

импортными подшипниками потребляет 18 А. После установки в узлы трения подшипников скольжения самосмазывающихся на основе древесины объемного деформирования произошло снижение потребления тока до 15 А.

Исходя из полученных данных, перевод ленточных транспортеров на ролики с ПСС приводит к снижению потребления электроэнергии приводом в сравнении с ленточными транспортерами, работающими в идентичных условиях как на импортных металлических, так и на отечественных металлических шарикоподшипниках. Кроме того, ПСС не уступают им по надежности, более просты в технологии изготовления, а стоимость их ниже.

УДК 621.822-035.3

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ УЗЛОВ ТРЕНИЯ С ПОДШИПНИКАМИ НА ОСНОВЕ ДРЕВЕСИНЫ

В. И. ВРУБЛЕВСКАЯ, К. М. СИДОРЕНКО, В. Г. ХВОРЫГИН, А. Б. НЕВЗОРОВА

Белорусский государственный университет транспорта

Одной из основных проблем машиностроения является долговечность и надежность машин, которые, как показала практика, в основном определяются выходом из строя подвижных сопряжений, меняющих свои размеры под воздействием сил трения. Это приводит к потере точности, понижению КПД машин, а также к отказам их в работе по причине задигов и заедания подвижных сопряжений.

В связи с этим в БелГУТе создан новый износостойкий подшипниковый материал на основе прессованной древесины, пропитанной смазками, модифицированными искусственными полимерами. С использованием этого материала были разработаны подшипники скольжения самосмазывающиеся (ПСС) для внедрения их в узлы трения различных машин и механизмов. Но вместе с тем успешное решение проблемы повышения надежности того или иного узла трения при внедрении ПСС зависит от того, насколько точно будут предварительно определены триботехнические характеристики узла трения.

Однако при лабораторных испытаниях это обусловлено исключительной сложностью моделирования всего процесса трения с соблюдением необходимых условий идентичности физической модели с натурными образцами. Поэтому при прогнозировании и анализе процесса трения фрикционных узлов без длительных экспериментов в лабораторных и в производственных условиях наиболее приемлемо математическое моделирование. Основные закономерности работоспособности ПСС выявляются на физических моделях экспериментально, на них строится математическая модель.

Успешное проведение математического эксперимента в значительной степени зависит от правильного выбора плана эксперимента, который, кроме того, определяет статистический анализ результатов. Выбор метода анализа зависит от алгебраической модели, подходящей к различным способам обработки данных, и от известного или предполагаемого распределения вероятностей ошибок измерения.

В нашем случае математическая модель процесса трения – нелинейная, тогда она может аппроксимироваться полиномом. Однако при получении математической модели количество необходимых опытов при возрастании числа членов этого полинома резко увеличивается. В связи с этим нужно иначе решать вопросы о числе уровней, центре эксперимента и принципах оптимальности применяемых планов.

Для решения этих вопросов использован дифференцированный подход, который представляет собой совокупность (синтез) численных методов и методов теории планирования эксперимента.

Суть данного подхода заключается в следующем.

- 1 Предполагается, что экспериментальные данные покрывают не менее 30 % области прогнозируемого режима работы узла трения и занимают область от $-1 \cdot A$ до $1 \cdot A$ в центре области (Е).
- 2 С помощью полиномиальной аппроксимации по методу наименьших квадратов (полиномиальной регрессии) определяются значения области всех режимов работы узла, которые покрывают от $-1,5 \cdot A$ до $-1 \cdot A$ и от $1 \cdot A$ до $+1,5 \cdot A$.

3 В области данных от $-2 \cdot A$ до $-1,5 \cdot A$ и от $1,5 \cdot A$ до $2 \cdot A$ значения определяются с помощью метода рототабельного центрально-композиционного планирования.

4 В области данных менее $-2 \cdot A$ и более $2 \cdot A$ значения определяются способом статистического прогнозирования методом Монте-Карло.

5 После определения значений области всех режимов работы узла с помощью метода кубической интерполяции на неравномерной сетке определяем итоговые уравнения, описывающие математическую модель.

Основной отличительной особенностью данного подхода является применение разных методов прогнозирования в зависимости от удаленности от области экспериментальных данных (глубины прогноза). В случае применения какого-либо одного метода на всей прогнозируемой области погрешность прогноза была бы неравномерной и в зависимости от метода в определенных областях имела бы большие значения. Применение этой методики позволяет осуществлять прогноз с равномерной погрешностью по всей области режимов работы узла трения.

Применение данного метода невозможно без соответствующего программно-аппаратного обеспечения, поэтому разработана программа для прогноза поведения основных характеристик ПСС (f, t) при определённых режимах работы узла трения ($v, p, Ra, t_{\text{окр}}$). Данная программа в качестве вычислительного ядра использует пакет MATLAB (не ниже версии 5.3). Расчётные модели могут быть представлены в виде трёхмерных поверхностей, что представляет интерес для исследователей, так как позволяет визуально определять зоны так называемого "шума", т. е. возможных погрешностей эксперимента. Помимо этого программа содержит в себе реляционную базу данных по стандартным ПСС, которая позволяет осуществить выбор необходимого подшипника, что представляет интерес для конструкторов. База данных реализована с помощью механизма BDE (Borland Database Engine). Результаты расчётов оформляются в виде отчёта. Для взаимодействия с другими программами предусмотрен экспорт и импорт данных в форматы (*.txt, *.html, *.dbf).

Разработанная программная оболочка и математическая модель подшипников скольжения позволяет не только с большой точностью спрогнозировать поведение материала в условиях воздействия на него внешнесиловых факторов, но и уменьшить материальные и временные затраты на лабораторные и производственные испытания.

УДК 648.28

ВЛИЯНИЕ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЦЕЛЛЮЛОЗОСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ПЕЧАТНОГО ТЕКСТА К ИСТИРАНИЮ

В. Т. ГАВРИЛЬЧИК

Белорусский государственный университет транспорта

Плазмохимическая обработка бумаги позволяет придать ей новые потребительские свойства, такие, например, как гидрофобность или гидрофильность, износостойкость, биологическую устойчивость. В данной работе проведено исследование влияния плазмохимической обработки бумаги на свойства бумаги и устойчивость печатного текста к истиранию.

Процесс модифицирования пленочных целлюлозосодержащих материалов осуществлялся путем их обработки в активной газовой фазе, образованной электронно-лучевым диспергированием политетрафторэтилена (ПТФЭ) или полиимида (ПИ). В ряде случаев бумага предварительно подвергалась обработке в плазме импульсного барьерного разряда при атмосферном давлении.

Исследование устойчивости модифицированной бумаги к истиранию состояло из следующих этапов: подготовка образцов (обработка, печатание текста), истирание, сканирование, автоматическое распознавание текста, подсчет ошибок при распознавании текста. Текст размером 80x25 мм, состоящий из 361 символа, наносился на лист писчей бумаги с помощью лазерного принтера.

Испытания на циклическое истирание проводили на специализированной машине возвратно-поступательного трения. Истирание образцов с напечатанным текстом проводилось сухим (бумага) и влажным (бязь, смоченная водой) плоским индентором при нагрузке 9,8 Н.

Об адсорбционных свойствах обработанной бумаги судили по результатам анализа зависимости числа ошибок считывания текста при сканировании от количества циклов истирания и времени впитывания бумагой капли жидкости.