

УДК 62-233.2:681.5.001.63

Л.И. Евельсон, Е.А. Памфилов, А.П. Симин, Е.В. Шевелева

Евельсон Лев Игоревич родился в 1962 г., окончил в 1985 г. Брянский институт транспортного машиностроения, доцент, кандидат технических наук, заведующий кафедрой информационных технологий Брянской государственной инженерно-технологической академии. Имеет более 50 работ в области динамики и прочности машин и разработки систем автоматизированного проектирования.



Памфилов Евгений Анатольевич родился в 1941 г., окончил в 1964 г. Брянский институт транспортного машиностроения, заслуженный деятель науки РФ, профессор, доктор технических наук, заведующий кафедрой механической технологии древесины Брянской государственной инженерно-технологической академии. Имеет более 250 печатных работ в области обеспечения долговечности машин и оборудования.



Симин Андрей Петрович родился в 1977 г., окончил в 1999 г. Брянский государственный технический университет, кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий Брянской государственной инженерно-технологической академии. Имеет 9 работ в области динамики и прочности машин и материаловедения.



Шевелева Елена Викторовна родилась в 1978 г., окончила в 2000 г. Брянскую государственную инженерно-технологическую академию, инженер кафедры механической технологии древесины Брянской государственной инженерно-технологической академии. Имеет 17 работ в области использования модифицированной древесины и древесно-металлических композиционных материалов для изготовления подшипников скольжения.



ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДРЕВЕСНО-МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ

Предложена структура информационной системы для решения задач трибологического материаловедения и автоматизированного проектирования вкладышей подшипников скольжения на основе древесно-металлических материалов с применением экспертных систем и баз данных. Рассмотрены вопросы оценки достоверности получаемых в процессе экспертного анализа результатов.

Ключевые слова: подшипник скольжения, древесно-металлические композиционные материалы, экспертная система, трибологическая информационная система, автоматизированное проектирование.

Одной из важных задач проектирования подшипников скольжения является выбор материала вкладыша, обладающего наилучшими антифрикционными свойствами и износостойкостью для заданных условий эксплуатации. Для обеспечения оптимального проектирования необходимо, исходя из условий работы, выделить и систематизировать свойства материала, определяющие работоспособность подшипникового узла.

Повышение трибологических характеристик вкладышей подшипников скольжения из прессованной древесины может быть достигнуто созданием древесно-металлических композиций [1], что позволяет в значительной степени уменьшить температуру в зоне трения, повысить долговечность вкладыша по критерию износа и управлять физико-механическими характеристиками материала вкладыша. Изменяя значения различных параметров, можно подобрать наилучшее их сочетание для получения необходимой прочности, теплопроводности, диссипативных и трибологических свойств материала применительно к конкретно заданным условиям работы подшипниковых узлов деревообрабатывающего оборудования.

Для совершенствования процесса проектирования древесно-металлических подшипников скольжения предлагаем использовать экспертные оценки. Среди существующих экспертных оценок известны разработки С.М. Захарова и Д.Я. Стадникова. Дальнейшее развитие этого направления имеет перспективу в создании информационной системы, ориентированной для решения задач трибологического материаловедения и, в частности, для оптимизации свойств антифрикционных древесно-металлических материалов вкладышей подшипников скольжения. Проектируемая информационная система должна обеспечивать возможность использования баз результатов экспериментальных исследований, автоматизированной подсистемы их анализа, таблиц данных о свойствах материалов, экспериментальных установках, методиках и др. Система должна обладать способностью интеграции в систему внешних расчетных модулей и подсистему создания экспертных систем на основе имеющихся данных и расчетных моделей.

Приведенная на рис. 1 схема взаимодействия показывает необходимые связи между блоками, среди которых центральное место отведено экспертной оценке. Блок обработки результатов эксперимента содержит специализированную экспертную систему для полного анализа вводимой и существующей информации. Полученные после обработки результатов эксперимента регрессионные зависимости можно сохранить для использования в вычислениях или составления правил новой экспертной системы, что связывает блок обработки результатов эксперимента и экспертную систему пользователя.

Существует другой путь взаимодействия, выполненный через блок оптимизации результатов эксперимента. В этом случае для сохраненного и обработанного эксперимента может быть найдено оптимальное значение отклика в заданной области факторного пространства или за ее границами. Полученные результаты также могут быть использованы как значения фактов.

Наличие вычислительного блока необходимо для применения функциональных зависимостей. Несмотря на то, что использование экспертных оценок в большей мере направлено на решение трудно формализуемых задач, в которых основную роль играют качественные факты, при решении технических задач нельзя обойтись без расчетных зависимостей.

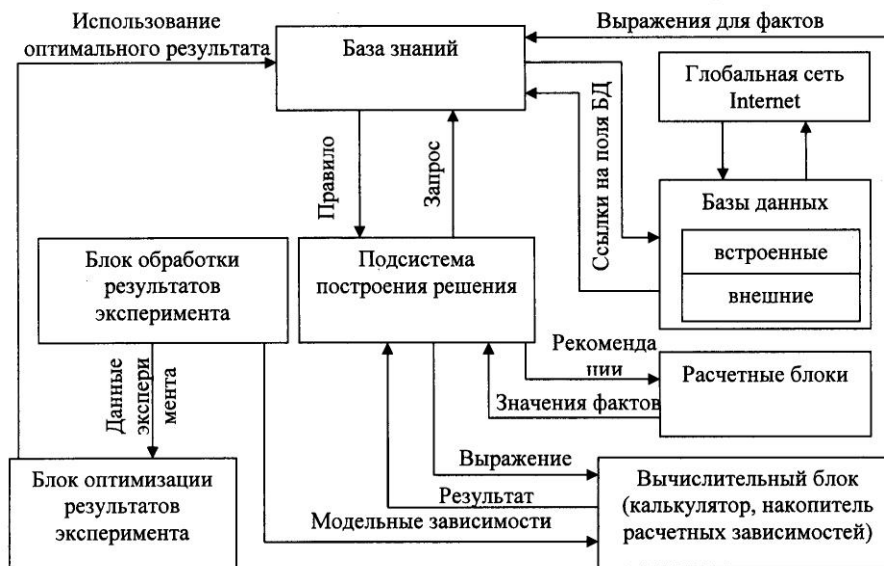


Рис. 1. Схема взаимодействия блоков информационной системы

Отсюда возникает прямая необходимость в наличии некоторого транслятора математических выражений – вычислительного блока.

Большое значение для экспертной оценки играют механизм построения решения, базы знаний и базы данных. В предлагаемой программе алгоритм построения решения составлен в соответствии с используемой моделью представления знаний и предполагает поиск прямых и обратных цепочек решения. Применяемые таблицы базы данных делятся на две категории: встроенные (или специализированные), содержащие сведения о трибологических свойствах материалов, и внешние, созданные отдельно от системы и присоединенные к ней на этапе работы с программой. Современный уровень развития глобальной сети предоставляет возможность доступа к базам данных, размещенных на FTP-серверах, что позволяет расширять существующие таблицы данных, присоединять их к системе и применять в дальнейшем для работы. Таблицы данных можно использовать для факта (фактов) информационной системы, что позволяет автоматизировать поиск

и выборку данных. Базы знаний связаны со всеми существующими блоками системы в той или иной мере и представляют собой систему знаний эксперта, которая обрабатывается основным блоком экспертной системы – модулем поиска решения.

Накопление и анализ экспериментальной информации выполняют с использованием блока обработки результатов эксперимента. Схема этого блока представлена на рис. 2.

В системе принята следующая классификация баз данных: по объемным свойствам материалов; по конструкциям узлов трения (графическая); по испытательному оборудованию; по материалам (марки, состав, технологии и т.д.); по терминам и понятиям (гlossарий); по методам лабораторных испытаний (название, показатели, методика, образцы, оборудование и т.д.). Большую роль в обработке и анализе информации играет разработанная нами экспертная оболочка. Экспертная оболочка служит для пополнения базы знаний, способа их обработки и отображения полученных результатов.



Рис. 2. Схема взаимодействия элементов блока обработки результатов эксперимента

В качестве модели представления знаний была принята продукционная модель, основанная на формировании правил типа «Если..., то ...». Поиск решения можно выполнять в прямом и обратном направлениях, при этом для получаемого результата вычисляют его достоверность (коэффициент уверенности), находящийся в пределах [0; 1].

Для определения достоверности суждения указывают весовые коэффициенты фактов и достоверность каждого правила. На достоверность поиска влияют результаты сравнения значений каждой пары фактов, для представления которых используют методы теории нечетких множеств. Учет весовых коэффициентов выполняют при определении соответствия списка фактов на этапе поиска продукции. При этом полученную на этапе сравнения достоверность делят на весовой коэффициент факта:

$$P_{\text{факт}} = \prod_i P_i / q_i.$$

Если $p_i = 0$, то $P_{\text{факт}} = P_{\text{факт}}(1 - q_i)$,

где p_i – достоверность равенства факта;

q_i – весовой коэффициент факта;

$P_{\text{факт}}$ – достоверность равенства одного набора фактов другому, причем

если $\frac{p_i}{q_i} > 1$, то $\frac{p_i}{q_i} = 1$.

Таким образом, при высоких значениях весового коэффициента вероятность выбора события уменьшается, при малых – увеличивается, но не превышает 1. Для исключения возможности выбора “продукций”, в которых факты будут иметь низкие весовые коэффициенты, необходим учет суммарного веса правила. Для этого достоверность каждой выбранной продукции умножается на относительный весовой коэффициент правила:

$$P_{\Sigma} = P_{\text{факт}} \frac{\sum_{i=1}^n q_i}{n}$$

где P_{Σ} – достоверность одного набора фактов другому с учетом весовых коэффициентов;

q_i – весовой коэффициент i -го факта.

Приведенная зависимость позволяет учитывать достоверность и степень значимости выбранной продукции, что используется при составлении дерева суждений. Вместе с тем, необходимо оценить его достоверность не только с точки зрения равенства фактов, но и с учетом коэффициента уверенности самого правила при прямом и обратном суждениях. Для такого случая достоверность дерева суждений будет определяться по формуле

$$P_i = P_{\Sigma} K U_{\text{пр/обр}} P_{i-1}$$

где P_i – достоверность текущего дерева суждений;

P_{i-1} – достоверность дерева суждений на предыдущем шаге;

$K U_{\text{пр/обр}}$ – коэффициент уверенности при прямом (или обратном) суждении.

Таким образом, к моменту поиска следующего правила мы имеем значения достоверности совпадения правил и достоверность дерева суждений, что позволяет оценить правильность полученного решения на каждом шаге и в конце вычислений. На основании изложенной структуры трибологической информационной системы с использованием среды разработки C++Builder 5.0 была создана компьютерная программа, с помощью которой была разработана экспертная система выбора композиционного антифрикционного материала для изготовления древесно-металлических вкладышей подшипников скольжения деревообрабатывающих станков [2]. Опытные конструкции подшипников прошли промышленную апробацию и были рекомендованы для серийного производства.

В настоящее время в Брянской государственной инженерно-технологической академии ведется разработка экспертных систем для оптимального выбора древесной составляющей и технологии ее модифицирования, планируется создание конечно-элементной модели модифицированной древесины для оценки прочности и теплопроводности композиционных материалов, изготавливаемых на ее основе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Памфилов Е.А. Исследование древесно-металлических композиционных материалов на основе модифицированной древесины / Е.А. Памфилов, А.П. Симин, Е.В. Шевелева // Деревообраб. пром-сть. – 2004. – № 1. – С. 12-15.

2. Памфилов Е.А. Программное средство для создания трибологических экспертных систем / Е.А. Памфилов [и др.] // Перспективы развития лесного и строительного комплексов, подготовки инженерных и научных кадров на пороге XXI века (5–7 окт. 2000 г.): сб. информ. материалов МНТК. Ч2.– Брянск: БГИТА, 2000.

Брянская государственная
инженерно-технологическая академия

L.I. Evelson, E.A. Pamfilov, A.P. Simin, E.V. Sheveleva

Design of Wood-and-metal Friction Bearings

The structure of the information system is proposed for solving problems of tribological material science and computer-aided design of friction bearing brasses based on wood-and-metal materials by using expert systems and databases. Questions of reliability rating of the results obtained in the process of expert analysis are considered.

