дату;
h) Ф.И.О. ответственного за проведение испытания;
i) результаты испытания.

Приложение А
(справочное)

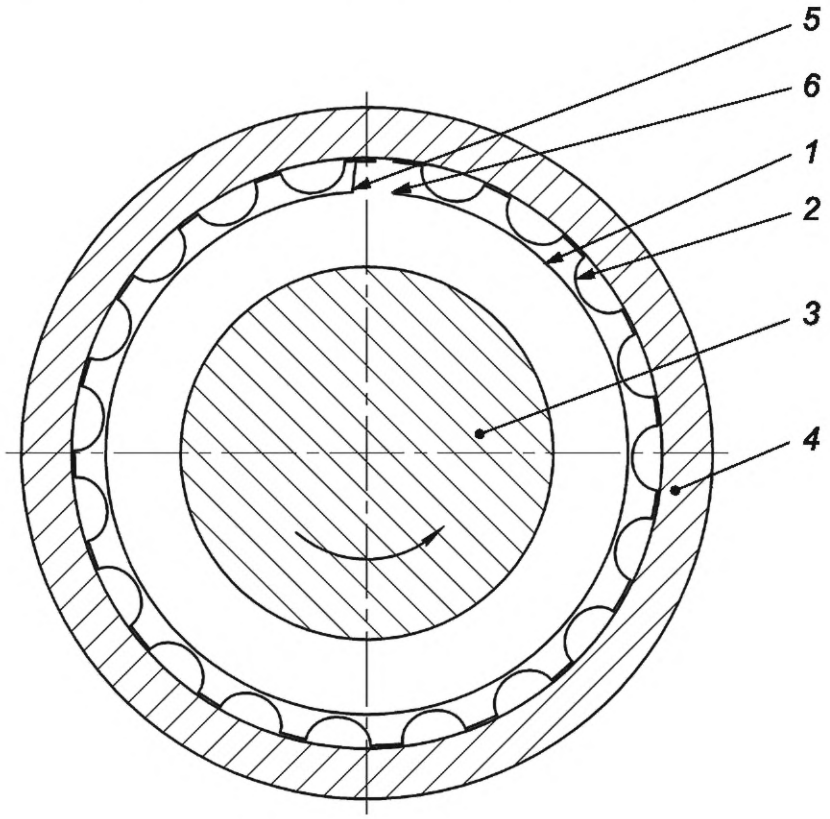
Схема стандартного подшипника

Подшипник состоит из корпуса подшипника, гофрированного лепестка или упругого основания с аналогичной функцией, верхнего лепестка, расположенного между ранее упомянутым упругим основанием и валом, как показано на рисунке А.1.

Дополнительный корпус снаружи подшипника добавляют согласно исходным данным для проектирования.

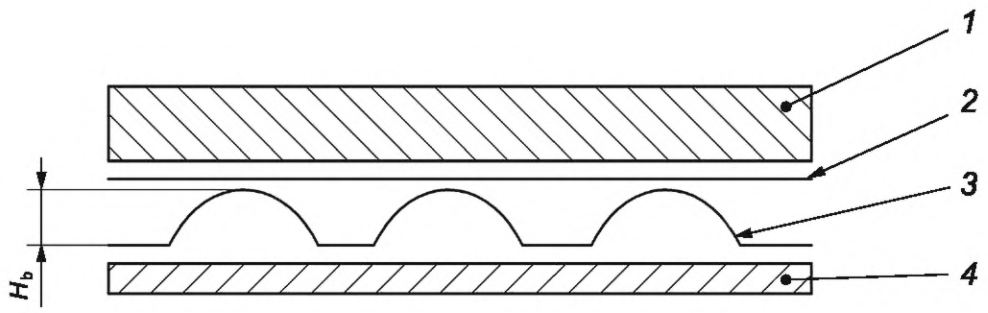
Для создания газодинамической силой, возникающей при вращении вала, воздушной пленки необходимо обеспечить зазор между валом и верхним лепестком.

Схема гофрированного лепестка и верхнего лепестка представлена на рисунке А.2.



1 — верхний лепесток; *2* — гофрированный лепесток; *3* — вал; *4* — корпус подшипника; *5* — ведомая кромка; *6* — ведущая кромка

Рисунок А.1 — Схема стандартного подшипника



1 — вал; *2* — верхний лепесток; *3* — гофрированный лепесток высотой H_b; *4* — корпус подшипника

Рисунок А.2 — Расположение гофрированного лепестка и верхнего лепестка

Приложение В
(справочное)

Протокол испытания

Таблица В.1 — Протокол испытания

Испытание согласно ГОСТ ISO 13939		Обозначение	Единица измерения	Значение				
Название файла:								
Испытуемый образец:								
Диаметр вала		d_s	мм					
Верхний лепесток	Материалы	—	—					
	Термообработка	—	—					
	Длина (вдоль вала)	L	мм					
	Толщина	δ_f	мкм					
	Шероховатость поверхности	R_f	мкм					
Гофрированный лепесток	Высота	H_b	мм					
	Толщина	δ_b	мкм					
Корпус	Внутренний диаметр	d_h	мм					
	Вес	$F_{w,h}$	Н					
Зазор = $[d_h - d_s - 2 \cdot (H_b + \delta_f)] / 2$		C_r	мкм					
Условия испытания окружающего газа:								
Тип		—	—	□ Воздух □ Другие ( )				
Относительная влажность		h_R	%					
Температура		T_a	°C					
Давление		p_a	Н/мм$^{-2}$					
Метод нагружения		□ Собственный вес □ Пневматический цилиндр нагрузки □ Гидравлический цилиндр нагрузки □ Другие ( )						
Результаты испытания:				1-го	2-го	3-го	4-го	5-го
Частота вращения вала при всплытии		ω_{to}	мин$^{-1}$					
Частота вращения вала при испытании		ω_s	мин$^{-1}$					
Момент вращения, максимальный		M_{max}	Н·мм					
Момент вращения при установившемся режиме		M_s	Н·мм					
Коэффициент трения, макс. = $M_{max} / r / F_{w,s}$		μ_{max}	—					
Коэффициент трения при установившемся режиме = $M_s / r / F_{w,s}$		μ	—					
Температура воздуха (газа) в корпусе		T_{ah}	°C					

Окончание таблицы В.1

Испытание согласно ГОСТ ISO 13939	Обозначение	Единица измерения	Значение				
Температура поверхности верхнего лепестка	T_{fs}	°C					
Нагрузка, приложенная	$F_{w,a}$	Н					
Нагрузка, чистая = $F_{w,a} - F_{w,h}$	$F_{w,n}$	Н					
Статическая грузоподъемность	$F_{w,s}$	Н					
Безразмерная статическая грузоподъемность	$\bar{F}_{w,s}$	—					
Коэффициент грузоподъемности	$K_{w,s}$	Н·мин·мм$^{-3}$					
Эксцентриситет	e	мкм					
Относительный эксцентриситет	ε	—					
Ресурс	N_b	единица					
Место проведения испытаний:	Дата испытания:		Оператор				
Замечания:							

Библиография

[1] ISO/IEC/TR 10000-1 *Information technology — Framework and taxonomy of International Standardized Profiles — Part 1: General principles and documentation framework* (Информационные технологии. Основы и таксономия международных стандартизованных профилей. Часть 1. Общие принципы и структура документации)*

[2] DellaCorte *C.A New Foil Air Bearing Test Rig for Use to 700 °C and 70,000 rpm*, NASA TM-1997-107405

[3] DellaCorte, C., Valco, M.J. *Load Capacity Estimation of Foil Air Journal Bearings for Oil-Free Turbo-machinery Applications*, NASA TM-2000-209782, 2000, Cleveland, Ohio

[4] Heshmat H., *Advancements in the Performance of Aerodynamic Foil Journal Bearings: High Speed and Load Capability, ASME J. Tribol. 1994, 116 (2) pp. 287—295*

[5] Radil K., Howard S., Dykas B. *The Role of Radial Clearance on the Performance of Foil Air Bearings*, NASA/TM-2002-211705

[6] Facts N.A.S.A. 2001, *Creating a Turbomachinery Revolution*, FS-2001-07-014-GRC, Cleveland, Ohio

[7] San Andres L. and De Santiago, O.C. *Identification of Journal Bearing Fore Coefficients Under High Dynamic Loading-Part 1: Concentric Static Operation*, Proceedings of STLE/ASME International Conference, No. Trib 2004-64300, 2004

[8] Kim T.H., San Andres L. *Heavily Loaded Gas Foil Bearings: A Model Anchored to Test Data*, ASME Journal of Engineering for Gas Turbines and Power or ASME Turbo-Expo 2005, 2005GT2005-68486

[9] Lee Y.-B., Jo J.-H., Park D.-J., Kim C.-H. *Dynamic Characteristics of Bump Foils Considering with Thermal Effect in Air Foil Bearings*, Proceedings of STLE/ASME International Conference, IJTC2006-12189, 2006

[10] Lee Y.-B., Park D.-J., Kim C.-H., Kim S.-J., Operating Characteristics of the Bump Foil Journal Bearings with Top Foil Bending Phenomenon and Correlation among Bump Foils, *Tribol. Int*. 2008, 41 pp. 221—233

* Официальный перевод стандарта находится в Федеральном информационном фонде стандартов.

УДК 621.822.7:006.354 МКС 21.100.10 IDT

Ключевые слова: подшипники, подшипники скольжения, испытания, статическая грузоподъемность, трение, ресурс, лепестковые газодинамические подшипники

Редактор *М.В. Митрофанова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *С.В. Смирнова*
Компьютерная верстка *М.В. Малеевой*

Сдано в набор 12.05.2023. Подписано в печать 23.05.2023. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 2,12.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru