

хорошо себя зарекомендовали при эксплуатации в абразивно-агрессивных средах при переменной влажности и температуре, недоступности регулярной смазки и др., где применение серийно выпускаемых подшипников качения и металлических подшипников скольжения нецелесообразно из-за преждевременного выхода из строя не только подшипников, но и сопряженных с ними деталей.

Теоретическое обоснование и проведенные экспериментальные исследования позволили изучить поведение подшипников скольжения самосмазывающихся (ПСС) на основе древесины торцово-прессового деформирования при трении с учётом теплового баланса и определить их грузоподъемность и рациональную область применения. Результаты проведенных исследований были обобщены в номограмме.

Пользуясь номограммой и зная условия работы любого узла трения (скорость скольжения вала, диаметр вала, частоту вращения, расчетную нагрузку), можно ответить на вопрос о целесообразности замены подшипников качения на ПСС.

В результате проведенных расчетов предлагается следующая методика определения нагрузочной способности узла трения, переводимого на ПСС или вновь конструируемого:

- определяется количество отводимого тепла от зоны трения ПСС;
- по полученным данным, используя номограмму, определяем искомую нагрузочную способность, а также выбор серии и номера подшипника.

Экспериментальные результаты и подконтрольная эксплуатация позволяют сделать вывод о том, что ПСС обладают полной взаимозаменяемостью с подшипниками качения и скольжения из традиционных материалов. Они надежно работают в режиме самосмазки в абразивно-агрессивных и влажных средах при давлениях  $p$  до 17 МПа и скоростях скольжения  $v$  до 1,5 м/с, при этом фактор  $pv$  не должен превышать 3,5 МПа м/с. В то же время, как показали испытания, энергопотребление узлов трения с ПСС уменьшается в 1,3 раза. Результаты проведенных исследований позволяют сделать вывод о целесообразности внедрения разработанной технологии на транспорте и в машиностроении для ремонта узлов трения машин и механизмов.

УДК 621.891.003

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОТ ВНЕДРЕНИЯ ПСС В УЗЛАХ ТРЕНИЯ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

А.Б. Невзорова, В.И. Врублевская

Белорусский государственный университет транспорта,

г. Гомель, Беларусь

Экономическая эффективность и технико-экономические показатели являются важнейшим условием целесообразности применения подшипников скольжения самосмазывающихся (ПСС) на основе древесины объемного деформирования в промышленности и сельском хозяйстве.

Расчет годового экономического эффекта ( $\mathcal{E}$ , тыс. руб.) от внедрения древесины объемного деформирования производим по формуле

$$\mathcal{E} = [(C_3 + EK_3) - (C_n + EK_n)] A, \quad (1)$$

где  $C_3$  – себестоимость изготовления единицы продукции заменяемого подшипника;  $C_n$  – себестоимость изготовления нового подшипника из древесины объемного деформирования;  $K_3, K_n$  – удельные капитальные затраты на единицу продукции до и после замены;  $E$  – нормативный коэффициент сравнительной экономической эффективности (капитальных затрат), принимается равным 0,15 – 0,2;  $A$  – годовой объем производимой продукции.

Потребители не изготавливают ПСС, а получают готовыми. Поскольку их обрабатывают на тех же станках, что и старые, то  $K_3 = K_n$ , поэтому

$$\mathcal{E} = (C_3 - C_n) A. \quad (2)$$

В последнее время в эту формулу вводится показатель отчислений на реновацию изделия  $P = 1/T$ , где  $T$  – срок службы изделия, ч. Тогда

$$\mathcal{E} = (C_3 \cdot (P_3 + E) / (P_n + E) - C_n) A. \quad (3)$$

Однако формулы (1) и (3) не отражают действительной экономии, полученной от внедрения ПСС, так как не учитывается экономия от удлинения срока службы подшипников и шеек осей (валов), а также эффект, полученный от экономии дорогостоящих антифрикционных материалов и подшипников качения.

Реальный экономический эффект от внедрения ПСС в машиностроение может быть отражен в том случае, если будут учтены следующие основные показатели применения ПСС:

1. Экономия денежных средств, образуемая в результате замены ПК или ПС из дорогостоящих материалов (это экономия за счет снижения затрат на исходный материал) – экономия, получаемая производителями ПСС.

2. Экономия за счет увеличения долговечности (срока службы) ПСС в целом и высвобождения из потребления заменяемых ПК или ПС.

3. Экономия за счет сокращения затрат труда и времени на демонтаж и монтаж узлов трения, ремонт машин, механизмов в результате применения ПСС и увеличения срока службы машин (межремонтного пробега).

Поэтому предлагается расчет экономического эффекта от внедрения ПСС производить с учетом нового понятия экономического критерия – коэффициента замены  $K_3$ , определяемого как отношение срока службы новых ПСС ( $t_n$ ) к сроку службы заменяемых подшипников ( $t_3$ )

$$K_3 = t_n / t_3.$$

Коэффициент замены позволит определить массу сэкономленного металла, исключенного на изготовление замененных ПС или ПК

$$M_c^m = K_3 \cdot A_1 \cdot m_3^n / \eta_3,$$

где  $m_3^n$  – масса условно заменяемого подшипника до замены;  $M_3, M_{ПСС}$  – масса условно заменяемых подшипников до и масса ПСС после замены;  $\eta_3$  – коэффициент полезного использования исходного материала при изготовлении заменяемого подшипника. Значения  $\eta_3$  приведены в таблице.

Определение коэффициента замены  $K_3$  позволяет определить количество заменяемых деталей  $n_3$  за срок службы ПСС

$$n_3 = K_3 \cdot A_1 = (t_n / t_3) \cdot A_1$$

где  $A_1$  – количество эксплуатируемых новых ПСС.

Стоимость замененных подшипников определится из формулы

$$D_3^n = n_3 C_3 = K_3 \cdot A \cdot C_3 = (t_n / t_3) \cdot A_1 \cdot C_3;$$

где  $D_3^n$  – показывает, сколько сэкономлено денежных средств вследствие исключения из эксплуатации "старых" подшипников при переводе узлов трения на ПСС только за один срок службы нового ПСС.

Здесь же одновременно определяется количество ненужных операций проведения монтажа и демонтажа замененных ПК и ПС из других материалов в результате перевода узла трения на ПСС. На основе практического опыта установлено, что стоимость монтажа и демонтажа превышает стоимость детали в 2,5 – 5 раз. Мы принимаем эту стоимость  $D_3^{м/д} = 2,5 D_3$ , т. е. как среднюю стоимость монтажа и демонтажа заменяемых подшипников. Исключенные расходы на технику заменяемых подшипников  $D_3^т$  определяются также экспериментально. Кроме того, исключается необходимость применения смазки, т.к. подшипники работают в режиме самосмазки, упрощается конструкция узлов трения, не применяются сальники, иногда крышки подшипников и другие детали. Экспериментально установлено, что затраты на техобслуживание сокращаются и составляют  $D_3^у = 0,2 D_3^n$ .

Тогда формула определения экономического эффекта от внедрения ПСС с учетом  $K_3$  примет вид

$$\Xi = (C_3 \cdot (P_3 + E) / (P_n + E) - C_{псс}) A + (t_n / t_3) \cdot A_1 \cdot C_3 + 2,7 D_3.$$

Экономический эффект,  
полученный  
производителями ПСС

Экономический эффект,  
полученный  
потребителями ПСС

Сроки службы устанавливаются исходя из результатов ресурсных или эксплуатационных испытаний.

Средние значения коэффициентов полезного использования материалов при изготовлении вкладышей подшипников

Материал	Способ изготовления	$\eta_3$
Бронза, чугунные заготовки	Точение	0,7
Баббит и цветные сплавы	Заливка	0,9
Поликапролакам, фторопласт, полиэтилен и др.	Прессование	0,9
Текстолит, древесно-слоистый пластик	Из листовой заготовки	0,5
Древесина прессованная	Контурное прессование, торцовое гнутье и сборка из полувкладышей	0,8
	Одноосное прессование и сборка из полувкладышей	0,6
Древесина воздушно-сухая	Объемное торцово-прессовое деформирование	0,9