

**Гидродинамические радиальные подшипники
скольжения, работающие в стационарном режиме**

**КРУГЛОЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ
ПОДШИПНИКИ**

Ч а с т ь 3

Допустимые рабочие параметры

Издание официальное

ГОСТ ИСО 7902-3—2001

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Межгосударственным техническим комитетом по стандартизации МТК 344 «Подшипники скольжения», Всероссийским научно-исследовательским институтом стандартизации и сертификации в машиностроении (ВНИИНМАШ) Госстандарта России

ВНЕСЕН Госстандартом России

2 ПРИНЯТ Межгосударственным Советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол № 19 от 24 мая 2001 г.)

За принятие проголосовали:

| Наименование государства | Наименование национального органа по стандартизации |
|----------------------------|---|
| Азербайджанская Республика | Азгосстандарт |
| Республика Армения | Армгосстандарт |
| Республика Беларусь | Госстандарт Республики Беларусь |
| Республика Казахстан | Госстандарт Республики Казахстан |
| Кыргызская Республика | Кыргызстандарт |
| Республика Молдова | Молдовастандарт |
| Российская Федерация | Госстандарт России |
| Республика Таджикистан | Таджикстандарт |
| Туркменистан | Главгосслужба «Туркменстандартлары» |
| Республика Узбекистан | Узгосстандарт |
| Украина | Госстандарт Украины |

Настоящий стандарт представляет собой аутентичный текст международного стандарта ИСО 7902-3—98 «Гидродинамические радиальные подшипники скольжения, работающие в стационарном режиме. Круглоцилиндрические подшипники. Часть 3. Допустимые рабочие параметры»

3 Постановлением Государственного комитета Российской Федерации по стандартизации и метрологии от 19 февраля 2002 г. № 69-ст межгосударственный стандарт ГОСТ ИСО 7902-3—2001 введен в действие непосредственно в качестве государственного стандарта Российской Федерации с 1 июля 2002 г.

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

© ИПК Издательство стандартов, 2002

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания на территории Российской Федерации без разрешения Госстандарта России

Содержание

| | |
|---|---|
| 1 Область применения | 1 |
| 2 Нормативные ссылки | 1 |
| 3 Рабочие параметры для исключения износа | 1 |
| 4 Рабочие параметры для исключения чрезмерной механической нагрузки | 5 |
| 5 Рабочие параметры для исключения чрезмерной тепловой нагрузки | 5 |
| 6 Рабочие параметры для зазора подшипника | 6 |
| Приложение А Библиография | 7 |

Гидродинамические радиальные подшипники скольжения,
работающие в стационарном режиме

КРУГЛОЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ПОДШИПНИКИ

Часть 3

Допустимые рабочие параметры

Hydrodynamic plain journal bearings under steady-state conditions. Circular cylindrical bearings.
Part 3. Permissible operational parameters

Дата введения 2002—07—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает эмпирические допустимые значения критической толщины смазочного слоя h_{lim} , максимальной допустимой удельной нагрузки на подшипник \bar{p}_{lim} , предельной допустимой температуры подшипника T_{lim} , представляющие собой геометрически и технологически зависимые эксплуатационные пределы трибологической системы подшипников скольжения.

Настоящий стандарт распространяется на круглоцилиндрические подшипники скольжения, рассчитанные согласно ГОСТ ИСО 7902-1.

Установленные эмпирические значения могут быть модифицированы для определенных случаев применения, например, при учете информации, поступающей от изготовителей.

Описания используемых обозначений и примеры расчета приведены в ГОСТ ИСО 7902-1.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использована ссылка на ГОСТ ИСО 7902-1—2001 Гидродинамические радиальные подшипники скольжения, работающие в стационарном режиме. Круглоцилиндрические подшипники. Метод расчета

3 Рабочие параметры для исключения износа

3.1 При сохранении допустимой критической толщины смазочного слоя h_{lim} достигается полное смазывание подшипника скольжения, обеспечивающее наименьшее возможное изнашивание и низкую восприимчивость к дефектам. Смазочный материал не должен содержать загрязняющих примесей, способствующих увеличению изнашивания, возникновению задира и местного перегрева, что может нарушить нормальное функционирование подшипника скольжения. При необходимости смазочный материал следует профильтровать.

3.2 Допустимую критическую толщину смазочного слоя h_{lim} , характеризующую переход к смешанному трению (см. 6.6 ГОСТ ИСО 7902-1), определяют по уравнению:

$$h_{lim} = Rz_B + Rz_J + \frac{1}{2} By + \frac{1}{2} y + h_{wav,eff}, \quad (1)$$

учитывающему согласно рисунку 1 следующие составляющие:

— сумму средних высот неровностей поверхности скольжения подшипника и вала при идеальном расположении (линия $X-X$) $[Rz_B + Rz_J]$;

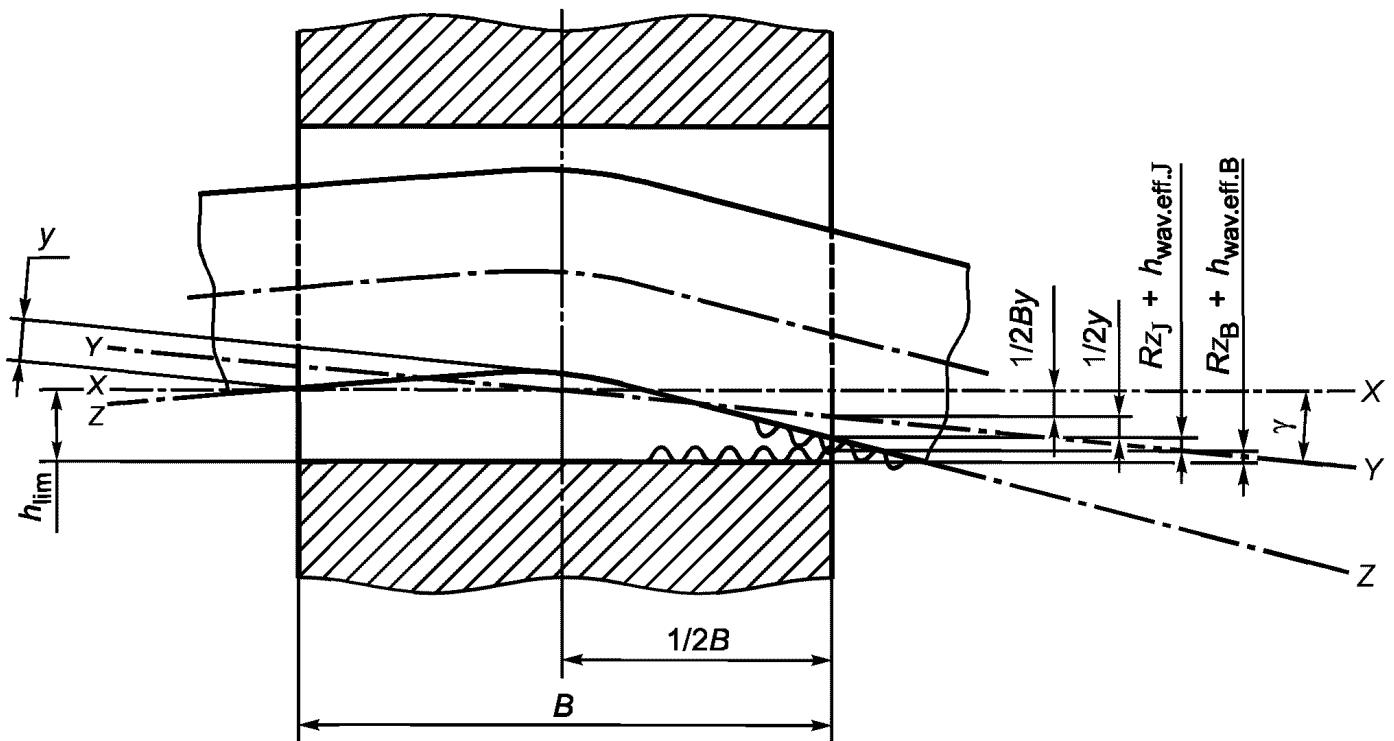


Рисунок 1 — Минимальная допустимая толщина смазочного слоя, когда не допускается процесс приработки

- смещение (линия $Y - Y$) по длине подшипника [$1/2 B_y$];
- средний прогиб (линия $Z - Z$) [$1/2 y$].

3.3 Если на поверхности скольжения (подшипника или вала) в окружном направлении возникают волновые геометрические отклонения, то их следует учитывать при определении h_{lim} с помощью параметра эффективной волнистости $h_{\text{wav,eff}}$ для наиболее неблагоприятного положения вала. В этом случае $h_{\text{wav,eff}}$ является эффективной волнистостью подшипника при статической нагрузке или эффективной волнистостью вала при вращающейся нагрузке соответственно.

Эффективную волнистость $h_{\text{wav,eff}}$ и максимальную допустимую эффективную волнистость $h_{\text{wav,eff,lim}}$ в заданной рабочей точке (ε или h_{lim}) определяют с помощью рисунков 2, 3, если известны шероховатость, деформация и наклон.

3.4 Исходя из уравнения (1), принимаем

$$h_{\text{lim}} = m + h_{\text{wav,eff}},$$

где $m = Rz_B + Rz_J + 1/2 By + 1/2 y$;

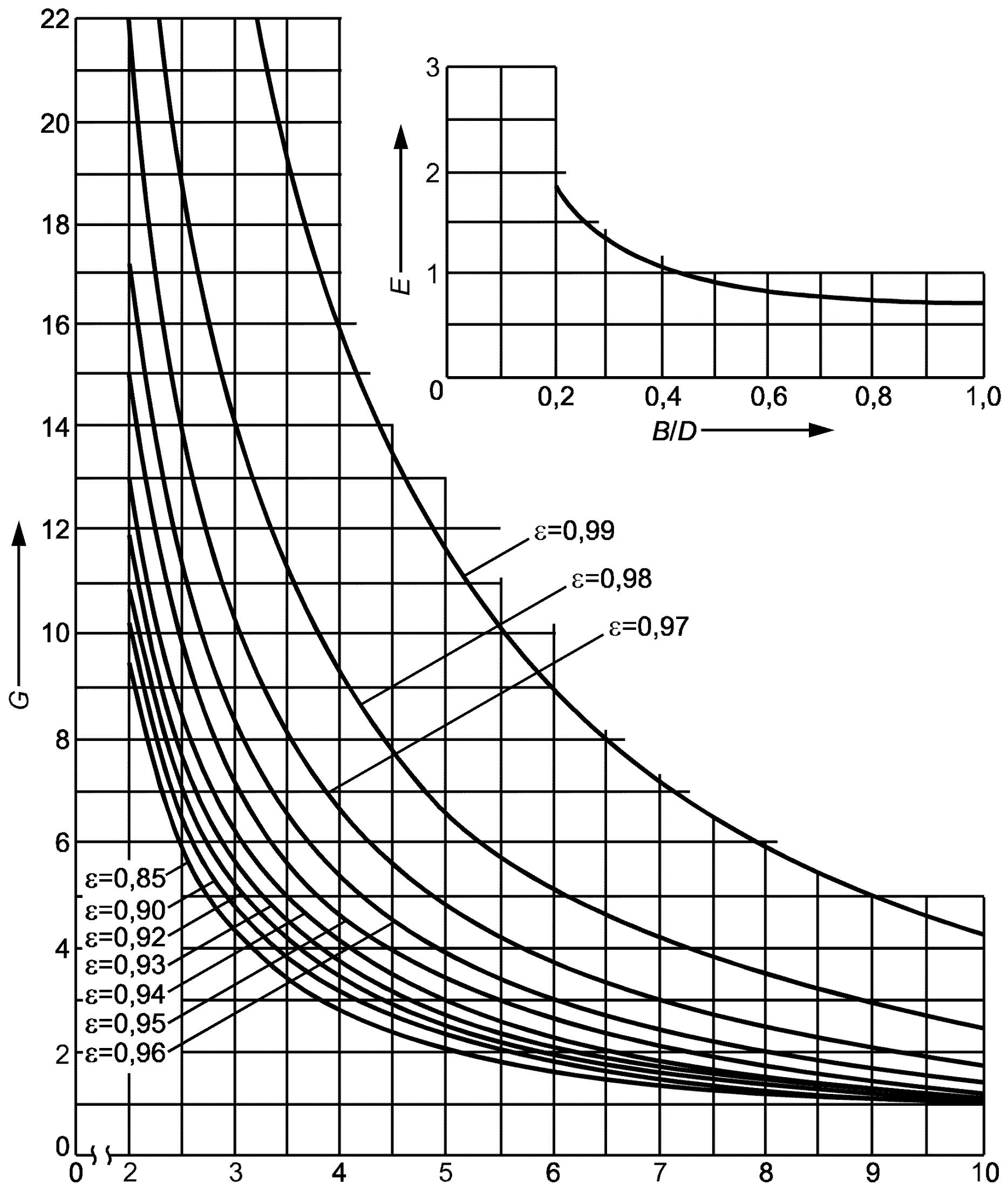
$$h_{\text{wav,eff}} = \frac{E}{G} a.$$

При заданной минимальной толщине смазочного слоя h_{min} максимальную допустимую эффективную волнистость определяют по формуле

$$h_{\text{wav,eff,lim}} = h_{\text{min}} - m,$$

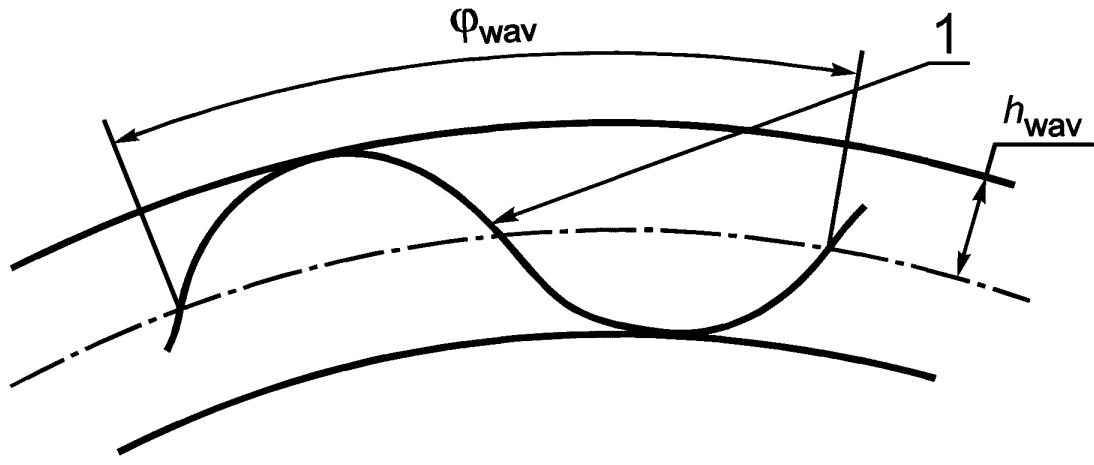
а максимальную допустимую абсолютную волнистость, $h_{\text{wav,eff,lim}}$ определяют по формуле

$$h_{\text{wav,lim}} = \frac{G}{E} h_{\text{wav,eff,lim}}.$$



Число волн i на периферии поверхности скольжения вала или подшипника

Рисунок 2 — Определение эффективной волнистости $h_{\text{wav,eff}}$ и максимальной допустимой эффективной волнистости $h_{\text{wav,eff,lim}}$



I — поверхность скольжения подшипника или вала
Число волн $i = 360^\circ/\Phi_{\text{wav}}$.

Рисунок 3 — Абсолютная амплитуда волнистости h_{wav} , период волнистости Φ_{wav} , число волн i поверхности скольжения

3.5 Пример определения $h_{\text{wav,eff}}$, h_{lim} , $h_{\text{wav,eff, lim}}$ и $h_{\text{wav,lim}}$ в соответствии с рисунком 2.
Заданные величины:

$$B/D = 0,5; C/2 = 85 \times 10^{-6} \text{ м}; m = 6 \times 10^{-6} \text{ м};$$

$$h_{\text{wav}} = 5 \times 10^{-6} \text{ м}; i = 6; h_{\text{min}} = 8,5 \times 10^{-6} \text{ м}; \varepsilon = 1 - \frac{h_{\text{min}}}{C/2} = 0,9.$$

При значении $B/D = 0,5$ по рисунку 2 $E = 0,86$, при значениях $i = 6$ и $\varepsilon = 0,9$ по рисунку 2 $G = 1,85$.

Следовательно:

$$h_{\text{wav,eff}} = 0,86/1,85 \times 5 \times 10^{-6} = 2,32 \times 10^{-6} \text{ м};$$

$$h_{\text{lim}} = 6 \times 10^{-6} + 2,32 \times 10^{-6} = 8,32 \times 10^{-6} \text{ м}.$$

Так как $h_{\text{min}} > h_{\text{lim}}$, то $h_{\text{min}} = 8,5 \times 10^{-6} \text{ м}$ допустимо.

Далее определяют:

$$h_{\text{wav,eff,lim}} = 8,5 \times 10^{-6} - 6 \times 10^{-6} = 2,5 \times 10^{-6} \text{ м};$$

$$h_{\text{wav,lim}} = 1,85/0,86 \times 2,5 \times 10^{-6} = 5,38 \times 10^{-6} \text{ м}.$$

3.6 На практике отклонения от формы в большинстве случаев неравномерны. Для определения $h_{\text{wav,eff}}$ решающим фактором является наличие волн на нагруженной поверхности скольжения.

Для процессов приработки под малой нагрузкой при небольшой скорости скольжения можно допустить значительно меньшую минимальную толщину смазочного слоя в связи со сглаживанием и приработкой поверхности скольжения. При необходимости, следует использовать подшипниковый материал с хорошими приработочными свойствами.

В таблице 1 приведены эмпирические допустимые значения для h_{lim} . Предположим, что вал имеет среднюю высоту неровностей поверхности $Rz \leq 4 \text{ мкм}$, поверхность скольжения имеет небольшие погрешности геометрии, сборка выполнена аккуратно и смазочный материал соответствующим образом отфильтрован.

Таблица 1 — Эмпирические допустимые значения для минимальной допустимой наименьшей толщины смазочного слоя h_{lim}

| Диаметр вала D_J , мм | h_{lim} , мкм | | | | |
|-------------------------|--|------------------|-------------------|--------------------|------------|
| | при скорости скольжения вала U_J , м/с | | | | |
| | $U_J \leq 1$ | $1 < U_J \leq 3$ | $3 < U_J \leq 10$ | $10 < U_J \leq 30$ | $30 < U_J$ |
| $24 < D_J \leq 63$ | 3 | 4 | 5 | 7 | 10 |
| $63 < D_J \leq 160$ | 4 | 5 | 7 | 9 | 12 |
| $160 < D_J \leq 400$ | 6 | 7 | 9 | 11 | 14 |
| $400 < D_J \leq 1000$ | 8 | 9 | 11 | 13 | 16 |
| $1000 < D_J \leq 2500$ | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 |

4 Рабочие параметры для исключения чрезмерной механической нагрузки

Максимальную допустимую удельную нагрузку на подшипник \bar{p}_{lim} определяют, исходя из требования, что деформация поверхности скольжения не должна приводить к нарушению правильного функционирования и образованию трещин. Кроме состава подшипникового материала, имеются другие решающие факторы воздействия, а именно: метод изготовления, структура материала, толщина подшипникового материала, а также геометрия и тип основы вкладыша подшипника. Независимо от этих факторов следует исследовать, подвержен ли подшипник при пуске полной нагрузке. Если удельная нагрузка на подшипник при пуске находится в пределах $p = 2,5 - 3 \text{ Н/мм}^2$, то может возникнуть необходимость понизить давление с помощью подачи масла под давлением (вспомогательное гидростатическое устройство). В ином случае на поверхности скольжения может возникнуть износ.

В таблице 2 приведены эмпирические значения для \bar{p}_{lim} .

Таблица 2 — Эмпирические значения максимально допустимой удельной нагрузки на подшипник \bar{p}_{lim}

| Группа подшипниковых материалов ¹⁾ . Сплавы на основе | \bar{p}_{lim} ²⁾ , МПа |
|---|-------------------------------------|
| Pb и Sn | 5 (15) |
| Cu — Pb | 7 (20) |
| Cu — Sn | 7 (25) |
| Al — Sn | 7 (18) |
| Al — Zn | 7 (20) |

¹⁾ Материалы согласно ИСО 4381, ИСО 4382-1, ИСО 4382-2 и ИСО 4383 [2] — [5].
²⁾ Значения, приведенные в скобках, до сих пор применялись для общего машиностроения только в отдельных случаях и могут, в порядке исключения, допускаться для специальных рабочих условий, например, при очень низких скоростях скольжения.

5 Рабочие параметры для исключения чрезмерной тепловой нагрузки

5.1 Предельно допустимая температура подшипника T_{lim} , зависит от подшипникового и смазочного материалов. При повышении температуры твердость и прочность подшипникового материала уменьшаются. В связи с низкой температурой плавления это особенно заметно для сплавов на основе свинца и олова.

Вязкость смазочного материала уменьшается с повышением температуры, а при температурах выше 80°C увеличивается старение смазочных материалов на основе минеральных масел. Таким образом, несущая способность подшипника скольжения уменьшается, что при определенных условиях может привести к смешанному трению с износом.

5.2. При стационарном режиме работы подшипника скольжения температурное поле постоянно. При расчете подшипника скольжения по ГОСТ ИСО 7902-1 тепловая нагрузка на подшипник описывается как температура подшипника T_B или температура смазочного материала на выходе T_{ex} при условии, чтобы они не превышали T_{lim} .

5.3. Параметры, приведенные в таблице 3, являются общими эмпирическими значениями для T_{lim} , где учитывается, что максимальное значение температурного поля больше, чем расчетная температура подшипника T_B или расчетная температура смазочного материала на выходе T_{ex} .

Таблица 3 — Эмпирические допустимые значения для предельно допустимой температуры подшипника T_{lim}

| Тип смазывания подшипника | T_{lim} , °C ¹⁾ при | |
|--|---|----------|
| | отношении общего объема смазочного материала к объему смазочного материала в минуту (расход смазочного материала) | |
| | до 5 | более 5 |
| Смазывание под давлением (циркуляционное смазывание) | 100(115) | 110(125) |
| Смазывание без давления (самосмазывание) | | 90(110) |

¹⁾ Значения в скобках могут допускаться в порядке исключения при особых рабочих условиях.

5.4 Из общего количества смазочного материала для смазывания подшипника в смазочном зазоре всегда имеется только небольшое его количество на ограниченный период, и он находится при повышенной температуре. Это значит, что не только T_B или T_{ex} , но также и отношение общего количества смазочного материала к расходу смазки является решающим для долговечности подшипника. Это отношение более благоприятно для подшипников с окружной смазкой, чем для самосмазывающихся подшипников.

6 Рабочие параметры для зазора подшипника

6.1 Зазор подшипника значительно влияет на рабочие характеристики подшипников скольжения. Хотя эту величину фактически определяют с учетом всех других рабочих характеристик, на практике оказалась полезной нижеприведенная аппроксимирующая формула, согласно которой средний относительный зазор подшипника $\bar{\psi}$ рассчитывают как функцию периферийной скорости U_j

$$\bar{\psi} = 0,8 \sqrt[4]{U_j},$$

где U_j , м/с;

$\bar{\psi}$, %.

Практика показала, что иногда бывает трудно осуществить соответствующую посадку с зазором с помощью допусков по ИСО 286-2 [1].

Иногда возникают отклонения большие, чем среднее значение, рассчитанное по этой формуле.

По этой причине зазор подшипника должен быть предпочтительно следующим:

0,56; 0,8; 1,12; 1,32; 1,6; 1,9; 2,24; 3,15 (%),

где основные относительные зазоры подшипника расположены ступенями в соответствии с рядами предпочтительных чисел.

6.2. Данные, приведенные в таблице 4, являются общими эмпирическими значениями $\bar{\psi}$, где учитывается не только зависимость от периферийной скорости, но и от диаметра. Причиной является тот факт, что для тех же чисел Зоммерфельда и тех же отношений B/D наибольшая температура, измеренная в подшипнике, увеличивается с уменьшением диаметра. Выбор зазора подшипника по таблице 4 уменьшает эту тенденцию.

Таблица 4 — Эмпирические допустимые значения среднего относительного зазора подшипника $\bar{\psi}$, %

| Диаметр вала D_J , мм | $\bar{\psi}$, % | | | | |
|----------------------------|--|------------------|-------------------|--------------------|------------|
| | при скорости скольжения вала U_J , м/с | | | | |
| | $U_J \leq 1$ | $1 < U_J \leq 3$ | $3 < U_J \leq 10$ | $10 < U_J \leq 30$ | $30 < U_J$ |
| $D_J \leq 100$ | 1,32 | 1,60 | 1,90 | 2,24 | 2,24 |
| $100 < D_J \leq 250$ | 1,12 | 1,32 | 1,60 | 1,90 | 2,24 |
| $250 < D_J$ | 1,12 | 1,12 | 1,32 | 1,60 | 1,90 |

В таблице 4 не учтены исключительные воздействия, такие как:

- высокая температура вала, вызванная теплопроводностью извне в подшипник;
- значительная упругая деформация, вызванная нагрузкой на подшипник;
- большая разница в тепловой деформации или тепловом расширении вала и подшипника;
- смазочные материалы с особенно высокой или низкой вязкостью.

Расчет рабочего смазочного зазора приведен в 6.7 ГОСТ ИСО 7902-1.

ПРИЛОЖЕНИЕ А (справочное)

Библиография

- [1] ISO 286-2:1988, ISO system of limits and fits — Part 2: Tables of standard tolerance grades and limit deviations for holes and shafts
- [2] ISO 4381:1991, Plain bearings — Lead and tin casting alloys for multilayer plain bearings
- [3] ISO 4382-1:1991, Plain bearings — Copper alloys — Part 1: Cast copper alloys for solid and multilayer thick-walled plain bearings
- [4] ISO 4382-2:1991, Plain bearings — Copper alloys — Part 2: Wrought copper alloys for solid plain bearings
- [5] ISO 4383:1991, Plain bearings — Multilayer materials for thin-walled plain bearings

Редактор *Р.Г. Говердовская*
Технический редактор *Л.А. Гусева*
Корректор *Р.А. Ментова*
Компьютерная верстка *И.А. Налейкиной*

Изд. лиц. № 02354 от 14.07.2000. Сдано в набор 20.03.2002. Подписано в печать 17.04.2002. Усл. печ. л. 1,40. Уч.-изд.л. 0,90.
Тираж 241 экз. С 5206. Зак. 335.

ИПК Издательство стандартов, 107076 Москва, Колодезный пер., 14.
<http://www.standards.ru> e-mail: info@standards.ru

Набрано в Издательстве на ПЭВМ
Филиал ИПК Издательство стандартов — тип. «Московский печатник», 103062 Москва, Лялин пер., 6.
Плр № 080102