© Е. Антоняк, 2006

УДК 621.867.2

*Е. Антоняк*

# *СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РОЛИКОВ*

**Семинар № 16**

## Вступление

Ролики являются элементом, присутствующим в ленточных конвейерах в большом количестве. В среднем на каждый километр конвейера приходится около 3000 роликов при несущих трехроликовых опорах и нижних двухроликовых. Хотя закупочная цена роликов невысокая, но такое большое количество роликов и их сравнительно невысокая долговечность являются причиной того, что затраты, связанные с контролем, заменой роликов и их восстановлением, в значительной степени влияют на эксплуатационные расходы.

Повреждение роликов непосредственно ведет к увеличению сопротивления движению, а поврежденный ролик становится, как правило, источником повышенного шума и опасности для каркаса ленты, а в крайних случаях и ее самовозгорания.

Правильная эксплуатация ленточных конвейеров требует постоянной (или периодической) диагностики для обнаружения поврежденных роликов, а также для устранения всех мест, в которых может возникнуть трение скольжения между лентой и элементами конвейерного става.

Целью проведенных измерений было сопоставление трех методов: метода с использованием термовидеосигналов, метода измерения колебаний и акустического метода с точки зрения их эффективности и точности оценки повреждений гладких роликов диаметром 133 и 159 мм, а также нижних роликов, оснащенных специальными футеровочными кольцами.

## 1. Измерения колебаний

Для измерения колебаний роликов был использован анализатор Data Pack 1500 фирмы Entek IRD вместе со стандартным пьезоэлектрическим акселерометром.

При измерениях использовался датчик, который прикреплялся, как можно ближе к оси ролика, при помощи магнитного держателя. Все измерения были выполнены в направлении оси (A) ролика (рис. 1) из-за невозможности прикрепления его в горизонтальном направлении (H) или вертикальном (V). На боковых роликах датчик прикреплялся непосредственно к оси ролика, при измерении же центральных роликов в верхней ветви датчик прикреплялся к полосам, крепящим ролик.

Анализатор колебаний имеет программмное обеспечение, которое дает возможность передавать записанные результаты измерений с карты PCMCIA на компьютер

*Рис. 1. Способ крепления датчика колебаний*

*Рис. 3. Длинноволновая камера Therma Cam PM 545 с оснащением во время измерений на ленточном конвейере*

класса PC в среде MS Windows. Пользователь перед выполнением измерений определяет, на каких работающих конвейерах он хотел бы измерить уровень вибрации, и в зависимости от потребностей задает соответствующие команды в компьютер о местах измерений.

После выполнения измерений осуществляется процедура разгрузки анализатора, во время которой полученные результаты измерений записываются в базу данных.

Если мы перед выполнением измерений установим для отдельных точек измерения аварийные уровни, т.е. установим границы измерений, выше которых состояние опоры считается недопустимым, то в этом случае анализатор подберет цветные метки, соответствующие точкам измерений. Таким образом, зеленый цвет обозначает хорошее состояние опоры, желтый цвет показывает повышенный уровень колебаний и поэтому техническое состояние такого ролика считается допустимым. Красные же точки обозначают, что ролик превысил установленный уровень колебаний и необходимо немедленно его поменять, так как его работа - аварийна.

## 2. Измерения шума

Основной причиной шума ролика являются динамические нагрузки в их подшипниках и других конструктивных элементах ролика.

Таким образом, уровень шума подшипников качения зависит от многих факторов, среди которых можно назвать следующие:

– конструкционные и технологические параметры;

– параметры изготовления и монтажа;

– эксплуатационные параметры.

Однако основное влияние на шум работы подшипников имеют технологические параметры эксплуатации и изготовления. Отклонения от размеров и формы вызывают появление низкочастотных спектров шума.

Измерения шума роликов были выполнены с использованием измерителя 2238 фирмы Bruel & Kjar (рис. 2). Измерительный прибор оснащен индикатором на жидких кристаллах, который позволяет следить за ходом измерений на объекте. Все измерения записываются во внутреннее запоминающее устройство, а затем передаются в компьютер класса PC с соответствующим программным обеспечением. Передача данных с измерительного прибора осуществляется через порт RS 232 при помощи специального кабеля.

Перед выполнением измерений была проведена калибровка измерительного прибора при помощи специального электронного устройства, входящего в набор.

Измерения уровня шума заключаются в следующем: сперва измеряется фон, а затем, приближаясь к измеряемым роликам на расстоянии 0,2-0,3 м, измеряется уровень шума в плоскости, перпендикулярной к трассе конвейера.

## 3. Измерения с использованием термовидеосигналов

Измерения с использованием термовидеосигналов выполнялись при помощи

*Рис. 2. Способ выполнения измерений шума при помощи измерительного устройства 2238 фирмы Bruel & Kjar*

длинноволновой камеры Therma PM 545 фирмы Flir (рис. 3). Эта камера работает в диапазоне волн 8-13um, что особенно выгодно при проведении измерений снаружи, при этом искажение сигнала в инфракрасном спектре измерения, в среде водяного пара и двуокиси углерода сравнительно невелико, при условии, что измерения выполняются на небольшом расстоянии.

Эта камера может записывать до 100 термограмм на карте PCM-CIA , находящейся под задней крышкой прибора. Для измерений был использован также жидкокристаллический монитор, устанавливаемый в верхней части камеры. Детектор, примененный в камере, – это микроболометрическая неохлаждаемая матрица разрядностью 320x320 графических пунктов. Изображение исследуемого объекта, попадая через объектив на матрицу, вызывает в каждом отдельном микродетекторе возникновение электрического сигнала, соответствующего плотности падающего излучения. Эти сигналы собираются с высокой частотой и после электронной обработки служат для создания термограммы исследуемой поверхности.

При измерениях, выполняемых этой камерой, надо было пройти вдоль трассы ленточного конвейера и осмотреть поочередно ролики на экране монитора. Любые аномалии, которые сопровождались выделением тепла во время работы ролика, при помощи этого метода быстро выявлялись.

На основании записанных термограмм, создается документация, используя которую возможно указать обслуживающему персоналу места дефектных роликов, которые опасные для эксплуатации ленты, или заменить неисправные ролики. Образец термограммы, полученной на основании измерений, представлена на рис. 4.

На теплограмме изображенной на рис. 4 разница в температуре по длине ролика составляет 158,6 °С. После исследования оказалось, что этот ролик был лишен элементов качения в подшипнике, вследствие чего его внутреннее кольцо вырезало борозду на оси. Следует отметить, что это был ролик конвейера, транспортирующего штыб, и нагрузка на подшипник во время выполнения измерений была небольшой.

Выводы

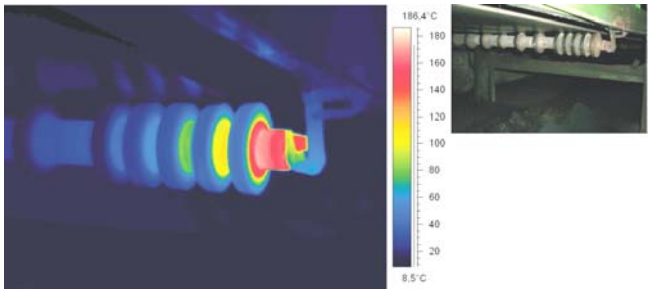


***Рис. 4 Термограмма ролика №3, распределение температур вдоль оси ролика содержится в пределах от $LI01_{MAX}$ = 172, 9° С до $LIO1_{MAX}$ = 14,3° С***

***Сопоставление тестированных методов измерений***

| Исследуем факторы | Измерения температуры | Измерения колебаний | Измерения шума |
|---|---|---|---|
| Измерения с расстояния | Требуется соответствующая оптика вместе с увеличением расстояния | Невозможны | Возможны |
| Чувствительность к расстоянию | Влияние атмосферных явлений | Влияние низких частот на результаты измерений | Большая (влияние фона) |
| Затруднения в установке измерительной аппаратуры | Не выступают | В установке датчика под лентой во время работы | Нет |
| Затруднения в локализировании повреждений | Не выступают | Не выступают | Значительные, зависящие от помех |
| Эффективность оценки повреждений роликов | Очень высокая | Высокая | Высокая |
| Влияние загрязненной атмосферы на измерительные устройства | Камера в корпусе IP54 в принципе не чувствительна к загрязнениям за исключением германиевой оптики | Не чувствительны к загрязнениям | Не чувствительны к загрязнениям за исключением микрофона |
| Цена аппаратуры | 5x | 1,7x | x* |
| Охрана труда во время измерений | Соблюдается, если используется наружный монитор вместо стандартного окуляра | Не соблюдаются во время установки датчиков с кабелем с магнитным креплением; необходимость установки датчика во время работы конвейера | Соблюдается |

*около 900 американских долларов

Метод измерения колебаний на практике оказался трудоемким для реализации, так как невозможно выполнить измерения этим методом всех роликов, находящихся в работе. Из-за отсутствия соответствующего датчика невозможным было выполнение измерений в вертикальном и горизонтальном направлениях. Единственной возможностью оказалось измерение колебаний в оси ролика. Этот метод оправдывает себя при комплексной оценке состояния ленточного конвейера, но расположение измерительных точек тогда другое.

Метод измерения шума на практике оказался в незначительной степени менее обременительным, чем измерение колебаний. Однако при этих измерениях влияние шумового фона предприятия на результаты измерений значительно, поэтому шум измерялся на расстоянии 20 см от подшипника ролика. Эти измерения, согласно предпосылкам, должны иметь распределение по спектру близкое анализу колебаний, но в этих измерениях они не совпадали. На большинстве спектров преобладала высокая составная 125 Hz и ее более высокие гармоники. При измерениях же колебаний доминировали частоты от 10 до 20 Hz, которые, кажется, являются составными, вызванными оборотами роликов.

Во время исследований было установлено, что шум, эмитируемый в окружающую среду от исследуемых ленточных конвейеров, значителен и достигает в некоторых местах 100 dB, и поэтому следует искать таких технических решений, которые привели бы к значительному снижению уровня этого шума.

Сопоставление методов, использованных для исследования повреждений роликов, дано в таблице.

Термограммы показывают много мест с повышенной температурой, которые выявили плохое техническое состояние роликов. В среднем на около 2000 штук работающих роликов можно было обнаружить около 20 поврежденных. Следует однако заметить, что ведется постоянный осмотр исследуемых конвейеров, а поврежденные ролики обслуживающий персонал меняет на исправные, но, несмотря на это, встречаются ролики, температуры подшипников которых очень высокие и могут доходить до 200 °C. Метод измерения с использованием термовидеосигналов очень эффективный и позволяет быстро и точно локализировать поврежденные ролики даже с расстояния нескольких метров.

Термографическая оценка технического состояния подшипников роликов должна быть дополнением периодических осмотров конвейеров ремонтными бригадами, так как она позволяет обнаружить повреждения подшипников роликов, при которых не имитируется шум наружу, а повреждение проявляется только в локальном повышении температуры. Кажется вполне оправданным введение исследований методом с использованием термовидеосигналов как дополняющих осмотры поздней осенью и ранней весной, т.е. два раза в год – перед зимним периодом и непосредственно после него.

Симптомы повреждений ролика не совпадают друг с другом. Встречаются ролики, повреждения которых проявляются в повышении температуры или эмитированного в окружающую среду шума, или же колебаний, но трудно здесь было установить какую-либо закономерность, так как чаще всего выступал только один симптом.

Стоимость камеры для измерений с использованием термовидеосигналов значительна и окупается в случае диагностики большого числа роликов, как это бывает, например, в карьерах, а также в случае использования этого метода в аудитинге энергетических промышленных объектов.

## *СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ*


1. *Морель Е.* Колебания машин и диагностика их технического состояния PTDT 1994.
2. *Кручек Т.* Термовидиосигнализация и возможности ее применения в энергетическом аудитинге, а также в диагностике работы устройств. Топливное и энергетическое хозяйство № 7/2002, с. 8–12.
3. *Бартэльмус В.* Комплексный анализ качества ленточного конвейера. Промышленный транспорт № 3/2002, с. 20 – 23.
4. SKF, Главный каталог, 1993.


## *Коротко об авторах*


*Антоняк Ежи* – профессор, доктор технических наук, Силезский технический университет, Гливицы, Польша.