

УДК 677.051.125.2

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МОДЕРНИЗАЦИИ УЗЛА ТРЕНИЯ ПУТЕМ УСТАНОВКИ АЭРО- ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОДШИПНИКА

О.А. Войтович

Кандидат технических наук, доцент*

Контактный тел.: 095-096-89-01

E-mail: polina.volyn@mail.ru

И.А. Селиверстов

Кандидат технических наук, доцент*

Контактный тел.: 067-279-61-02

E-mail: sia-72@yandex.ru

*Кафедра основ конструирования
Херсонский национальный технический
университетБериславское шоссе, 24, г. Херсон, Украина,
73008

У статті проведено розрахунок експлуатаційних характеристик підшипників качення, встановлених в веретенах кільцепрядильних машин, аероелектромагнітних підшипників; виконаний порівняльний аналіз довговічності, зносостійкості, вантажопідйомності даних опор

Ключові слова: роликподшипник, аероелектромагнітний підшипник, веретено, частота обертання

В статье произведен расчет эксплуатационных характеристик подшипников качения, установленных в веретенах кольцепрядильных машин, аэроэлектромагнитных подшипников; выполнен сравнительный анализ долговечности, износостойкости, грузоподъемности данных опор

Ключевые слова: роликподшипник, аэроэлектромагнитный подшипник, веретено, частота вращения

The method of successive approximations is developed. The performance specifications of rolling bearings, installed in the spindles of ring spinning machines, air electromagnetic bearings is calculated in this work; the comparative analysis of durability, wear resistance, lifting capacity of given mountings is made

Keywords: roller bearing, air electromagnetic bearing, spindle, rotation speed

Введение

В узлах трения веретен кольцепрядильных машин, работающих при высокой частоте вращения, установлены роликподшипники, которые вызывают дисбаланс ротора, биения и повышенные вибрации, что приводит к обрывности и, соответственно, ухудшению качества пряжи.

Получение новых конструктивных и технологических решений при изготовлении узлов трения веретен со способностью исключения вибраций и повышения частоты вращения является актуальной задачей современной текстильной промышленности.

Основной материал

Одним из конструктивных методов повышения производительности прядильных машин предлагается модернизация веретена путем использования другой конструкции верхней опоры.

Для того чтобы обосновать техническую возможность такой модернизации, необходимо произвести анализ эксплуатационных характеристик подшипников качения, установленных в веретенах, и предлагаемых для замены аэроэлектромагнитных подшипников (АЭМП) [1].

Теоретический анализ эксплуатационных характеристик подшипников качения

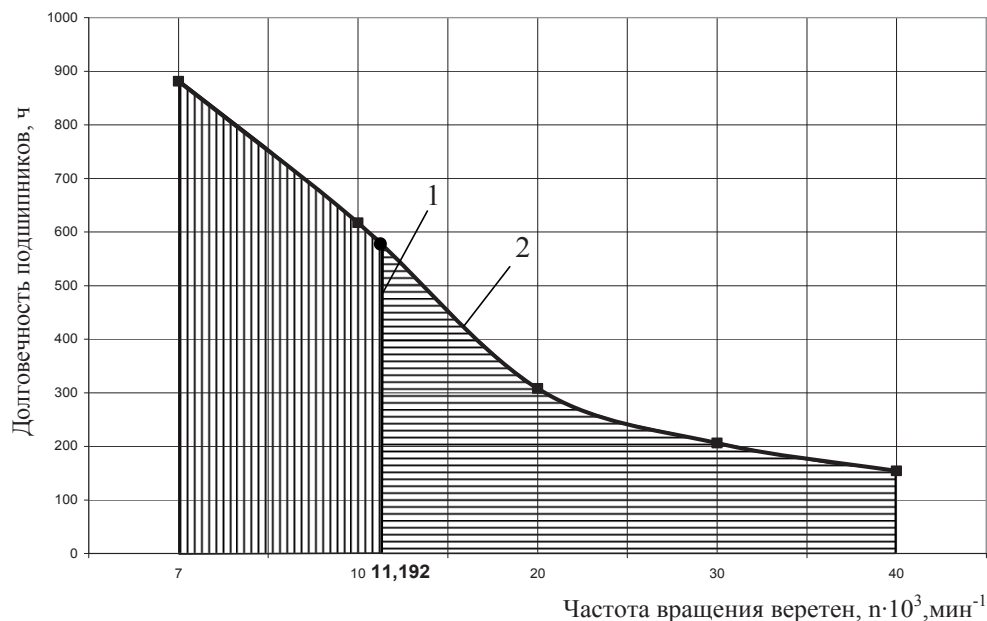
В веретенах кольцевых прядильных машин устанавливаются радиальные игольчатые роликподшипники типа 941/10.

Оценку грузоподъемности, долговечности и износостойкости подшипников качения, установленных в узлах трения веретен, произвели по методике, предложенной профессором Л.Я. Перелем [2].

Анализ расчета долговечности роликподшипников показал, что при повышении частоты вращения веретена, подшипники изнашиваются быстрее. Кроме того, при рабочей частоте вращения веретен 10000 мин⁻¹ признаки износа на поверхностях трения возникают уже через 617 ч. Как известно, на производстве подшипники меняют только при капитальном (и по необходимости – при среднем) ремонте, который производят один раз в 48 (при среднем – в 6) месяцев.

В связи с этим эксплуатация изношенных подшипников приводит к повышенной вибрации веретен, а соответственно, и скачкам натяжения нити, вызывающим обрывность и ухудшение качества пряжи.

Таким образом, была определена предельная частота вращения веретен, при превышении которой не обеспечивается расчетный срок службы подшипников: $n = 11192 \text{ мин}^{-1}$.



- 1 — предельная частота вращения веретена, мин⁻¹;
- 2 — номинальная долговечность подшипников, ч;
- расчетный срок службы подшипника обеспечивается;
- расчетный срок службы подшипника не обеспечивается;

Рис. 1. Зависимость долговечности подшипников от частоты вращения веретена

На рис. 1 представлена зависимость номинальной долговечности роликоподшипников от частоты вращения веретена.

Анализ графика показал, что величина предельной частоты вращения веретена составляет 11192 мин⁻¹, при этом срок службы подшипников 580 ч. Повышение частоты вращения веретен влечет более быстрое изнашивание поверхностей трения в результате увеличения момента и коэффициента трения в подшипнике.

Методика определения коэффициента трения предложена в работе [3], результаты расчетов моментов и коэффициентов трения в подшипниках качения, представлены в табл. 1.

Анализ полученных результатов показал, что момент трения в подшипниках качения возрастает с увеличением частоты вращения веретен и зависит от степени их нагружения. Причем, коэффициент трения также увеличивается с повышением частоты вращения.

Таблица 1

Моменты и коэффициент трения в подшипниках качения

Частота вращения, $n, \text{мин}^{-1}$	Момент трения $M, \text{Н·м}$	Коэф. трения, $f_{\text{тр}}$
7000	0,0034	$3,89 \cdot 10^{-4}$
10000	0,0040	$4,58 \cdot 10^{-4}$
20000	0,0058	$6,64 \cdot 10^{-4}$
30000	0,0073	$8,36 \cdot 10^{-4}$
40000	0,0086	$9,85 \cdot 10^{-4}$

Следовательно, увеличение частоты вращения шпинделей веретен с целью повышения производительности процесса прядения не представляется возможным при существующих подшипниках качения и требует модернизации узлов трения.

Теоретический анализ эксплуатационных характеристик аэроэлектромагнитного подшипника

В отличие от роликоподшипников, АЭМП обладает пониженным коэффициентом трения и требуемой подъемной силой. Результаты расчетов эксплуатационных характеристик аэроэлектромагнитного подшипника сведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты расчетов эксплуатационных характеристик АЭМП

Частота вращения веретена, $n, \text{мин}^{-1}$	Момент трения веретена, $M_{\text{т}}, \text{Нм}$	Аэродинамическая составляющая подъемной силы, $F_1, \text{Н}$	Потери на трение в подшипнике, $N_0, \text{Вт}$	Коэффициент трения, $f_{\text{тр}}$	Грузоподъемность подшипника, $F_{\text{Н}}$
7000	$1,78 \cdot 10^{-6}$	118,56	2,33	$1,67 \cdot 10^{-7}$	2129,76
10000	$1,85 \cdot 10^{-6}$	156	2,34	$1,71 \cdot 10^{-7}$	2167,2
20000	$3,1 \cdot 10^{-6}$	193,44	2,39	$2,81 \cdot 10^{-7}$	2204,64
30000	$4,16 \cdot 10^{-6}$	232,96	2,45	$3,71 \cdot 10^{-7}$	2244,16
40000	$5,1 \cdot 10^{-6}$	327,6	2,53	$4,36 \cdot 10^{-7}$	2338,8

Грузоподъемность АЭМП увеличивается с повышением скорости вращения. Это происходит за счет роста аэродинамической составляющей подъемной силы данного подшипника.

Анализ результатов расчетов [3] показал, что момент трения и коэффициент трения в подшипнике предложенной конструкции возрастают с увеличением частоты вращения, однако, в сравнении с роликоподшипниками эти показатели значительно ниже.

Следовательно, эксплуатационные характеристики АЭМП позволяют использовать его на высо-

ких частотах вращения в течение длительного промежутка времени в связи с отсутствием контактного трения и, соответственно, износа сопрягающихся поверхностей.

Сравнительный анализ параметров подшипников качения и АЭМП

Сравнительный анализ показал, что момент трения в подшипниках всех типов увеличивается с возрастанием нагрузки. Однако момент трения в подшипниках качения достигает значительной величины при высокой частоте вращения и относительно небольших нагрузках. Это связано с гидродинамическими потерями в смазке, зависит от условий смазки и ее вязкости [4].

В АЭМП отсутствует система смазки и трение в $2 \cdot 10^3$ раза ниже, чем в роликоподшипнике.

Результаты расчетов показали, что коэффициент трения в подшипниках всех типов возрастает с увеличением частоты. Причем, коэффициент трения в АЭМП в $2,3 \cdot 10^3$ раза ниже, чем в роликоподшипнике. Настолько малая величина коэффициента трения в АЭМП еще раз подтверждает бесконтактное вращение вала в опоре и в связи с этим длительную долговечность.

Для определения способности выдерживать радиальную нагрузку, а значит, и подавлять вибрации, был проведен сравнительный анализ подъемной силы двух видов подшипников (рис. 2).

Учитывая, что грузоподъемность показывает способность подшипников воспринимать радиальные нагрузки, то есть препятствовать возникновению колебаний вала [3], можно сделать вывод, что АЭМП обладает большей центрирующей способностью, чем подшипники качения.

Так, грузоподъемность АЭМП на частоте 10000 мин^{-1} на 24% выше, чем грузоподъемность роликопод-

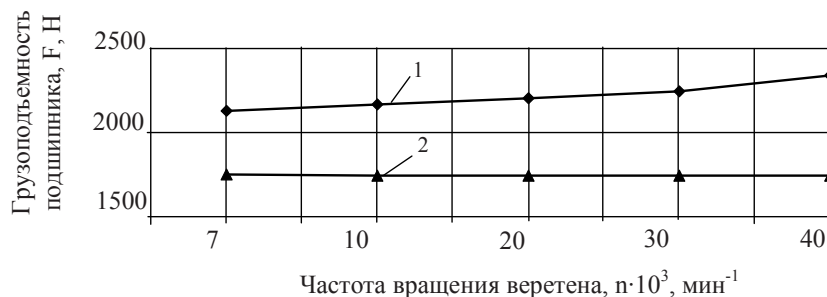


Рис. 2. Зависимость грузоподъемности подшипников от частоты вращения веретена: 1 – грузоподъемность АЭМП; 2 – грузоподъемность роликоподшипника

шипника. Причем, их разница увеличивается и повышается частоты вращения.

Поэтому применение АЭМП в качестве верхней опоры веретена обосновано с технической точки зрения и можно предположить, что модернизация веретена с использованием аэроэлектромагнитного подшипника стабилизирует натяжение нити в процессе получения пряжи, снизит обрывность и улучшит качество продукта.

При этом АЭМП позволяет работать на сверхвысоких скоростях, что является перспективой совершенствования прядильного оборудования.

Выводы

Таким образом, в АЭМП снижены трение и износ, отсутствует система смазки, он имеет длительный ресурс работы, причем, центрирующая способность выше, чем в используемых в узлах трения веретен подшипниках качения.

Следовательно, применение АЭМП вместо существующих подшипников дает возможность снизить обрывность, улучшить качество пряжи, увеличить скорости вращения и повысить производительность процесса прядения.

Литература

1. Пат. 25920 Україна, МПК F 16 C 17/02. Аероелектромагнітний підшипник ковзання / О.П. Костогриз, О.А. Войтович. - № u 2007 04511; заявл. 23.04.2007; опубл. 27.08.2007, Бюл. № 13. - 5с.: ил.
2. Перель Л.Я. Подшипники качения: Расчет, проектирование и обслуживание опор: справочник/ Л.Я. Перель. - М.: Машиностроение, 1983. - 543 с.
3. Войтович О.А. Удосконалення технології отримання пряжі кільцевого способу прядіння: автореф. дис. на соискание степени канд.техн.наук: спец. 05.18.19 «Технологія текстильних матеріалів, швейних і трикотажних виробів» / О.А.Войтович. - Херсон, 2009. - 28 с.
4. Чернавский С.А. Подшипники скольжения/ С.А. Чернавский. - М.: „Машгиз“, 1963.-244с.