

Проектирование современных технологических систем и комплексов механической обработки материалов

УДК 621.822.5

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ ТОНКОСТЕННЫХ ВКЛАДЫШЕЙ В ОПОРНЫХ УЗЛАХ СКОЛЬЖЕНИЯ

Беличенко А.Ф., Горкуша А.Е., Стеблянко В.Г.
(ДонНТУ, ДонГУЭТ, г. Донецк, Украина)

В настоящее время все больше применение в опорных узлах машин находят подшипники скольжения с тонкостенными вкладышами из многослойного комбинированного материала, в том числе металлофторопластовой ленты, из-за простой технологии массового производства и их высоких эксплуатационных показателей.

Сочетая в себе положительные свойства металлических вкладышей (хорошая теплопроводность) и полимерных материалов (большая податливость и нечувствительность к виду смазки) металлополимерные вкладыши могут успешно использоваться взамен бронзы и баббита. Особенно выгодно использование таких вкладышей в ремонтном деле благодаря простоте их установки и возможности четырехкратного использования.

Технология формообразования полувкладышей методом холодного прессования без последующей механической обработки и наличие пористой поверхности способствуют созданию гидродинамического эффекта, который заключается в самопроизвольном создании несущего слоя между трущими поверхностями вала и вкладыша с увеличением эксплуатационных показателей, которые согласно [1] могут быть объяснены следующими причинами:

- тепловыми деформациями, создающими несущий клин;
- неодинаковой температурой трущихся поверхностей, искажающей линейный профиль скорости поперек масляного слоя и создающей подъемную силу;
- образованием смазочных микроклиньев.

Таким образом, тонкий полимерный слой, заполнивший пространство между сферическими поверхностями олова и бронзы разного диаметра с различными модулями упругости, создает упругодеформируемую поверхность, с созданием дополнительной несущей способности [2].

Большая податливость верхнего напыленного слоя при достаточной жесткости металлического основания материала вызывает необходимость проведения сравнительных испытаний по определению протяженности полей давлений, профиля зазора рабочей зоны, потерь на трение подшипников с баббитовой заливкой и металлофторопластовых.

Испытание подшипников с тонкостенными вкладышами [1, 2, 5] показали:

- универсальность их использования во многих узлах трения взамен остродефицитных антифрикционных материалов баббита и бронзы;
- нечувствительность к виду смазки;
- сохранение высоких антифрикционных свойств при снижении качества смазки и попадания воды;

- повышенную устойчивость при вибрационных нагрузках и снижении вибрационного фона;
- простоту технологии изготовления вкладышей;
- значительное снижение затрат на ремонт подшипниковых узлов технологического оборудования.

Широкое использование опорных узлов трения с тонкостенными вкладышами взамен традиционно используемых вкладышей из баббита и бронзы позволит обеспечить значительную экономию этих дефицитных материалов.

Широкое использование тонкостенных вкладышей в опорных узлах скольжения позволяет повысить эксплуатационную надежность, долговечность работы машин и механизмов в различных отраслях промышленности за счет:

- а) увеличения в 3 ... 5 раз сроков службы подшипников;
- б) сохранения высоких антифрикционных свойств при снижении качества смазки из-за ухудшения её химических свойств при высоких температурах и попадании воды;
- в) малой металлоемкости (в 10...15 раз меньше, чем при использовании обычных вкладышей из баббита и бронзы);
- г) высоких виброгасящих свойств и бесшумности процесса эксплуатации;
- д) снижение стоимости изготовления подшипников скольжения;
- е) снижение трудоемкости ремонтов в 20 и более раз в сравнении с баббитом;
- и) допускается 4-х кратное использование вкладыша без замены в период эксплуатации;
- к) при использовании тонкостенных вкладышей снижаются в 5...6 раз затраты на техническое обслуживание подшипниковых узлов технологического оборудования, что дает значительный экономический эффект.

Если учесть улучшение только отдельных характеристик (без ухудшения других) подшипника новой конструкции по сравнению с традиционными подшипниками с вкладышами из баббита и бронзы, то показатель конкурентоспособности (K^k) определится следующим образом:

$$K^k = \frac{K_a \cdot v_a + K_b \cdot v_b + K_e \cdot v_e}{K_{bc} \cdot v_c + K_k \cdot v_k + K_3 \cdot v_3}, \quad (1)$$

где $K_a = 3$ – уровень качества по долговечности;

$K_b = 10$ – уровень качества по металлоемкости;

$K_e = 20$ – уровень качества по ремонтпригодности;

$K_{bc} = \frac{1}{20} = 0,05$ – соотношение затрат на ремонт узлов машин с использованием подшипников новой конструкции;

$K_k = \frac{1}{5} = 0,2$ – уровень затрат на техническое обслуживание или эксплуатацию,

$K_3 = 8$ – уровень цены подшипника новой конструкции по сравнению с традиционно используемых подшипников с вкладышами из баббита и бронзы;

$v_a, v_b, v_e, v_c, v_k, v_3$ – весомости соответственно долговечности, металлоемкости, ремонтпригодности, затрат на изготовление и эксплуатацию в комплексной характеристике подшипника новой конструкции.

Для упрощения расчетов применим равнозначность $v_a = v_e = v_e = 0,33$; $v_c = v_x = 0,3$; $v_s = 0,4$. Тогда

$$K = \frac{3 \cdot 0,33 + 10 \cdot 0,33 + 20 \cdot 0,33}{0,05 \cdot 0,3 + 0,2 \cdot 0,3 + 8 \cdot 0,4} = 27,54.$$

Расчеты показывают, что даже по самым худшим оценкам конкурентоспособность подшипника новой конструкции весьма высока. Позиционирование данной новой продукции на рынке зависит в основном от соответствующей рекламы и технической информации о данном изобретении.

Следующим этапом реализации проекта будет привлечение инвестора, для которого на первое место выходит коммерческая выгода, связанная с экономическим эффектом от внедрения в производство подшипников новой конструкции.

В процессе реализации данного проекта имеет место экономический эффект I, II и III порядка.

Эффект I порядка (\mathcal{E}_I) проявляется у производителя тонкостенных вкладышей, II порядка (\mathcal{E}_{II}) – у производителей продукции производственно-технического назначения, III порядка (\mathcal{E}_{III}) – у производителей продукции с использованием оборудования с подшипниками с тонкостенными вкладышами. Они определяются из следующих соотношений:

$$\mathcal{E}_{III} = 0,35 \cdot \mathcal{E}_{III}^1; \quad (2)$$

$$\mathcal{E}_{II} = 0,35 \cdot \mathcal{E}_{II}^1; \quad (3)$$

$$\mathcal{E}_I = 0,35 \cdot \mathcal{E}_I^1, \quad (4)$$

где \mathcal{E}_I^1 , \mathcal{E}_{II}^1 , \mathcal{E}_{III}^1 – эффект соответственно I, II и III порядка при цене подшипника новой конструкции, равной его себестоимости.

Интегральный эффект производителей I, II и III порядка ($\mathcal{E}_{ипр}$) определяется из выражения:

$$(\mathcal{E}_{ипр}) = \mathcal{E}_I + \mathcal{E}_{II} + \mathcal{E}_{III}. \quad (5)$$

Интегральный эффект потребителей I, II и III порядка ($\mathcal{E}_{ип}$) = ($\mathcal{E}_{ипр}$).

Тогда стоимость научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ ($\mathcal{C}_{НИОКР}$) составит:

$$\mathcal{C}_{НИОКР} = \mathcal{Z}_{НИОКР} + \mathcal{E}_{НИОКР}; \quad (6)$$

где $\mathcal{Z}_{НИОКР}$ – совокупные затраты на НИОКР;

$\mathcal{E}_{НИОКР}$ – интегральный эффект НИОКР:

$$\mathcal{E}_{НИОКР} = 0,3\mathcal{E}_I^1 + 0,3\mathcal{E}_{II}^1 + 0,3\mathcal{E}_{III}^1.$$

Такое распределение интегрального эффекта позволит обеспечить взаимовыгодность разработчиков, производителей и потребителей подшипников новой конструкции.

Для инвестора на каждом уровне (порядке) использования проект с точки зрения доходности и ликвидности должен быть оценен с помощью следующих параметров:

- диаграммы финансовых потоков, или «кеш-флоу»;
- рентабельности инвестиций, или соотношение «затраты – выгоды»;
- чистого дисконтированного дохода в целом и в расчете на год;
- внутренней нормы доходности;
- срока окупаемости.

«Кеш-флоу» (CF) равна:

$$CF = \begin{matrix} \text{Чистая} \\ \text{прибыль по} \\ \text{проекту} \end{matrix} + \begin{matrix} \text{Амортизация} \\ \text{в} \\ \text{рабочем} \\ \text{капитале} \end{matrix} + \begin{matrix} \text{Капитальные} \\ \text{(инвестиционные)} \\ \text{затраты и изменения} \\ \text{в рабочем капитале} \end{matrix} \quad (7)$$

Когда $CF > 0$, проект дает доход, когда $CF < 0$ – требует дополнительных инвестиций, причем диаграмма отражает все этапы реализации проекта.

Соотношение «затраты – выгоды», или рентабельность инвестиций (PJ) показывает общую сумму поступлений, приходящуюся на одну денежную единицу инвестиционных затрат:

$$PJ = \frac{A}{K} \times 100\%, \quad (8)$$

где A – сумма дисконтированных доходов по проекту;

K – сумма дисконтированных инвестиционных затрат, когда $CF < 0$.

Недостатком показателя PJ является то, что он не учитывает объема получаемой выгоды, т.е. эффекта масштаба.

Выгоду и масштаб отражает дисконтированный чистый доход (NPV):

$$NPV = A - K. \quad (9)$$

Тогда срок окупаемости (T) определяется как отношение K к среднегодовым поступлениям (доходам).

В расчетах PJ, NPV и T ставка дисконта выбирается проектировщиком в определенной степени произвольно, т.е. объективность перечисленных показателей возможно недостаточная.

Поэтому проект оценивается и по внутренней ставке доходности JRR.

В сущности, это доходность самого проекта с учетом реинвестирования процентов.

В дополнение может быть сделан анализ чувствительности проекта от наиболее изменчивых параметров (объемов продаж, цен, затрат).

Таким образом, при проявлении интереса потенциальных заказчиков к представленному проекту по уточненным данным может быть оценена целесообразность реализации проекта в каждом конкретном случае.

Список литературы: 1. Воронцов П.А., Горкуша А.Е., Стеблянко В.Г. Исследование подшипников скольжения с металлофторопластовыми вкладышами. //Применение ко-

лебаний в технологиях. Материалы II Международной научно-технической конференции. – Винница: ВШ, 1994. – С. 124-125. **2.** Воронцов П.А., Семенов П.А., Кацура А.А. Об изнашивании металлофторопластовых подшипников в гидродинамических опорах скольжения высокооборотных машин. – Трение и износ, т. 12. – С. 56-62. **3.** Даниленко А.А. Ефективність прямих іноземних інвестицій у промисловість України //Фінанси України. – 2002. - № 6. **4.** Розенберг Ю.А. Влияние смазочных масел на долговечность деталей машин – М.: Машиностроение, 1970. – 313 с. **5.** Снеговский Ф.П. Энергетические потери на трение в трибосистеме шип–подшипник. Теория и эксперимент. //Проблемы трибологии, № 2, 2003. – С. 12-14. **6.** Чернець М.В. Оцінка несучої здатності, зносостійкості та довговічності підшипників ковзання. //Проблемы трибологии, № 2, 2002. – С. 3-7.

**ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИРОБНИЦТВА І
ВИКОРИСТОВУВАННЯ ТОНКОСТІННИХ УКЛАДОК
В ОПОРНИХ ВУЗЛАХ КОВЗАННЯ**

Беліченко А.Ф., Горкуша А.Ю., Стеблянюк В.Г.

Дані, які одержані під час проведених досліджень, щодо роботи підшипників ковзання з металлофторопластовими укладками, дозволяють зробити висновок, що вони можуть успішно використовуватися замість бронзи і бабіту. Економічно обґрунтована доцільність їх використання в опорних вузлах ковзання.

**ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА И
ПРИМЕНЕНИЯ ТОНКОСТЕННЫХ ВКЛАДЫШЕЙ
В ОПОРНЫХ УЗЛАХ СКОЛЬЖЕНИЯ**

Беличенко А.Ф., Горкуша А.Е., Стеблянюк В.Г.

Полученные в ходе проведенных исследований данные о работе подшипников скольжения с металлофторопластовыми вкладышами позволяют сделать вывод, что они могут успешно использоваться вместо бронзы и баббита. Экономически обоснована целесообразность их использования в опорных узлах скольжения.

**ESTIMATION OF ECONOMIC EXPEDIENCY OF PRODUCTION AND
APPLICATION OF THIN-WALLED BUSHES IN BEARING
BUNDLES OF SLIDING**

Belichenko A.F., Gorkusha A.Y., Stebljanko V.G.

Data, gained during researches done, about the operation of sliding rollers made with metalfluorineplastoc inserts enable us to conclude that they could be successfully substituted by the ones made from bronze or bobbin. The economic feasibility studies of their utilization in support jointure is suggested.