

АКСЕЛЕРОМЕТРЫ ANALOG DEVICES – ИССЛЕДОВАНИЕ ВИБРАЦИЙ В ТРИБОКОНТАКТЕ

А.Тюрин a.e.tyurin@gmail.ru,
И.Калапышина weir521@yandex.ru,
М.Вьюгин mikhail.vyugin@eltech.spb.ru

При работе различных механизмов происходит износ деталей в результате трения. Изучение этого процесса – актуальная проблема [1], которой занимаются во многих странах, в том числе и в России [2]. В процессе трения возникают различные виды вибраций, поэтому при исследовании трения необходимо фиксировать и анализировать виброускорения деталей, порождаемые как внешними источниками, так и дефектами трущихся поверхностей. Это позволит понять, как влияют вибрации на процессы трения и, в конечном счете, на работу механизмов. Для решения данной задачи в Национальном исследовательском университете информационных технологий, механики и оптики (НИУ ИТМО) (Санкт-Петербург) была разработана экспериментальная установка по регистрации вибраций и виброускорений с использованием акселерометров и другой элементной базы компании Analog Devices.

СХЕМА ЭКСПЕРИМЕНТА

Для проведения экспериментальных исследований был создан специальный прибор (рис.1). В его механической части (рис.1б) реализована схема контакта "индентор по диску". Привод установки

состоит из асинхронного двигателя 3, приводящего во вращение диск через последовательную ременную передачу 4. Акселерометр ADXL327 5 измеряет виброускорения в диапазоне от 0 до 19 м/с², ADXL326 6 – в диапазоне от 0 до 150 м/с². Оба датчика

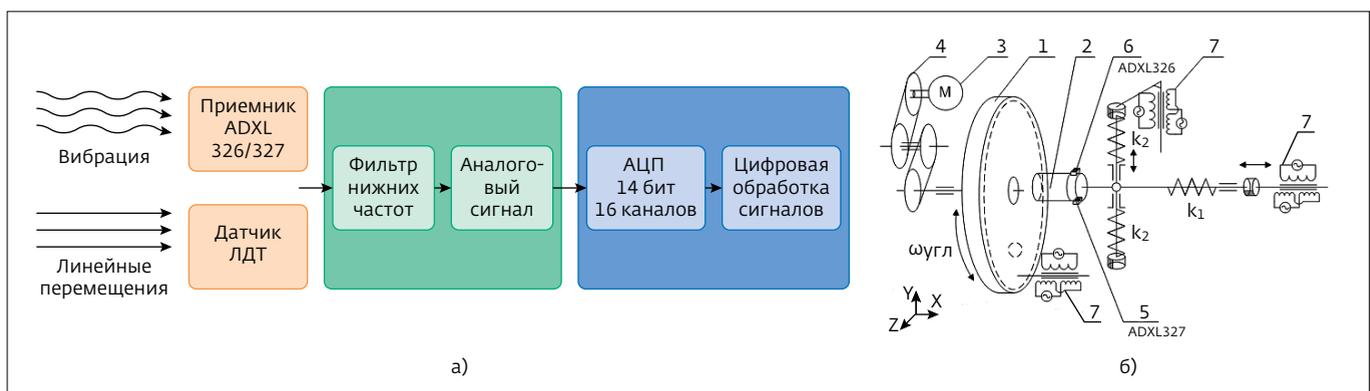


Рис.1. Экспериментальная установка для исследования трибосопряжений по схеме "индентор по диску": а – структурная схема измерительной системы; б – схема электромеханической части

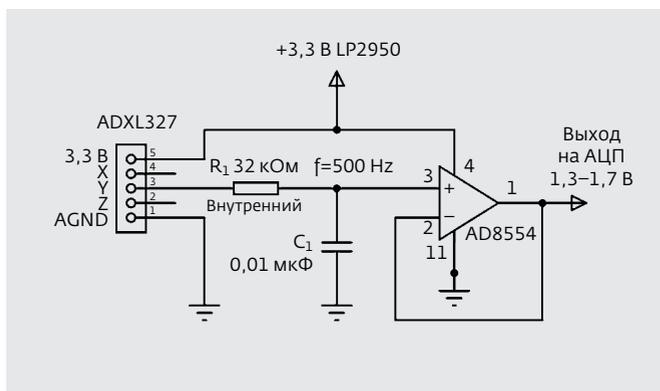


Рис.2. Схема включения акселерометров ADXL 326/327 в измерительную систему

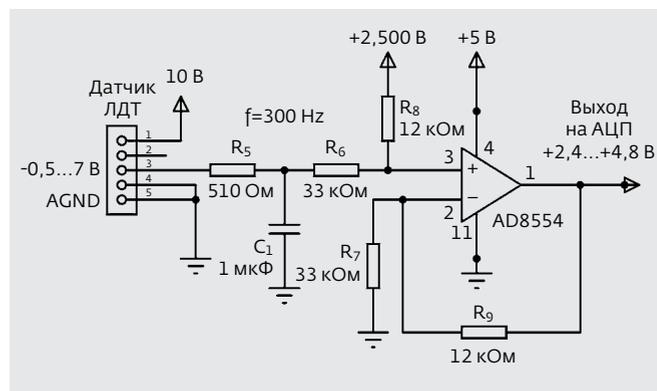


Рис.3. Схема подключения датчиков линейных перемещений

сориентированы относительно глобальной системы координат и установлены непосредственно на инденторе 2. Позиция 7 – датчик линейных перемещений на основе линейного дифференциального трансформатора (ЛДТ) [3]. Регулировка скорости вращения диска производится дискретно (250, 500, 1000, 2000 об/мин.) с использованием роликов разных диаметров. В контрпаре трения индентор закреплен на специальном держателе и может перемещаться по двум координатным осям – X и Y. Поджатие обеспечивается регулировочными винтами пружин: в направлении X пружиной жесткостью k_1 , а в направлении Y – пружиной жесткостью k_2 . Вибрация создается при контактировании поверхностей трения, данные необходимо регистрировать по каждой из осей в диапазонах от 0 до 19 м/с² и от 0 до 150 м/с² [4].

ИЗМЕРЕНИЕ ВИБРОУСКОРЕНИЙ ИНДЕНТОРА В КОНТАКТЕ

Для определения, обнаружения и контроля вибраций в механизмах используют различные типы акселерометров. С их помощью измеряются направление и величина виброускорения и другие параметры. Сегодня широко распространены акселерометры, выполненные по технологии МЭМС (микроэлектромеханические системы). Они имеют высокие рабочие характеристики в сочетании с малым энергопотреблением, миниатюрностью и низкой ценой.

Один из мировых лидеров в производстве МЭМС-акселерометров – компания Analog Devices. В ее номенклатуре – акселерометры с одной, двумя и тремя осями чувствительности, рассчитанные на максимальное ускорение от 1,5 до 250g.

Характеристики акселерометров серии ADXL

Параметр	ADXL326	ADXL327	ADXL001-70*
Ускорение (макс.), ±g	16	2	70
Оси	XYZ		X
Нелинейность, %	0,3		0,2
Чувствительность, мВ/g	57	420	16
Частота среза, Гц	X,Y – 1600, Z – 500		22000
Напряжение питания, В	от 1,8 до 3,6		от 3,135 до 6
Потребляемый ток, мкА	350		2500
Диапазон рабочих температур, °C	от -40 до 85		от -40 до 125
Тип корпуса	LFCS-16		LCC-8

* ADXL001-70 не использовался, но планируется к применению в дальнейшем.

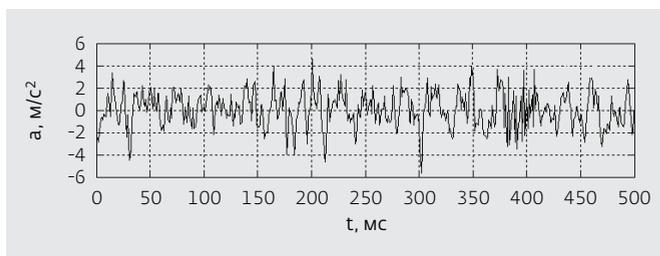


Рис.4. Сигнал датчика вибрации по оси X после фильтрации, в полосе частот от 15 до 1000 Гц, с вырезанием компонент, кратных 50 Гц. Пара трения – фторопласт-АТЗ

Семейство ADXL – базовые устройства, в которых сенсор и электроника реализованы на едином кристалле.

В качестве датчиков ускорения использовали два МЭМС-акселерометра ADXL327 и ADXL326 (см. таблицу) [5] с отличными друг от друга характеристиками, так как при испытаниях разных материалов виброускорения могут значительно различаться. К измерительной системе акселерометры подключали по специальной схеме (рис.2). Прецизионный повторитель на операционном усилителе AD8554 обеспечивал согласование импедансов на выходе датчика и входе АЦП. Сигнал с датчика пропускали только через усилитель и сразу подвергали оцифровке, а уже после этого обрабатывали цифровой сигнал при помощи преобразования Фурье. Внутренний резистор акселерометра ADXL327 и внешний конденсатор C_1 образовывали фильтр нижних частот для среза помех выше 500 Гц. Напряжение питания +3,3 В акселерометра и усилителя AD8554 создавалось линейным регулятором напряжения LP2950-3.3.

ИЗМЕРЕНИЕ ЛИНЕЙНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

Параллельно измерению виброускорений проводилась регистрация линейных перемещений индентора (он находился в постоянном контакте с диском). Датчик линейных перемещений ЛДТ имел точность 0,25%, частоту опроса до 250 Гц и высокую разрешающую способность (до 10 мкм). Для согласования выхода датчика и входа АЦП по диапазону напряжений и импедансу применяли операционный усилитель AD8554 (рис.3). В схеме подключения датчиков были установлены фильтры низких частот для пропускания сигналов с частотой не выше 300 Гц. Для оцифровки и визуализации сигнала использовали блок сбора данных E14-440, а также программу визуализации L-Graph 2 фирмы Л-КАРД [6, 7].

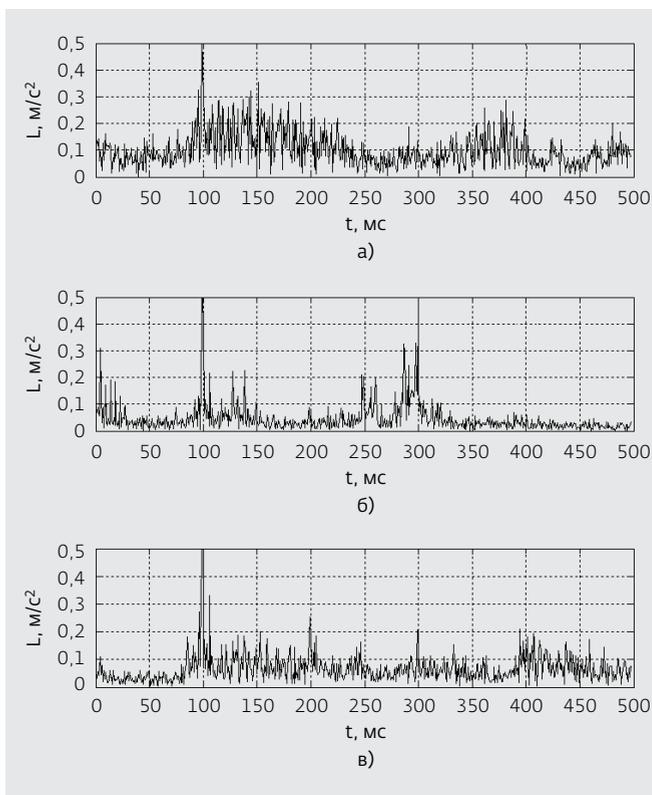


Рис.5. Спектр виброускорения сигнала после фильтрации и предварительной обработки. Получен при исследовании износа в течение 30 мин. различных пар трения: а – фторопласт-ЛС-59-1; б – фторопласт-Ст30ХГС; в – фторопласт-АТЗ

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

Исследования проводили для трех различных образцов сплавов: ЛС-59-1 (латунь), Ст30ХГС (сталь), АТЗ (титан) и диска из фторопласта в разных режимах трения [1–3]. Была получена зависимость амплитуды вибраций от времени (рис.4). Но выделение особенностей сигнала по его форме затруднительно, поэтому для оценки гармоник использовали спектральное представление сигнала. Оно формировалось на основе дискретного оконного преобразования Фурье с шириной окна 4096.

Полученные спектры (рис.5) позволили выявить ряд особенностей в процессах вибрации различных пар трения. Так, спектр вибросигнала пары трения фторопласт-латунь (рис.5а) смещен к области низких частот по сравнению с парой фторопласт-сталь (рис.5б). Это связано с особенностями микропрофилей шероховатых поверхностей трения, а также со строением поверхностных слоев, химическими и физическими

свойствами трущихся материалов. Такие различия спектров свидетельствуют о более интенсивном износе пары фторопласт-латунь по сравнению с парой фторопласт-сталь. Отметим, что ранее аналогичные закономерности износа были получены на основе сравнения экспериментальных профилограмм поверхностей этих пар трения [8].

Поведение пары фторопласт-титан АТЗ (рис.5в) показывает наличие диссипации энергии, смещенной к области высоких частот (около 450 Гц). Предположительно, это связано с низкой теплопроводностью обоих материалов: появляются "мостики схватывания", вызванные температурными всплесками от взаимодействия микрорельефов.

Таким образом, применение акселерометров Analog Devices позволило измерить виброускорения по трем осям в различных диапазонах частот. В результате была существенно дополнена картина происходящих в трибоконтакте процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Мусалимов В.М., Валетов В.А.** Динамика фрикционного взаимодействия. – Санкт-Петербург: СПбГУ ИТМО, 2006.
2. Современная трибология: Итоги и перспективы. / Отв. ред. К.В.Фролов. – М.: Изд-во ЛКИ, 2008.
3. **Тюрин А.Е., Исмаилов Г.М.** Вибродиагностика автоколебательных процессов в трибоконтакте фторопласт-сплавы. – Конструкции из композиционных материалов, 2013, №2, с. 58-64.
4. **Калапышина И.И.** Моделирование динамики станка для обработки стекол под воздействием вибраций. – Приборостроение, 2012, №6, с.74-75.
5. Data Sheet AD 326, 327, 8554 – www.analog.com/ru/index.html
6. www.lcard.ru
7. **Тюрин А.Е., Исмаилов Г.М., Мусалимов В.М., Ларин М.С.** Использование технологий захвата изображений для оценки кинематических параметров трибопар. – Научное обозрение, 2013, №3, с.20-26.
8. **Wayne V.N., Arun M.J.** Friction induced vibration. – General Motors Corporation. Warren, MI 48090. 1997.

Неоднозначная оценка очков Google glasses

По данным компании IHS iSupply, в результате усилий Google по продвижению приложений для разработанных ее специалистами смарт-очков, или очков дополненной реальности (Google glasses), мировой объем их отгрузок за период 2012–2016 год может возрасти с 50 тыс. до 6,6 млн. шт. и тогда за пятилетний период их будет продано 9,4 млн. шт.

В мае 2013 года начались поставки Google-очков разработчикам приложений по цене 1500 долл. Ожидается, что это стимулирует появление инновационных приложений и формирование массового рынка таких очков. Как только разработчики возьмутся за работу, а Google станет поощрять поддерживающие эти работы венчурные компании, поставки, в соответствии с прогнозом, в 2013 году увеличатся на 150% и достигнут 124 тыс. шт., главным образом за счет их продажи разработчикам приложений. Исходя из оптимистического прогноза iSupply, реальное распространение очков при темпах роста поставок 250% начнется в 2014 году, когда пользователи осознают их возможности.

Однако успех Google-очков зависит, прежде всего, от разработанных для них приложений. Если разработчики не создадут убедительного программного обеспечения для пользователей этих устройств, поставки на протяжении следующих нескольких лет могут оказаться значительно ниже прогнозируемых. И тогда, по более пессимистичному прогнозу iSupply, до 2016 года будет отгружено всего ~1 млн. смарт-очков. Умные очки в основном станут переносными камерами, а не истинной системой "дополненной реальности" и будут использоваться для записи спортивных и других не случайных событий, например, прыжков с парашютом. Более того, очки будут конкурировать с уже имеющимися на рынке переносными камерами, такими как GoPro Hero или Recon MOD Live. Пока продажи переносных камер в 2012 году превысили 200 млн. долл., но это не многомиллиардный объем продаж, который умные очки смогут достичь при активном спросе. Но если умными очками будут пользоваться только время от времени, они станут все менее привлекательными и желанным для потребителя.

www.eetimes.com