

УДК 621.893

В.В. Илюшин, В.В. Белопашенцев  
(V.V. Ilyushin, V.V. Belopashentsev)  
УГЛТУ, Екатеринбург  
(USFEU, Ekaterinburg)

**ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НЕЧЕТКОГО  
МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
РЕМОНТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ  
(PERSPECTIVES OF INDISTINCT MODELLING APPLICATION IN-  
CREASE EFFECTIVENESS OF TECHNICAL EQUIPMENT  
REPAIRING)**

*Обозначена многофакторность и сложность моделирования процессов трения в условиях ремонтного производства. Предложено прогнозировать поведение систем, применяя нечеткое моделирование*

*Many factors and complexity of friction process modelling in rearing production condition is designated. It is offered to predict system behavior applying indistinct modelling.*

Организационная и техническая модернизация народного хозяйства требует интенсификации использования транспортных и технологических машин и оборудования. Поэтому одной из основных задач машиностроения является увеличение надежности своей продукции.

Повышение качества, надежности, экономичности и производительности машин, снижение их удельной материалоемкости как при производстве, так и при ремонте, достигается, прежде всего, применением современных материалов и технологий, позволяющих повысить прочность, износостойкость, коррозионную стойкость деталей и эксплуатационных характеристик механизмов.

С другой стороны, срок службы отремонтированных машин не превышает 50-60 % от нормативных показателей. Это обусловлено тем фактом, что в непрерывно ужесточающихся условиях экономии ресурсов, ремонтные службы значительную часть запасных частей восстанавливают или изготавливают собственными силами. Такие детали имеют значительные отклонения от требований технической документации, что снижает качество ремонта и приводит к пониженному сроку службы восстановленного оборудования.

В последнее время перспективным является применение антифрикционных материалов и разного рода присадок к маслам, позволяющих реализовать режим избирательного переноса и безызносности в подшипниковом узле. Благодаря избирательному переносу в режиме граничной смазки

можно резко снизить трение и почти полностью исключить износ трущихся поверхностей.

Наиболее подходящим металлом для использования в безыносных парах считается медь, так как она при надлежащей смазке достаточно стойка против окисления и не наклепывается, легко восстанавливается из окислов и прочно адсорбирует смазку. Самая распространенная фрикционная пара для реализации безыносного трения – это сталь-бронза. Смазочная среда должна быть восстановительной по отношению к окислам меди и окислительной к другим компонентам бронзы. Оптимальной смазкой является глицерин, который, действуя как слабая кислота, растворяет цинк, свинец, железо. Внешнее трение всегда сопровождается электрическими явлениями, так как процесс образования адгезионной связи между соприкасающимися поверхностями разнородных твердых тел приводит к возникновению в контакте двойного электрического слоя. Это, в конечном итоге, обеспечивает образование на поверхности бронзы слоя медной пленки и ее фрикционно-механический перенос на контртело. На поверхностях трения возникают два одноименно заряженных слоя (сервоитных пленки) и, как следствие, кулоново отталкивание этих слоев, снижающее адгезионное взаимодействие и соответственно общую силу трения в сопряжении. Таким образом, перенос является избирательным. Затем процесс растворения прекращается и происходит установившийся безокислительный процесс трения меди по меди с весьма малым коэффициентом трения (0,01-0,005). Прослойка меди сохраняется в состоянии, способном к схватыванию с частицами износа [1].

Таким образом, процессы, происходящие в зоне контакта твердых тел при трении, образуют несколько стойких систем снижения износа и трения, которые обеспечивают:

- образование тонкой пластичной металлической пленки на трущихся поверхностях, защищающей основной металл от износа;
- удержание продуктов износа в зоне трения;
- снижение давления в зоне контакта;
- образование защитной полимерной пленки из продуктов деструкции смазочного материала.

Например, избирательным переносом объясняется долговечная работа без ремонта трущихся кинематических пар мотор-компрессоров домашних бытовых холодильников. Трущиеся стальные поверхности поршня и блока цилиндра в процессе работы самопроизвольно покрываются тонкой медной пленкой толщиной около 1 мкм, образующейся в результате осаждения ионов меди из смазочного материала (50% масла и 50% фреона) с медными трубками охладителя.

Целенаправленное создание и поддержание эффекта безызносности в изменяющихся условиях трения, с учетом сложной природы этого явления, является крайне многофакторной задачей. Построение модели такой системы требует большого объема экспериментальных исследований, ее «обсчет» - значительные ресурсы, а построение модели, учитывающей технологические факторы ремонта, практически невозможно и не рационально.

В таких условиях для прогнозирования создания эффекта безызносности при работе узла трения восстановленного механизма единственно целесообразным является использование нечеткого подхода. Это обусловлено крайней сложностью рассматриваемой системы и тем, что построить ее математическую модель в традиционном понимании невозможно.

Нечеткое моделирование позволяет более эффективно решать задачи в условиях неопределенности, недостаточности или даже отсутствия информации в любых сферах деятельности человека [2, 3]. Методы, основанные на теории нечетких множеств, по сути, являются обобщением математической логики, теории множеств, а также теории вероятности, которую во многих случаях можно рассматривать как частный случай теории нечетких множеств (ТНМ).

Практические приложения алгоритмов нечеткого вывода уже доказали свою эффективность широчайшим спектром их применения, однако в области ремонтного триботехнического металловедения, где они с успехом могут проявляться, ТНМ не используется. Основной причиной такого положения можно считать недостаточность исследовательских работ в этой предметной области.

### *Библиографический список*

1. Гаркунов Д. Н. Триботехника (износ и безызносность): учебник. 4-е изд., перераб. и доп. М.: МСХА, 2001. 616 с.
2. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М.: Мир, 1976. 312 с.
3. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление. М.: БИНОМ, 2009. 798 с.