

зоне измерений коэффициента затухания, а ошибка измерений времени релаксации не превышает 13% на границе ньютоновского поведения жидкостей. При исследованиях ньютоновских жидкостей для снижения ошибок измерений целесообразно использовать расчетные уравнения (1), положив $t_{ред}=0$ и $s=1$. Тогда измеренные коэффициент затухания и изменение частоты резонатора однозначно определяются вязкостью. Анализ погрешностей вязкостей ньютоновских жидкостей, рассчитанных по данным измерений из этих уравнений, показал, что при расчете вязкости из измерений коэффициента затухания относительная ошибка не превышает 6%, а из измерений частоты — 3%. Совпадение вязкостей, рассчитанных по этим уравнениям, является достаточным условием для подтверждения ньютоновского поведения жидкостей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дьяченко Б. П. Исследование метода измерения вязкоупругих свойств жидкостей при высоких давлениях. Автореферат диссертации, Куйбышевский авиационный институт, 1973.

С. В. ПИНЕГИН, Ю. Н. БЛОХИН

МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ КАЧЕНИЮ В ШИРОКОМ ДИАПАЗОНЕ СКОРОСТЕЙ

По экспериментальному исследованию сопротивления при качении накоплен довольно обширный материал. Эксперименты проводились, в основном, при малых скоростях и нагрузках применительно к контакту колесо-рельс (работы С. Кулона, Н. Вуда, М. Херси, В. Бентона и др.), а также при возвратно-поступательном или качательном движении шара или цилиндра по плоскости (работы Д. В. Конвисарова, Хисада, Д. Тейбора, Р. Друтовского, Л. Б. Гафта, Е. Р. Красковского, В. Д. Рабко и др.).

При моделировании работы роликовых подшипников, зубчатых и фрикционных передач использовали роликовую аналогию (Ю. Н. Дроздов, Е. Р. Красковский, Н. Ф. Кузьмин, В. С. Порохов, Б. Г. Рахнович и др.).

Однако существующие роликовые машины позволяли проводить исследование процесса качения в узком диапазоне скоростей качения со скольжением. Использование на роликовой машине метода выбега не позволяло использовать основное преимущество роликовых машин, т. е. раздельное влияние скорости и нагрузки на процесс качения. Применение маятниковых устройств

и балансирных двигателей вносило большие погрешности в измеряемый момент, отделение которых приводило к усложнению методики расчета сопротивления качению. Роликовая машина, разработанная авторами данной работы, позволяет проводить экспериментальное исследование сопротивления качению в диапазоне скоростей качения до 100 м/сек с изменением нагрузки от 50 до 500 кг в условиях, приближающихся к чистому качению. Основными узлами роликовой установки являются роликовая машина, электропривод с пультом управления и две автономные маслосистемы. Роликовая машина включает в себя зубчатый ускоритель, станнину с подвижным и неподвижным суппортами, два горизонтально расположенные приводные вала с испытуемыми роликами, две конические зубчатые пары и узел радиального нагружения. Схема привода машины и более подробное описание приведены в работе [1]. Установка оборудована устройствами, позволяющими в процессе проведения эксперимента регистрировать величину момента сопротивления качению, нагрузки, скорости и проскальзывания. Устройство для измерения момента сопротивления качению [2] обладает высокой чувствительностью, обеспечивает устойчивость показаний при высокой скорости и позволяет проводить эксперименты в условиях, приближающихся к «чистому» качению. Устройство смонтировано на консолях приводных валов 1 и 11 (рис. 1) независимо от опор валов и включает в себя испытуемые ролики 2, 14 со стаканами 3, 13, установленными на прецизионных подшипниках качения 4 и 12, чувствительный элемент 5, на гибких лепестках которого наклеены попарно тензодатчики 8, демпфер 6, полумуфточку 7, для подсоединения ртутного токосъемника, и крышку подшипников 10 с соединительными болтами 9.

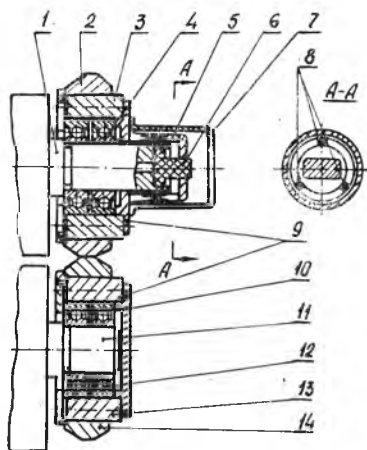


Рис. 1. Устройство для измерения сопротивления качению:

1, 11 — опорные валы; 2, 14 — испытуемые ролики; 3, 13 — стаканы; 4, 12 — подшипники качения; 5 — чувствительный элемент; 6 — демпфер; 7 — муфточка; 8 — тензодатчики; 9 — соединительные болты; 10 — крышка

Данное устройство работает следующим образом. При включении роликовой машины приводятся во вращение валы 1 и 11, число оборотов их одинаковое. Движущий момент ролику 2 сообщается чувствительным элементом 5 через демпфер 6 от вращающегося вала 1. Ролик 14 приводится во вращение за счет сил сцепления на контакте и трения в шарикоподшипниках. Наличие пассивной связи между роликом 14 и валом 11

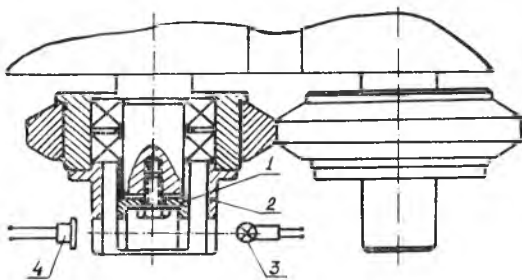


Рис. 2. Устройство для измерения проскальзывания:

1 — втулка; 2 — фланец; 3 — осветитель; 4 — фотоэлемент

помогает поддерживать равными окружные скорости обоих роликов. Ролик 14 совершает при этом лишь дрейфующее движение вокруг вращающегося вала 11, соответствующее различиям в диаметрах взаимообкатываемых роликов. При передаче ролику 2 движущего момента, соответствующего сопротивлению на контакте, гибкие лепестки чувствительного элемента 5 изгибаются, баланс полумоста, по схеме которого соединены тензодатчики, нарушается, в результате в цепи возникает импульс тока, который через ртутный токосъемник Р1 подается на усилитель типа ТА-5 и регистрируется шлейфовым осциллографом типа Н-102.

Проведение экспериментов в условиях, близких к «чистому» качению, позволило установить влияние формы и размеров обкатываемых поверхностей, смазки и скорости качения на характер и величину сопротивления качению. С этой целью проводилось экспериментальное исследование сопротивления качению сухих и смазанных поверхностей, одинаковых и резко отличающихся по форме (цилиндр по цилиндру, сфера по сфере, тороид по цилиндру, тороид по желобу с отношениями $\frac{R_{жк}}{d_{ш}} = 1; 0,59; 0,515$). Величина проскальзывания при этом фиксировалась с помощью устройства, представленного на рис. 2. Втулка 1 с радиальным пазом устанавливалась на конец приводного вала, фланец 2 также с радиальным пазом крепился непосредственно к испытуемому ролику, который связан с валом пассивно, т. е. через подшипники качения. В процессе эксперимента ролик совершал дрейфующее движение относительно опорного вала, если имелось проскальзывание между роликами. В некоторый момент дрейфующего движения ролика относительно опорного вала радиальный паз втулки 1 и фланца 2 совпадали. Луч света от осветителя 3 попадал на фотоэлемент 4, цепь замыкалась, и полученный сигнал записы-

вался на осциллографе. При дальнейшем относительном движении ролика пазы расходились, и луч света, падающий на фотоэлемент, прерывался. Зная время поступления первого сигнала и последнего и подсчитав количество сигналов за это время, легко определить скорость скольжения и величину проскальзывания роликов.

Данная конструкция роликовой машины позволяет моделировать работу шарикового подшипника качения. Наличие подвески, показанной на рис. 3, позволило провести исследование сопротивления качению шарика по беговой дорожке внутреннего кольца шарикоподшипника. В момент запуска или при внезапном отклонении скорости вращения одного из роликов от заданного значения шарик 1 удерживается от перемещения с линии центров внутренних колец подшипника 2 и 3 с помощью державки 4. На державке, установленной на неподвижном суппорте, установлены два приборных шарикоподшипника с весьма незначительным моментом трения по сравнению с измеряемым.

В заключение отметим, что данная установка позволила провести сложное комплексное экспериментальное исследование сопротивления качению с изменением скорости качения, нагрузки, формы обкатываемых поверхностей и условий смазки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пинегин С. В., Шевелев И. А. и др. Влияние внешних факторов на контактную прочность при качении. М., «Наука», 1972.
2. Пинегин С. В., Блохин Ю. И. Авторское свидетельство на «Устройство для измерения момента сопротивления качению». Решение от 15 июня 1971 г. по заявке № 1469326/25—28.

Д. С. КОДНИР, Р. Г. САЛУКВАДЗЕ,
Д. Л. БАКАШВИЛИ, В. Ш. ШВАРЦМАН

ТОЛЩИНА СМАЗОЧНОГО СЛОЯ И КОЭФФИЦИЕНТ ТРЕНИЯ В ТЯЖЕЛО НАГРУЖЕННОМ ТОЧЕЧНОМ КОНТАКТЕ

ПРИНЯТЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

h — толщина смазочного слоя в данной точке, м;
 h_0 — толщина смазочного слоя в точке, где градиент давления равен нулю, м;

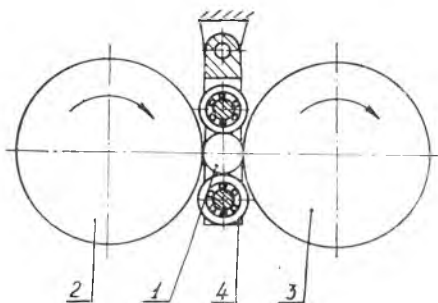


Рис. 3. Приставка для моделирования работы шарикоподшипника:
1 — шарик; 2, 3 — внутреннее кольцо шарикоподшипника; 4 — державка