УДК 622

Павлюкевич Денис Андреевич, аспирант гр. ГПа-251, II курс
(КузГТУ, г. Кемерово)

PavlyukevichDenisAndreevich, postgraduatestudentofgroupGPa-251, 2ndyear (KuzSTU, Kemerovo)

Научныйруководитель: ЗахаровАлександрЮрьевич, профессоркафедрыГМиК, д.т.н. (КузГТУ, г. Кемерово)

Scientificsupervisor: ZakharovAlexanderYurievich, ProfessoroftheDepartmentofMiningMachinesandComplexes, DoctorofTechnicalSciences (KuzSTU, Kemerovo)

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ОПОРНЫХ РОЛИКОВ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

MODERN METHODS OF DIAGNOSTICS OF IDLER ROLLERS OF BELT CONVEYORS AT MINING ENTERPRISES

Аннотация. Рассмотрены методы диагностики опорных роликов ленточных конвейеров: визуальный осмотр, тепловизионный и акустический контроль, вибрационная диагностика, волоконно-оптические системы. Выполнена классификация способов по месту установки аппаратуры, способу снятия параметров, глубине и периодичности диагностики. Показано, что наиболее перспективен непрерывный тепловой контроль подшипниковых узлов.

Abstract. The methods of diagnostics of belt conveyor idler rollers are considered: visual inspection, thermal imaging and acoustic monitoring, vibration diagnostics, fiber-optic systems. The classification of methods by the place of installation of equipment, the method of taking parameters, depth and frequency of diagnostics is carried out. It is shown that continuous thermal control of bearing assemblies is the most promising.

Введение. Ленточные конвейеры получили широкое применение на горнодобывающих и горноперерабатывающих предприятиях. В мировой практике реализованы проекты по применению конвейеров для транспортировки сыпучих материалов, протяженность которых составляет более 20 км в одном ставе. При эксплуатации протяженных конвейерных линий одним из проблемных становится вопрос диагностики опорных роликов. Так, расходы на диагностику и замену роликов в некоторых случаях достигают 30–40 % от общего объема эксплуатационных затрат [1]. Ленточные конвейеры работают в условиях агрессивной среды, что сказывается на безопасных

условиях труда. Износ роликов приводит к увеличению сопротивления движению, что повышает угрозу повреждения ленты, а в крайних случаях — её самовозгорания. Диагностика роликов необходима для оптимизации технического обслуживания и повышения производительности, так как повреждение роликов является одной из ключевых проблем в эксплуатации ленточных конвейеров. Выход из строя даже небольшого количества роликов приводит к серьезным последствиям: повышению сопротивления движению ленты; увеличению риска повреждения конвейерной ленты; возможному самовозгоранию ленты; значительным финансовым затратам на замену оборудования.

Основная часть. На сегодняшний день применяются следующие методы диагностики:

1. Визуальный осмотр — самый распространенный, но наименее эффективный метод, основанный на субъективной оценке специалиста.

2. Тепловизионная диагностика — позволяет выявлять дефекты на ранних стадиях, но требует специального оборудования.

3. Акустический мониторинг — использует анализ звуковых колебаний для выявления неисправностей.

Обзор научно литературных материалов показывает, что к настоящему времени известно большое количество способов диагностики конвейерных роликов основанных на различных принципах действия. Эти способы можно классифицировать по следующим основным признакам:

• по месту установки измерительной аппаратуры на конвейере – на каждом ролике; на металлоконструкциях става; на ленточном полотне; вне конвейерной установки;

• по способу «снятия» диагностических параметров – измерение рабочих параметров непосредственно каждого ролика; одновременная оценка параметров группы роликов;

• по глубине диагностики – оценка фактического технического состояния роликов; обнаружение только неисправных (не вращающихся) роликов;

• по периодичности получения диагностической информации – непрерывный мониторинг; периодические обследования [1].

В связи с тем, что полноценная диагностика конвейера требует остановки конвейера, иногда частичного демонтажа линии, то чаще всего используют метод визуального осмотра компонентов конвейера или проводят его с использованием дополнительного оборудования.

Первым вариантом дополнительного оборудования является тепловизор, который позволяет бесконтактно оценить температуру поверхности ролика. Второй вариант использует звуковой модуль мониторинга, который на расстоянии до трех метров оценивает звуковой спектр от роликов и выделяет звуки, характерные для неисправных роликов [2].

В работе [3] отмечается, что эти способы, как и все способы с использованием человека имеет огромный минус, и этот минус – человеческий фактор. Поэтому, чтобы достичь большей эффективности в диагностике, необходим переход к более дорогим автоматизированным системам. Конструкция ленточного транспортера не позволяет измерение температуры над роликом, поскольку над ним находится лента. Остается только размещение под роликом (рисунок 1). То есть преобладающая часть теплового потока, а именно конвективная, недоступна для прямого измерения. Остается радиационная составляющая, которая значительно меньше конвективной по своему абсолютному значению.



Рисунок 1. Вид на верхние ролики ленточного конвейера

Так как конструкция конвейера позволяет размещать термометр только под роликом, то при подвесе минус 100 мм (ниже поверхности ролика) при той же температуре воздуха срабатывание по условиям класса А1 произойдет при разогреве ролика до температуры более 500 °С, что скорее всего означает разрушение подшипника ролика и недопустимый нагрев ленты и угля [4].

На графике (рисунок 2, а) приведено изменение температур вдоль оси на нижней поверхности ролика при расстоянии от ролика до измерительного кабеля минус 100 мм, перегрев 200 °С. Температура на измерительном элементе, расположенном ниже ролика на 100 мм, составляет 35,06 °С. На рисунке 2, б показаны результаты экспериментальные и расчетные. Отличие расчетных значений от измеренных может быть вызвано тем, что в модели не учитывается естественная конвекция, а тепло от ролика к кабелю передается только за счет излучения [4].

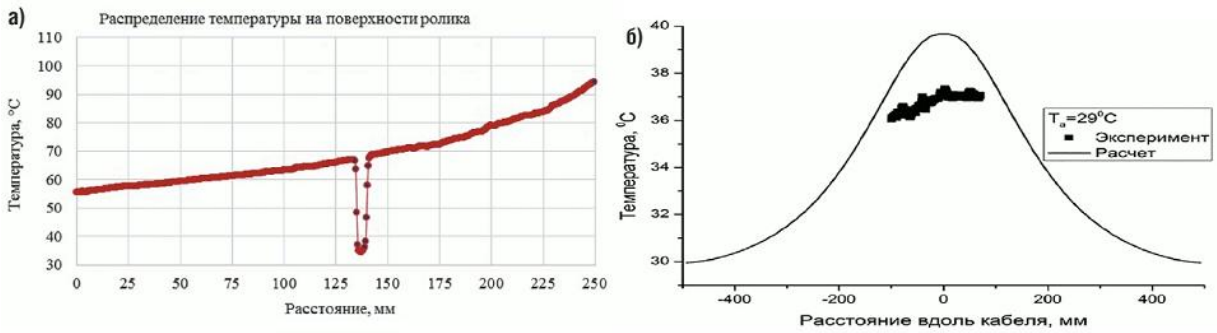

Рисунок 2. Распределение температуры на нижней поверхности ролика при перегреве 200 °С правым подшипником: а) экспериментальные данные; б) сравнение результатов экспериментальных и расчётных

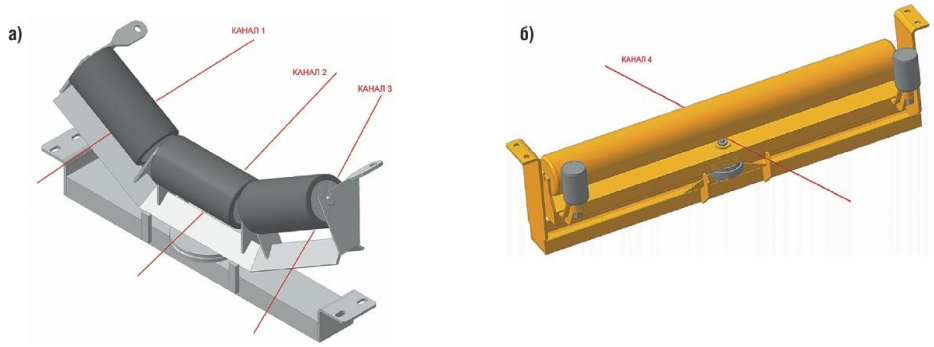

Рисунок 3. Расположение чувствительных элементов: а) для контроля желобчатых роликов; б) для контроля плоских роликов

Проведенные в работе [4] эксперименты показали, что при росте температуры поверхности ролика на 150 °С, температура на чувствительном элементе, расположенном ниже поверхности ролика на 100 мм, в абсолютном значении увеличивается только на 4,67 °С. Автором предложено техническое решение проблемы непрерывного мониторинга каждого ролика – это использование 4-канального волоконно-оптического датчика на базе АСТРО Е560 в системе ТОРЕКС. Кабели в качестве чувствительного элементы прокладываются вдоль направления ленточного конвейера, под роликами, не касаясь их, на определенном расстоянии (Рисунок 3). Выходным индикатором системы является экран монитора компьютера оператора.

При вибрационной диагностике датчики устанавливаются непосредственно на сами роликоопоры или на металлоконструкции линейного става с некоторым шагом. Такое решение позволяет весьма точно оценивать фактическое состояние конвейерных роликов, прогнозируя процесс их деградации. Но уменьшение шага ведет к увеличению требуемого количества аппаратуры. Экспериментально установлено, что наиболее рациональный шаг установки вибрационных датчиков составляет не более трех роликоопор(Рисунок 4). Однако такой метод вибрационной диагностики экономически оправдан лишь на коротких конвейерных линиях, где требуется установка небольшого количества датчиков [1].



Рисунок 4. - Монтаж датчиков измерения механической вибрации на линейный став конвейера

Одним из направлений в разработке стационарных систем диагностики конвейерных роликов являются методы, основанные на одновременной оценке технического состояния группы роликоопор. В этом случае с некоторым шагом датчики устанавливаются непосредственно на став конвейера или располагаются вблизи него [1]. Этот вариант решения позволяет существенно снизить количество применяемых измерительных приборов.

Отличительным решением по схеме подключения для контроля температуры опорных роликов ленточных конвейеров, используемых в подземных горных работах, является патент DE 2803143 A1 [5], где в ось каждого ролика предложено установить термопару для непрерывного измерения рабочей температуры роликов. Такое решение дает возможность оценивать фактическое техническое состояние роликов по параметру их рабочей температуры, прогнозируя износ подшипниковых узлов.

Однако при наличии ряда технических решений, в современных условиях методы неразрушающего контроля не получили широкого применения для диагностики конвейерных роликов, что обусловлено необходимостью больших капитальных затрат на оснащение конвейерных линий измерительной аппаратурой и отсутствием исследований по установлению зависимости изменения диагностических параметров роликов от степени их износа [1].

Росту фактического ресурса ленточного конвейера способствует внедрение системы технического обслуживания и ремонта по фактическому состоянию механического оборудования, позволяющие прогнозировать отказы на ранних этапах. К диагностическим параметрам, по которым определяют работоспособность механизма, относятся величина механических колебаний (вибрация), рабочая температура, уровень эмитируемого звука, наличие примесей в смазке и др. [1].

Основными причинами возникновения точек локального перегрева в ленточном конвейере являются:

– заедание ролика из-за повреждения подшипника ролика. Подшипник заклинивает по двум причинам: попадание грязи в него и перекос подшипника;

– попадание породы между поверхностью ролика и конструктивным элементом ленточного конвейера. В частности, накопление штыба под холостой ветвью конвейера может вызвать пожар, поскольку штыб блокирует вращение роликов, и они нагреваются в результате трения о ленту [6].

Перегрев отдельных участков ленточного конвейера чаще всего возникает вследствие двух основных факторов:

– заклинивание роликов из-за выхода из строя подшипников, вызванного попаданием загрязнений внутрь механизма либо смещением самого подшипника относительно оси вращения;

– попадание посторонних материалов между поверхностями ролика и конструкционными элементами конвейера, особенно накопления мелких частиц угля («штыба») под холостой частью ленты, что вызывает остановку вращения роликов и значительное повышение их температуры из-за интенсивного трения о полотно.

Результатом обоих случаев является увеличение сопротивления движению, усиление силы трения между лентой и роликом, приводящее к резкому росту температуры последних. Поскольку предотвращение полного износа и повреждений подшипников практически невозможно, актуальной становится задача непрерывного контроля температурных показателей каждой точки системы, включая ролики, ленточное полотно и прочие узлы, чтобы своевременно выявлять и устранять возникающие дефекты.

Кратко рассмотрим некоторые примеры использования теплового диагностирования подшипников качения в процессе эксплуатации оборудования.

Применение теплового анализа для выявления дефектов подшипников насоса показало высокую точность и простоту реализации методов. Установлено, что отклонение рабочей температуры подшипников даже на несколько градусов свидетельствует о повышенном риске преждевременного отказа узла [7]. Так, использование пирометрии позволило специалистам нефтегазовых компаний сократить количество внеплановых ремонтов дорогостоящего оборудования.

Для эффективной диагностики подшипников промышленных вентиляционных установок также успешно применяется тепловой метод. По ре-

зультатам исследований было выявлено, что постепенное возрастание температуры поверхности подшипников связано с износом шарикоподшипников и образованием люфтов [6]. Регулярный контроль температурных показаний позволил предприятиям заблаговременно планировать профилактику и замену деталей, снижая вероятность отказов и повышая общую производительность вентиляции предприятий.

Подшипники, используемые в тяжёлой технике горнодобывающей отрасли, подвергаются значительным нагрузкам и экстремальным условиям эксплуатации. Повышение температуры поверхности подшипника зачастую сигнализирует о развитии усталостных трещин, коррозии или недостаточной смазке [8]. Современное оборудование для теплового контроля способно обнаруживать ранние признаки деградации подшипников и предупреждать аварии.

Использование теплового метода неразрушающего контроля в диагностике опор качения даёт возможность объективно оценивать техническое состояние подшипников и прогнозировать возможные отказы. Своевременное выявление изменений температуры позволяет существенно продлить ресурс механизмов и обеспечить безопасность производственных процессов.

Эти примеры наглядно демонстрируют широкий спектр применимости теплового контроля в промышленном оборудовании различного назначения, начиная от энергетической сферы и заканчивая горнодобывающим производством.

Таким образом, внедрение теплового диагностирования подшипников качения способствует повышению эффективности эксплуатации промышленного оборудования, снижению затрат на обслуживание и обеспечению безопасной работы технологических процессов.

Итак, существующий успешный опыт использования теплового метода неразрушающего контроля для диагностики подшипников в узлах машин и механизмов подтверждает целесообразность и перспективность продолжения разработки и совершенствования данного подхода.

Заключение. В работе выполнен обзор и классификация методов диагностики опорных роликов ленточных конвейеров. Показано, что визуальный осмотр, тепловизионный и акустический контроль, вибрационная диагностика и волоконно-оптические системы имеют различные области рационального применения. Наиболее перспективным направлением для протяжённых конвейерных линий является непрерывный тепловой контроль подшипниковых узлов, позволяющий своевременно выявлять локальные перегревы и предотвращать аварийные ситуации.

Список литературы

1. Ширямов, Д. А. Исследование способов диагностики технического состояния конвейерных роликов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. — 2020. — № 2. — С. 42–49.
2. Сайдулин, Е. Г. Автоматическое обнаружение неисправных роликов ленточных конвейеров волоконно-оптическим тепловым датчиком TOREX // Горная промышленность. — 2020. — № 4. — С. 54.
3. Забегаев, М. В. Совершенствование диагностики опорных роликов ленточного конвейера : магистерская диссертация / научн. рук. А. Г. Захарова. — Кемерово : Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, 2017. — С.56.
4. Спиваковский, А. О. Автоматическое обнаружение неисправных роликов ленточных конвейеров волоконно-оптическим тепловым датчиком ТОРЕКС / А. О. Спиваковский [и др.] // Горная промышленность. — 2020. — № 4. — С. 54.
5. Патент DE 2803143 A1. Схема подключения для контроля температуры опорных роликов ленточных конвейеров, используемых в подземных горных работах.5
6. Шаяхметов Е.Я. Конструктивное и технологическое обеспечение качества роликоопор ленточных конвейеров, работающих в тяжелых условиях :дис. на соискание степени д-ра PhD : 6D071200 / Шаяхметов ЕржанЯрнарович. — Алматы, 2017. — 195 с.
7. Патент DE 2803143 A1. Схема подключения для контроля температуры опорных роликов ленточных конвейеров, используемых в подземных горных работах.
8. Шляпин, Е. С., Хохлова, О. Г. Применение теплодиагностики для повышения надежности вентиляционного оборудования шахт // Горный журнал. — 2020. — № 4. — С. 65–70.
9. Волков, В. Е., Миронов, А. Ю. Эффективность инфракрасной диагностики подшипников карьерных экскаваторов // Горный журнал. — 2020. — № 6. — С. 81–85.