



## КОМПЬЮТЕРИЗАЦИЯ УЧЕБНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

УДК 621.891:678.5.066.3.004.14

***Л.И. Евельсон***

Евельсон Лев Игоревич родился в 1962 г., окончил в 1985 г. Брянский институт транспортного машиностроения, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой информационных технологий Брянской государственной инженерно-технологической академии. Имеет более 50 работ в области трибоинформатики.



### **ПРОЕКТИРОВАНИЕ УЗЛОВ ТРЕНИЯ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ**

Изложены теоретические основы информационного обеспечения автоматизированного проектирования узлов трения, содержащих элементы, изготавливаемые из древесных композиционных материалов; предложено использовать интегрированные экспертные системы для накопления, обработки, хранения и представления сведений о древесных композитах; использован нечетко-множественный и статистический подходы.

*Ключевые слова:* древесные композиционные элементы, интегрированные экспертные системы, автоматизированное проектирование

Потенциальные возможности использования в машиностроении древесных композиционных материалов и деталей из них очень велики. Применение древесных частиц (щепка, опилки и т.д.) в сочетании с металлами, полимерами и минералами по имеющимся в литературе сведениям позволяет получить десятки тысяч новых материалов (если принять во внимание варьирование пород древесины, плотности, глубины пропитки и т.д.).

Древесные композиты, по сравнению с традиционными металлическими и полимерными материалами, характеризуются низкой трудоемкостью и энергоемкостью изготовления и обработки, малой плотностью и теплопроводностью, хорошей демпфирующей способностью при достаточно высокой прочности. Возобновляемость и высокая экономическая эффективность делают такие материалы весьма привлекательными. Широкие перспективы имеет применение древесных композитов для изготовления узлов трения, например подшипников скольжения.

Одной из причин, сдерживающих до настоящего времени использование древесных композиционных материалов, является недостаток информации о их свойствах и поведении в условиях эксплуатации.

Методов расчета и проектирования деталей из древесных композитов разработано меньше, чем для традиционных материалов. Для количественных параметров древесных композитов характерен довольно широкий разброс, вызванный сильным влиянием как количественных, так и качественных факторов: влажности, целостности древесины, формы частиц, их ориентации и т.д.

Имеющиеся справочные данные [1] носят, как правило, детерминированный характер, т.е. чаще всего приводятся только некоторые средние значения, дополненные различными номограммами и эмпирическими формулами. Во многих случаях указываются отдельные количественные значения, соответствующие определенным сочетаниям влияющих на них факторов.

В настоящей статье предложена концепция автоматизированной информационной системы при проектировании подшипников скольжения из древесных композитов.

Ранее в [2, 3] представлен общий подход к созданию информационного обеспечения автоматизированного проектирования узлов трения вообще и, в частности, подшипников скольжения. Предложено использовать технологию интегрированных экспертных систем (ИЭС), включающих базы данных (БД), экспертные системы, расчетные блоки, объединенный механизм вывода результатов и интерфейс пользователя.

Основные БД содержат сведения о наименованиях (марках) древесных композитов, используемом сырье, способе приготовления наполнителя, количественных характеристиках материалов и т.д. Эта часть информации хранится и извлекается с помощью достаточно отработанных к настоящему времени технологий применения систем управления базами данных (СУБД), которые можно уже отнести к разряду традиционных.

Для определения зависимости количественных характеристик древесных композиционных материалов от различных количественных факторов предложено использовать нечетко-множественный подход. Качественную информацию (в том числе рекомендации по области применения) структурируют с помощью технологий ЭС, используют продукционную модель представления знаний. Для этого формируют систему правил «ЕСЛИ...ТО». Подаваемая на вход информация расщепляется на количественные и качественные факты, например «влажность березы равна 8 %» или «требования по условиям эксплуатации – высокая точность» и т.д.

Нечеткие зависимости для количественных факторов аналогичны регрессионным полиномиальным моделям, которые применяют в теории планирования эксперимента. В условиях явной недостаточности представительных статистических данных нечеткие функции позволяют достаточно корректно учесть имеющуюся информацию. Логический вывод результатов представляет собой построение цепочек правил, входящих в ЭС и стыкующихся между собой путем сопоставления фактов, содержащихся в соответ-

ствующих частях «ЕСЛИ» и «ТО» правил. Для каждого правила задают коэффициент уверенности  $k_y$ , удовлетворяющий условию  $0 \leq k_y \leq 1$ . Сопоставление как количественных, так и качественных фактов также сопровождается оценкой  $k_y$ , которую для количественных факторов выполняют по известным методам теории нечетких множеств [4], для качественных – с помощью ранжировочных шкал, по степени близости. Результирующий  $k_y$  определяют с использованием формул теории вероятностей. Предлагается байесовский подход.

Апробацию предлагаемой концепции и методик разработки и применения ИЭС осуществляли при проектировании подшипника скольжения с вкладышем из прессованной древесины и металлической таврообразной вставкой. Конструкция подшипника, рекомендованная для текстильных машин и деревообрабатывающих станков, была запатентована [5], а изготовленные опытные образцы успешно прошли производственные испытания на ряде промышленных предприятий Брянской области.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вигдорович, А.П. Древесные композиционные материалы в машиностроении [Текст]: справочник / А.П. Вигдорович, Г.В. Сагалаев, А.А. Поздняков. – М.: Машиностроение, 1991. – 240 с.
2. Евельсон, Л.И. Автоматизированное проектирование узлов трения [Текст] / Л.И. Евельсон // Измерения, автоматизация и моделирование в промышленности и научных исследованиях (ИАМП-2000): матер. 1-й Всерос. научн.-техн. конф., 8–9 июня 2000 г. – АлтГТУ, 2000. – С. 54–58.
3. Евельсон, Л.И. Компьютерная технология анализа и синтеза узлов трения на основе баз данных и экспертных систем [Текст] / Л.И. Евельсон [и др.] // Трение и износ. – 2000. – Т. 21, № 4. – С. 380–385.
4. Мушик, Э. Методы принятия технических решений [Текст] / Э. Мушик, П. Мюллер; пер. с нем. – М.: Мир, 1990. – 208 с.
5. Пат. 2226240 РФ, Ф 16 С 33/04. Подшипник скольжения [Текст] / Е.А. Памфилов, Л.И. Евельсон, А.П. Симин, Е.В. Шевелева. – Заяв. 23.11.2001; опубл. 27.03.2004, Бюл. № 9.

*L.I. Evelson*

#### **Designing Friction Units Based on Integrated Expert Systems**

Theoretical bases of informational support for computer-aided design of friction units containing elements produced of wooden composite materials are provided; it is suggested to use integrated expert systems for accumulating, processing, storing and providing information about wood composites; fuzzy-multiple and statistical approaches are applied.

---