

УДК 621.822.6.004.67: 668.3: 631.3.02

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСА ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

Зайцев Вячеслав Викторович

студент

Псарев Дмитрий Николаевич

кандидат технических наук, доцент

psarev_380@mail.ru

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

Аннотация. В статье рассмотрены основные способы повышения ресурса подшипников качения.

Ключевые слова: восстановление, корпусная деталь, подшипник, полимер, покрытие.

Одним из направлений, обеспечивающих повышение ресурса подшипников качения, является снижение максимального напряжения в зоне контакта тел с поверхностями качения. Представляет интерес конструкция подшипника с полыми телами качения. В нагруженном подшипнике площадки контакта на полых телах качения значительно больше по сравнению с обычными телами качения, поэтому контактные напряжения снижены. Такие подшипники хорошо воспринимают нагрузки ударного характера, однако чаще отказывают по причине разрушения тел качения [1, 2].

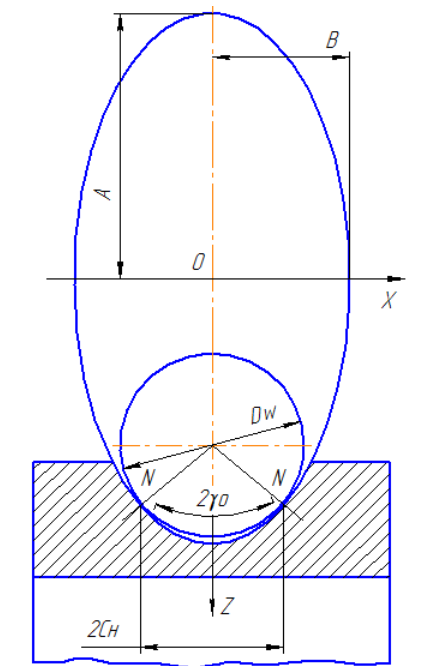
Существует конструкция подшипника с кольцами, имеющими на посадочных поверхностях вдоль всей окружности выточки. В нагруженном подшипнике из-за выточек кривизна желоба в нагруженной зоне увеличивается, что приводит к снижению максимального контактного напряжения. Для снижения контактных напряжений в роликовых подшипниках по концам роликов выполняют конические выемки.

Распределение давления в области контакта зависит от формы рабочих поверхностей контактирующих нагруженных деталей. Поэтому форма рабочих поверхностей является одним из основных факторов, влияющих на ресурс подшипников.

В подшипнике поверхность дорожки качения, как правило, профилируют двумя линиями – это прямая и дуга окружности. Однако при круговой форме желоба подшипника эпюра давлений на площади контакта является половиной эллипсоида, причем максимальное давление в центре площадки в 1,5 раза превышает среднее давление. Поэтому существенная область площадки контакта является недогруженной. Ресурс подшипника определяется максимальным контактным давлением [3, 4, 5]. Долговечность деталей, работающих в условиях точечного контакта обратно пропорциональна максимальному контактному давлению P_0 . Изменение формы рабочих поверхностей позволяет получить более равномерное распределение давления по площадке контакта и соответственно более низкое значение P_0 .

Установлено, что модификация формы рабочих поверхностей, позволяет значительно увеличить динамическую или статическую грузоподъемность подшипника, снизить энергетические потери и повысить его ресурс [4, 6, 7]. Наиболее перспективными признаны сложный профиль и эллиптический профиль, обеспечивающий начальный двухточечный контакт.

Чтобы получить эллиптический профиль дорожку качения кольца профилируют дугой эллипса в области его большой оси (рисунок 1). В зависимости от нагрузки на тело качения назначают характеристики эллипса. При нагрузках, обеспечивающих на круговом желобе максимальное контактное напряжение $P_{\max \text{ кр}} = 2 \dots 2,8$ ГПа, в эллиптическом желобе между контактными точками расстояние выбирают в пропорции $C_H = (0,25 \dots 0,3)D_w$ с радиусом кривизны у вершины малой полуоси эллипса $(0,445 \dots 0,447)D_w$. Если нагрузки выше и приводят к максимальному контактному напряжению $P_{\max \text{ кр}} = 3 \dots 4$ ГПа, расстояние C_H увеличивают до $(0,175 \dots 0,225)D_w$.



A, B – эллипсные оси; D_w – диаметр шарика подшипника; $2\gamma_0$ – центральный угол в точках касания; C_H – расстояние между точкой касания и вертикальной плоскостью желоба OZ [5]

Рисунок 1 – Контакт шарика с желобом эллиптического профиля

Применительно к радиально-упорным подшипникам большая ось эллипса должна быть повернута в отношении к плоскости вращения шариков на угол контакта [3, 8].

Шарик контактирует в двух точках с эллиптическим желобом. Площадка контакта выглядит в виде восьмерки. Поэтому эпюра давлений имеет два точки максимума. По сравнению с круговым желобом имеет место более равномерное распределение нагрузки вдоль площадки контакта и снижение максимального давления [6, 9, 10]. Мгновенная ось вращения шарика по отношению к желобу проходит около зон с максимальным давлением. Это приводит к уменьшению потерь при проскальзывании тел относительно беговой дорожки.

На рисунке 2 показан сложный профиль желоба кольца подшипника.

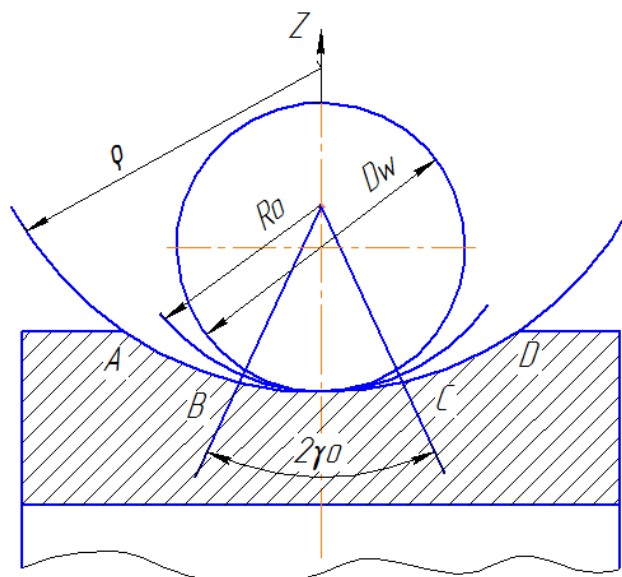
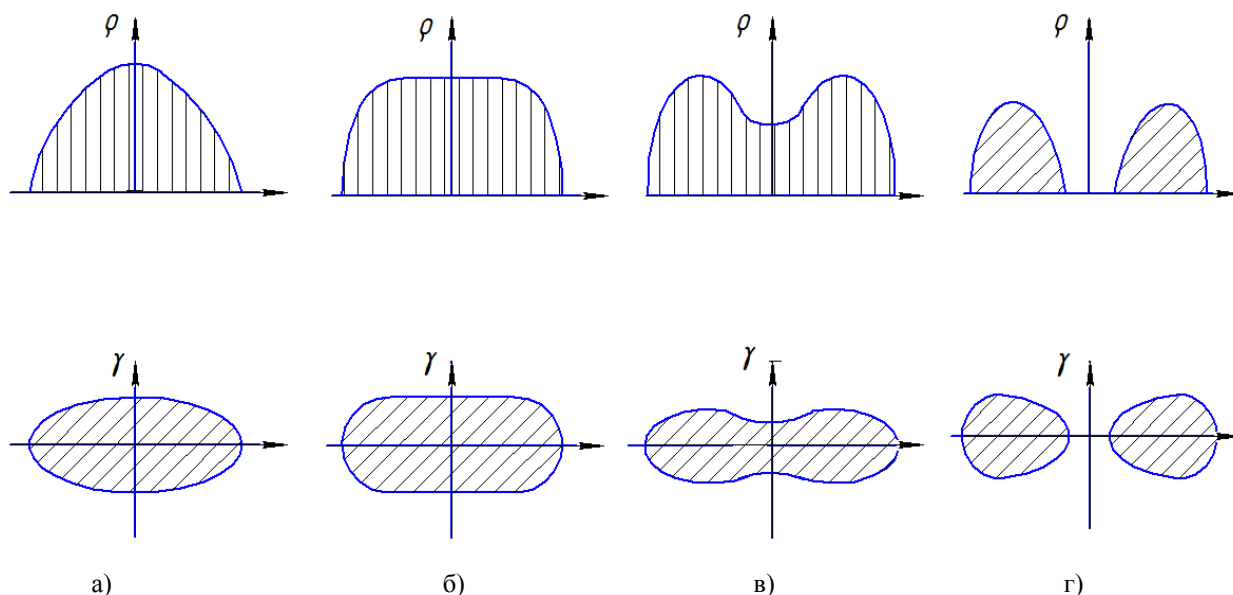


Рисунок 2 – Сложный профиль желоба кольца подшипника [5]

Весьма интересными являются профили с площадками контакта, имеющими формы, показанные на рисунке 3, б и в. На большей части длины площадки условия контакта относятся к промежуточным $R_0 = 1,35 P_{cp}$ между точечным ($R_{max}=1,5 P_{cp}$) и линейным ($R_{max}=1,27 P_{cp}$) контактами.

Желоба сложного профиля с центральным углом $2\gamma_0 = 30^\circ$ при $R_0=(0,495...0,505)D_w$ предназначены для высокоскоростных и приборных подшипников, опор подвижных столов и поворотных устройств.



а) Отношение $\frac{R_0}{D_w} \geq 0,515$; б) $\frac{R_0}{D_w} \approx 0,505$; в) $\frac{R_0}{D_w} \approx 0,495$; г) $\frac{R_0}{D_w} \approx 0,485$ [5]

Рисунок 3 – Форма площадки контакта и распределение давления:

В тяжело нагруженных подшипниках, работающих при частоте 1000...5000 мин⁻¹, рекомендуют профиль беговой дорожки кольца, имеющей центральный угол $2\gamma_0 = 38...46^\circ$. Радиус в средней части профиля желоба должен составлять $0,505 D_w$. При уменьшении R_0 повышаются потери на трение, при увеличении R_0 – возрастают напряжения в контактной зоне.

С увеличением центрального угла до $2\gamma_0 = 50...60^\circ$ при радиусе среднего участка $R_0 = 0,505 D_w$ снижаются контактные напряжения и повышается коэффициент трения. Такой вид сложного профиля предназначен для тяжело нагруженных и тихоходных подшипников, в которых первостепенное значение имеют контактные напряжения, а второстепенное значение сопротивление качению.

Повысить ресурс подшипников качения можно за счет перераспределения нагрузки между телами качения в подшипнике. На рисунке 4 представлена классификация способов, уменьшающих неравномерность в распределении нагрузки между телами качения в подшипнике [6, 7, 9].

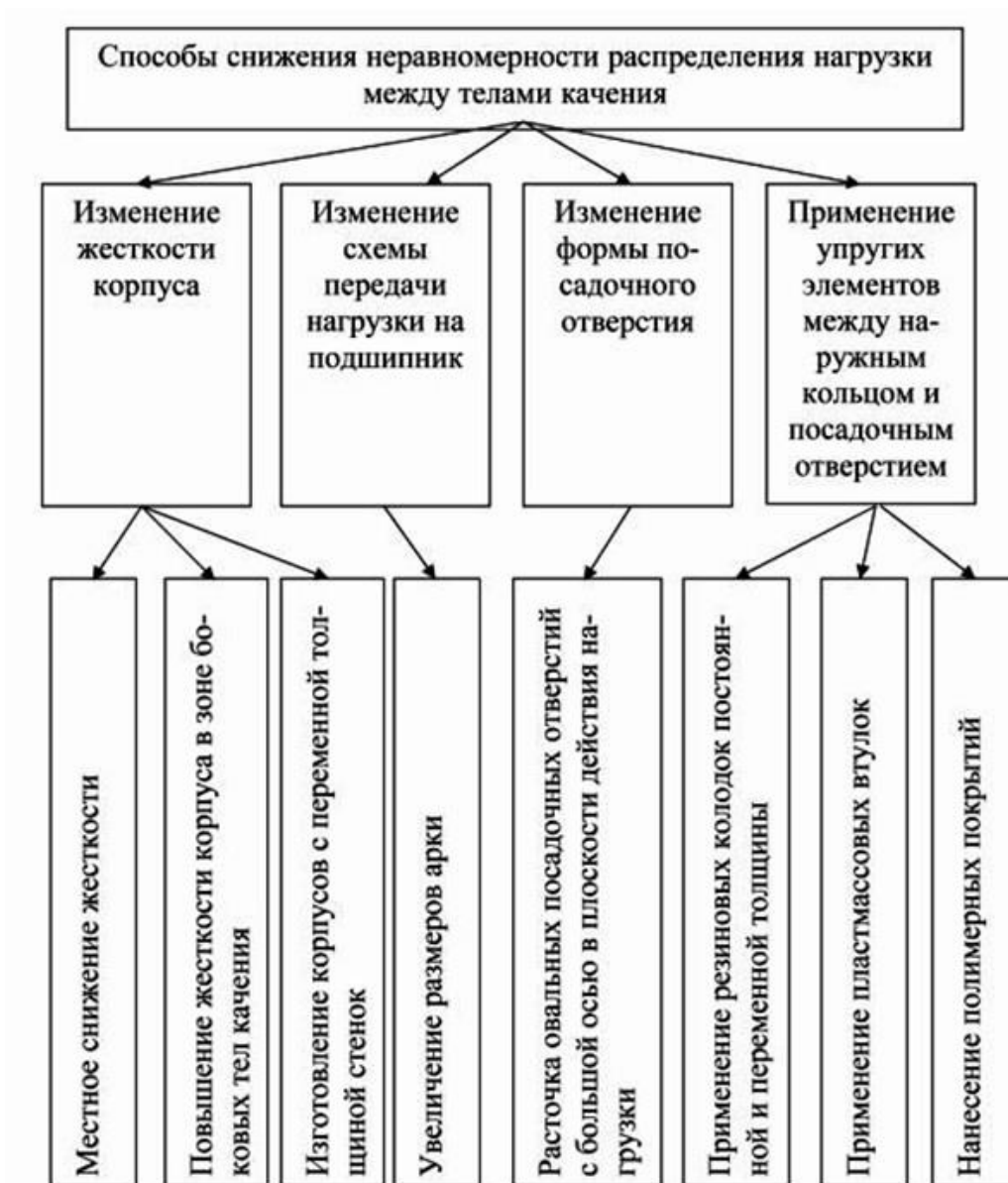


Рисунок 4 – Классификация способов снижения неравномерности распределения нагрузки между телами качения [6]

Требует исследования вопрос условий, обеспечивающих передачу части радиальной нагрузки с центрального на боковые тела качения в подшипнике с клеевым соединением «вал-подшипник»

Список литературы:

1. Исследование деформационно-прочностных свойств клеевых соединений и оптимизация состава композиции АН-112 / Д.Н. Псарев, В.В. Зайцев, А.Б. Сергеев [и др.] // Наука и Образование. – 2019. – Т. 2. – № 4. – С. 272.

2. Псарев, Д.Н. Способы получения полимерных композиционных материалов / Д.Н. Псарев, В.В. Зайцев // Наука и Образование. – 2019. – Т. 2. – № 4. – С. 273.

3. Кононенко, А.С. Стойкость к старению и вибрационным нагрузкам полимерного композиционного материала на основе анаэробного герметика «АН-111» / А.С. Кононенко, Д.Н. Псарев, А.Б. Рожнов // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». – 2019. – № 5 (93). – С. 4-8.

4. Псарев, Д.Н. Исследование модуля упругости эластомера Ф-40 и его модификации Ф-40С / Д.Н. Псарев, П.С. Скородумов, С.Н. Ложков // В сб.: Инновационные подходы к разработке технологий производства, хранения и переработки продукции растениеводческого кластера: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Мичуринск: Мичуринский государственный аграрный университет, 2020. – С. 191-194.

5. Ли, Р.И. Восстановление неподвижных соединений подшипников качения сельскохозяйственной техники полимерными материалами [Текст]: дис. ... докт. техн. наук. / Ли Р. И. – М., 2001, – 340 с.

6. Исследование параметров устройства выгрузки вертикальных компостирующих установок / М.С. Колдин, В.В. Миронов, К.А. Манаенков // Вестник сельского развития и социальной политики. - 2017. - № 2 (14). - С. 24-30

7. Курчаткин, В.В. Восстановление посадок подшипников качения сельскохозяйственной техники полимерными материалами [Текст]: дис. ... докт. техн. наук. / Курчаткин В.В. – М., 1989, – 407 с.

8. Ибилдаев, Б.А. Долговечность подшипников качения сельскохозяйственной техники с посадками, восстановленными герметиком 6Ф [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / Ибилдаев Б. А. – М., 1986. – 159 с.

9. Исследование состава и свойств обкаточного масла, получаемого на основе отработанного моторного масла / В.В. Остриков, В.И. Вигдорович, С.Н.

Сазонов, Д.Н. Афоничев, К.А. Манаенков // Химия и технология топлив и масел.
- 2017. - № 5 (603). - С. 11-16

10. The technique of automated applying of polymer coatings used for repair of tractor parts / D. Psarev, V. Khatuntsev, M. Mishin, S. Astapov, A. Rozhnov // В сб.: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 12th International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry, INTERAGROMASH 2019. – 2019. – С. 012011.

UDC 621.822.6.004.67: 668.3: 631.3.02

**METHODS TO INCREASE THE SERVICE LIFE OF ROLLING
BEARINGS**

Zaitsev Vyacheslav Viktorovich

student

Psarev Dmitry Nikolaevich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

psarev_380@mail.ru

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

Annotation. The article discusses the main ways to increase the service life of rolling bearings.

Key words: restoration, body part, bearing, polymer, coating.