



Д. С. Коднир

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ КОНТАКТНО-ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ СМАЗКИ И КРАТКИЙ ОБЗОР РАБОТ КУЙБЫШЕВСКОГО АВИАЦИОННОГО ИНСТИТУТА ПО ЭТОЙ ПРОБЛЕМЕ

Контактно-гидродинамическая теория смазки создана в 1945—1950 гг. трудами советских ученых А. И. Петрусевича, А. М. Эртеля, А. Н. Грубина.

Рассмотрены последующие и современные зарубежные исследования. Опыты десяти различных групп ученых доказали осуществление контактно-гидродинамического режима при напряжениях в зоне контакта, достигающих $10000—15000 \text{ кг/см}^2$ и более.

За последние 20 лет в Куйбышевском авиационном институте выполнен комплекс работ по развитию теории, экспериментальным исследованиям и применению полученных результатов в промышленности.

Разработан единый метод решения стационарной изотермической контактно-гидродинамической задачи для ньютоновской жидкости. Он пригоден как для полимерных подшипников скольжения, так и для стальных, а также сверхтвердых подшипников качения и зубчатых передач. Результаты расчета подтверждены собственными экспериментами с подшипниками скольжения, с упорными гребнями и с шарикоподшипниками, где измерялась толщина и форма смазочного слоя.

Девять различных групп ученых измеряли толщину смазочного слоя в роликовом контакте пятью различными методами при 22 смазочных маслах.

Сравнение этих экспериментальных результатов с нашими расчетами показало, что в 18 из 22 имеется хорошее согласование. Лишь в 4-х случаях, когда смазочные жидкости находились не в ньютоновском состоянии, имеется значительное расхождение.

Разработано решение контактно-гидродинамической изотермической задачи при смазке вязко-упругими неньютоновскими жидкостями, и получена возможность находить близкое соответствие между теорией и опытом и в остальных случаях.

Для этого разработан экспериментальный метод определения вязкости и времени релаксации (ньютоновских и неньютоновских свойств) смазочных масел при высоких давлениях и температурах. Полученные значения приведенной эффективной вязкости подтвердили возможность распространения решения контактно-гидродинамической задачи для ньютоновской жидкости на неньютоновские.

Решены также неизотермическая задача (при качении с проскальзыванием) для ньютоновской и неньютоновской (вязко-упругой) жидкости, и нестационарная контактно-гидродинамическая задача для ньютоновской жидкости. Они качественно подтверждаются экспериментами отечественных и зарубежных ученых. Разработана теория проскальзывания в быстроходных роликоподшипниках.

Предложены 9 инженерных контактно-гидродинамических методов расчета подшипников качения, с помощью которых любой инженер и техник могут определить работоспособность и долговечность подшипника своего изделия.

В частности, предложены методики: 1) расчета толщины смазочного слоя в роликовых и шариковых радиальных и радиально-упорных подшипниках, зубчатых передачах, цилиндрических и косозубых; 2) выбора сорта масла и определения влияния его на работоспособность подшипника качения; 3) расчета на проскальзывание быстроходных роликоподшипников авиационных двигателей; 4) расчета долговечности быстроходных роликоподшипников; 5) расчета распределения усилий, углов контакта и смещений в радиально-упорном двух-, трех- и четырехточечном подшипнике при осевой и радиальной нагрузке с учетом перекосов, центробежных сил тел качения и влияния смазки; 6) расчета долговечности шарикоподшипников по базовым напряжениям (что дает возможность учесть более точно влияние перекосов и центробежных сил тел качения); 7) выбора конструктивных параметров двух-, трех- и четырехточечных шарикоподшипников; 8) расчета необходимых зазоров в окнах сепаратора шарикоподшипника при перекосе и зазора плавания; 9) расчета на прочность сепаратора быстроходного шарикоподшипника при перекосе.

Проведены экспериментальные исследования работоспособности и долговечности ролико- и шарикоподшипников; измерены величины проскальзывания в быстроходных роликоподшипниках при их различном конструктивном выполнении; экспериментально и теоретически определены все кинематические параметры в быстроходных четырехточечных радиально-упорных подшипниках и определены моменты перехода от двухточечного к многоточечному контакту; определены усилия взаимодействия шарика и сепаратора, сепаратора и центрирующих буртов четырехточечных шарикоподшипников; напряжения в сепараторе при перекосе и прочность сепаратора.

На основе контактно-гидродинамической теории смазки разработаны новые конструкции эластичных металло-пластмассовых подшипников и подпятников скольжения, обладающих рядом преимуществ по сравнению с ранее известными подшипниками; проведены испытания их работоспособности и износостойкости в лабораторных и промышленных условиях.

Выполненные работы по контактно-гидродинамической теории смазки и ее применению для повышения работоспособности и долговечности подшипников качения внедряются и в той или иной форме уже нашли применение в расчетной и конструкторской практике при анализе и устранении дефектов изделий, проектировании новых подшипников и зубчатых передач в 14 промышленных предприятиях, представивших соответствующие акты внедрения.

Экономическую эффективность этих работ определить затруднительно, так как во многих случаях новые методы расчета применяются для повышения технических свойств существующих изделий или изделий новых назначений. Вместе с тем в двух организациях удалось определить экономический эффект на двух различных изделиях, и его суммарная величина превысила 812 тыс. рублей.

Очевидно, что широкое применение полученных результатов в промышленности приведет к дальнейшему увеличению экономического эффекта.

Кроме того, сейчас в четырех промышленных организациях производится опытно-промышленная проверка новых конструкций эластичных подшипников и подпятников скольжения. В одной из них новые конструкции успешно проработали без износа уже около 1700 часов. Широкое применение новых конструкций задерживается отсутствием промышленной базы для их изготовления.

Б. П. Дьяченко, В. Н. Ерфилов, Г. Д. Евстафьев

ПРИБОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВЯЗКО-УПРУГИХ СВОЙСТВ ЖИДКОСТЕЙ ПРИ ДАВЛЕНИЯХ ДО 6000 кг/см²

В известных авторам работах с помощью вибрационных вискозиметров измерялся декремент затухания, функционально связанный с динамической вязкостью. Последняя является функцией статической «ньютоновской» вязкости и времени релаксации. Разделение этих составляющих невозможно без измерения частоты собственных колебаний системы «резонатор — исследуемая жидкость».

Разработанный прибор позволяет осуществить одновременное измерение декремента затухания и частоты собственных колебаний резонатора, нагруженного жидкостью, в диапазоне частот 10—300 кгц. Измерение этих характеристик является достаточным условием для определения вязкости и времени релаксации исследуемой жидкости.