

**Исследование частотных характеристик и бифуркационных процессов
фрикционного взаимодействия**

Научный руководитель – Мусалимов Виктор Михайлович

Нуждин Кирилл Андреевич

Аспирант

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, Санкт-Петербург, Россия

E-mail: nkirill_74@mail.ru

Введение.

Проблема изучения трения и изнашивания является в настоящее время одной из наиболее важных при проектировании различных прецизионных кинематических узлов и эксплуатации машин. Процессы, возникающие при фрикционном взаимодействии, имеют очень сложную природу и включают в свой состав различные аспекты механических, тепловых, электрических, магнитных и химических явлений.

Несмотря на огромное количество работ, посвященных изучению трения и износа, в настоящее время многие вопросы и проблемы трения остаются нерешенными. Это можно объяснить сложностью и большим количеством процессов и явлений, возникающих при трении, которые влияют на протекание данного фрикционного взаимодействия. Так например, величины, определяющие интенсивность изнашивания, можно разбить на четыре группы: внешнее условие трения, механические свойства изнашиваемого материала, микрогеометрические характеристики изнашивающей поверхности и фрикционные характеристики [1]. В свою очередь каждая группа вносит свое особое влияние на процесс трения. Таким образом, исследование и построение модели с учетом воздействия различных внешних и внутренних составляющих процесса трибологического взаимодействия, а также влияния их на качественные характеристики фрикционного контакта являются главными задачами для более детального изучения всего процесса трения и изнашивания в целом [2].

Цели и задачи.

В качестве основных целей и задач данного исследования можно выделить следующие:

- Описание метода построения идентификационной модели на основе данных, полученных с помощью трибологического комплекса «Трибал-Т»;
- Разработка методов построения моделей качественных характеристик внешней структуры фрикционных поверхностей;
- Исследование и расчет бифуркационных составляющих трения скольжения, связанных с потерей устойчивости отдельных элементов микроконтактов.

Основные положения

Основной задачей системного анализа является определение выходного сигнала системы по известному входному сигналу и характеристикам системы. Задача, когда по заданным входными и выходным сигналам требуется определить вид и параметры математической модели, описывающей поведение системы, является обратной задачей системного

анализа. Таким образом, идентификация объектов управления по своей сути относится именно к такому типу задач.

Трибологическую систему удобно рассматривать с позиции вход-выход. Входные параметры динамических характеристик трибологической системы - скорость скольжения, качения, сила, давление в контакте. К тепловым воздействиям относится температура, тепловой поток, градиент температур. Выходные параметры трибологической системы - воздействие системы на окружающую среду, реакция системы на внешнее воздействие. Основные следствия трибологического процесса - сопротивление трения, заедание, износ, генерация температуры у поверхности трения, схватывание.

Исследованию трибосопряжений на основе моделей вход-выход посвящено множество работ. Важным аспектом данного подхода является нахождение демпфирующих и колебательных свойств трибологической системы. Модель вход-выход применяется для решения прикладных задач аппарат теории автоматического управления, теории катастроф. При идентификации процессов, использование уравнений с различными степенями свободы позволяет моделировать различные движения трибопар и промежуточные слои [3].

В рамках данной работы рассмотрены задачи внешней динамики трения, под которыми понимаются исследования динамических характеристик трибологических объектов. Система такого вида, с точки зрения теории автоматического управления, является объектом параметрической идентификации, где в простейшем случае параметрами является коэффициент демпфирования и частота собственных колебаний. Данный подход дает возможность использования амплитудно-частотных характеристик, для оценивания динамических коэффициентов фрикционного взаимодействия. Таким образом, используя предложенный метод, с помощью вектора коэффициентов в пространстве состояний можно определить качественные значения коэффициентов демпфирования и частоты собственных колебаний, а по графику АЧХ в логарифмическом масштабе можно вычислить отношение выходной характеристики к входной, что и будет являться динамическим коэффициентом трения.

Также в данной работе были приведены способы построения модели структуры шероховатости поверхностей с помощью упругого элемента, в качестве которого был предложен стержень квадратного сечения, жестко заделанный одним концом. С помощью предложенного метода демонстрируются закономерности между динамическими характеристиками трибологического сопряжения и внешними структурными параметрами поверхностей трения [4-6].

Результаты

В ходе проделанной работы были рассмотрены и практически реализованы методы построения идентификационной модели динамического фрикционного взаимодействия на основе экспериментальных данных, полученных посредством установки для трибологических испытаний «Трибал-Т». Продемонстрирован способ применения методов, использующих в своей основе теорию упругой устойчивости и прикладную теорию катастроф, для моделирования и качественного анализа внешних структурных свойств поверхностей трения образцов трибологической пары. А также были рассмотрены бифуркационные составляющие трения скольжения, связанные с потерей устойчивости отдельных элементов микроконтактов.

Источники и литература

- 1 – Крагельский И. В. Основы расчетов на трение и износ / Крагельский И. В., Добычин М. Н., Комбалов В.С. – М.: Машиностроение, 1977. – 526 с.

- 2 – Крагельский И. В. Трение и износ. 2-е изд., перераб. и доп. / Крагельский И. В. – М.: Машиностроение, 1968. – 480 с., ил.
- 3 – Алексеев А.А. Идентификация и диагностика систем: учеб. для студ. высш. учеб. заведений / А.А. Алексеев, Ю.А. Кораблев – М.: Издательский центр «Академия», 2009 г. – 352 с.
- 4 – Мусалимов В. М. Бифуркационная составляющая трения скольжения / Известия высших учебных заведений. Приборостроение – 2016. – в публ.
- 5 – V. Musalimov, K. Nuzhdin, A. Tyurin. Modeling of external dynamic of the friction engagement / 24th International Congress of Theoretical and Applied Mechanics. Book of papers – 2016, pp. 1802-1803.
- 6 – Nuzhdin K., Musalimov V.M. Influence of Roughness Parameters on Dynamics of a Friction Interaction / Proceedings of the 16th International Symposium “TOPICAL PROBLEMS IN THE FIELD OF ELECTRICAL AND POWER ENGINEERING” and “Doctoral School of Energy and Geotechnology III” - 2017, pp. 189-192.