

УДК 621.86

Тепловое диагностирование ленточных конвейеров

Гончаров Кирилл Александрович,
профессор кафедры, д-р техн. наук

ptm_bstu@mail.ru
SPIN-код: 3380-5260

Донсков Иван Сергеевич,
аспирант

donskov.iv@gmail.com

*Кафедра «Наземные транспортно-технологические средства»,
Российский университет транспорта, Москва, Россия*

Аннотация. На сегодняшний день остро стоит вопрос технического диагностирования элементов ленточных конвейеров. Метод теплового диагностирования представляет собой одно из наиболее перспективных направлений технической диагностики как с точки зрения разработки новых методологических подходов, включая совершенствование существующих, так и с точки зрения практической реализации. В статье рассмотрены исследования в области теплового диагностирования ленточных конвейеров. Определена базовая применимость метода. Приведены возможные варианты анализа полученных данных. Описана система, реализующая метод. Показаны инновационные решения, применяемые в системах диагностирования. В результате чего были определены базовые положения, касающиеся теплового диагностирования ленточных конвейеров.

Ключевые слова: тепловое диагностирование, ленточный конвейер, техническое состояние, тепловое изображение, зона тепловых аномалий, предельное состояние, сравнительный анализ

Thermal diagnostics of belt conveyors

Goncharov Kirill Aleksandrovich,
*Professor of the Department,
Doctor of Technical Sciences*

ptm_bstu@mail.ru
SPIN-code: 3380-5260

Donskov Ivan Sergeevich,
Graduate Student

donskov.iv@gmail.com

*Department of "Ground transportation and technological facilities",
Russian University of Transport, Moscow, Russia*

Abstract. Today, the issue of technical diagnostics of belt conveyors is of great importance. The thermal diagnostics method is one of the most promising areas, both in terms of developing new methodological approaches and improving existing ones, as well as in terms of practical implementation. This article explores research in the field of thermal diagnostics of belt conveyors. It defines the basic applicability of the method. It presents possible options for analyzing the obtained data. It demonstrates practical implementation of thermal diagnostics systems. It also describes innovative solutions used in diagnostic systems. As a result, the basic provisions regarding thermal diagnostics of belt conveyors were determined.

Keywords: thermal diagnostics, belt conveyor, technical condition, thermal image, zone of thermal anomalies, limit condition, comparative analysis

Введение. Ленточные конвейеры являются одними из наиболее распространенных и незаменимых устройств в современной промышленности. Однако, как и у любого оборудования, узлы ленточных конвейеров подвержены износу, возникновению различных дефектов и, как следствие, выходу из строя. Это зачастую приводит к простоям, снижению производительности, повышению энергопотребления и повышенному износу других элементов конвейера. С целью своевременного выявления значительных дефектов в узлах и деталях применяют различные методы технического диагностирования [1].

Традиционно наиболее распространенным методом диагностирования ленточных конвейеров является визуальный контроль [2]. Данный метод, хоть и является наиболее доступным, может иметь ряд существенных недостатков: недостаточная оперативность, низкая точность, субъективность оценки, отсутствие возможности проведения диагностики труднодоступных мест. Кроме того, требуется отметить, что зачастую для проведения визуального контроля необходима остановка конвейера, что в некоторых случаях не является допустимым.

Сегодня свое частое применение стали находить измерительные методы контроля. Относительно визуального контроля данные методы позволяют с более высокой точностью и скоростью определить состояние элементов устройства [2].

Тепловое диагностирование является одним из измерительных методов контроля. Этот метод, основанный на анализе теплового излучения, испускаемого узлами конвейера, позволяет непрерывно выявлять аномальные температурные зоны, которые могут свидетельствовать о различных видах неисправностей [3].

Поэтому в контексте технической диагностики ленточных конвейеров тепловое диагностирование представляет собой мощный инструмент, который способен решить многие задачи, связанные с технической диагностикой данных устройств.

Целью работы является определение базовых положений, относящихся к тепловому диагностированию ленточных конвейеров.

Материалы и методы. Тепловое диагностирование — бесконтактный метод неразрушающего контроля, использующий инфракрасное излучение, выделяемое объектом, с целью определения его состояния.

Результаты. В работах [4–6] описаны исследования, которые позволяют сделать заключение о том, что метод, рассматриваемый в данной работе, дает возможность получать информацию о техническом состоянии элементов ленточных конвейеров. Так, в работах [6, 7] продемонстрировано диагностирование предельного состояния роликов на основании тепловых изображений, выявление которого при помощи визуального контроля в ряде случаев является затруднительным.

Также требуется отметить, что тепловое диагностирование может быть использовано на этапе проектирования ленточных конвейеров, где при помощи сравнительного анализа тепловых картин определяется наиболее целесообразная конструкция элементов или устройства в целом [8].

Кроме того, что немаловажно, метод, рассматриваемый в данном исследовании, в некоторых случаях позволяет выявлять причины возникновения неисправностей узлов и деталей [4, 9]. Данный тезис основан на возможности непрерывного анализа зон тепловых аномалий в местах возникновения дефектов. Это, в свою очередь, открывает путь к определению характера температурных изменений, на основании которого можно выявить факторы, приводящие к нарушениям в работе устройств.

Система теплового диагностирования ленточных конвейеров представляет собой комплекс программно-аппаратных средств, который позволяет измерять и анализировать тепловое излучение, выделяемое на поверхности элементов [6–8]. Зачастую системы включают в себя тепловизионный модуль, производящий регистрацию инфракрасного изображения, и вычислительный блок, который выполняет оценку и дальнейшую интерпретацию информации. В ряде случаев систему теплового диагностирования напрямую интегрируют в систему управления конвейером, что позволяет избежать наступления опасных состояний элементов устройства за счет своевременного выполнения остановки или изменения режимов работы на основании данных, полученных из непрерывного мониторинга технического состояния [10].

Оценка данных, зафиксированных в результате проведения теплового диагностирования, может быть выполнена как при помощи использования сравнительного анализа, так и при помощи абсолютного анализа. При этом требуется учитывать, что относительно сравнительного анализа, метод оценки абсолютных значений требует повышенных трудозатрат, которые напрямую связаны с использованием коэффициентов излучения поверхности [4]. При использовании обоих методов крайне важным параметром является качество поверхностного слоя, от которого напрямую будет зависеть точность получаемых данных.

На сегодняшний день в область теплового диагностирования начинают внедряться новые технологии. В исследовании [7] для анализа состояния элементов ленточного конвейера была применена модель анализа полученных данных на основе искусственного интеллекта, которая позволяет с относительно высокой точностью выявлять элементы, достигшие предельного состояния. Также для получения тепловых картин протяженных конвейеров предложено использовать беспилотные летательные аппараты [11] и колесные роботы [6], на которых закреплена инфракрасная камера, что в значительной степени упрощает построение систем теплового диагностирования протяженных ленточных конвейеров.

Обсуждение. Результаты работы позволяют обобщить основную информацию, относящуюся к тепловой диагностике ленточных конвейеров, оце-

нить перспективность использования метода и наметить направления для дальнейших исследований.

Заключение. В работе показаны основные тезисы, связанные с тепловым диагностированием ленточных конвейеров:

1. Продемонстрированы задачи, связанные с проектированием и эксплуатацией устройств, которые могут быть решены путем проведения теплового диагностирования.

2. Показана система, реализующая метод, и методики анализа информации, полученной в ходе проведения теплового диагностирования.

3. Описаны существующие исследования и современные тенденции в области практической реализации метода.

Последующее развитие метода требует более углубленной проработки, это необходимо для раскрытия его полного потенциала и расширения сферы практического применения.

Список источников

- [1] Носов В.В. *Диагностика машин и оборудования*. Санкт-Петербург, Лань, 2012, 375 с.
- [2] Ширямов Д.А. Исследование способов диагностики технического состояния конвейерных роликов. *Вестник КузГТУ*, 2020, № 2 с. 42–49.
- [3] Нестерук Д.А., Вавилов В.П. *Тепловой контроль и диагностика*. Томск, Томский политехн. ун-т, 2007, 104 с.
- [4] Гончаров К.А. Система теплового диагностирования ленточных конвейеров. *Научно-технический вестник Брянского государственного университета*, 2022, № 1, с. 27–37.
- [5] Vlastimil M., Frantisek H. The utilization of non-contact temperature measurements in technical diagnostics of belt conveyors. Maritime University of Szczecin, 2011, no. 27 (99), pp. 112–117. URL: <https://bibliotekanauki.pl/articles/360319> (accessed 15.05.2025).
- [6] Dąbek P., Szrek J., Zimroz R., Wodecki J. An Automatic Procedure for Overheated Idler Detection in Belt Conveyors Using Fusion of Infrared and RGB Images Acquired during UGV Robot Inspection. *Energies*, 2022, vol. 15, no. 601. <https://doi.org/10.3390/en15020601>
- [7] Xiuyu Y., Liyong T., Feng C. Thermal infrared imaging for conveyor roller fault detection in coal mines. *PLOS ONE*, 2024, no 19 (7). URL: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0307591> (accessed 15.05.2025).
- [8] Гончаров К.А., Гришин А.В. Экспериментальное исследование теплового режима работы мотор-барабана короткого ленточного конвейера. *Научно-технический вестник Брянского государственного университета*, 2020, № 4, с. 529–538
- [9] Szurgacz D., Zhironkin S., Vöth S., Pokorny J., Spearing A., Cehlár M., Stempniak M., Sobik L. Thermal imaging study to determine the operational condition of a conveyor belt drive system structure. *Energies*, 2021, vol. 14, art. no. 3258. <https://doi.org/10.3390/en14113258>
- [10] Придорожный А.Г. *Способ и система автоматизированного определения повреждений конвейерной ленты*. Патент № 2766476 С1 РФ, 2025, бюл. № 11.
- [11] Alharbi F., Luo S. A review of fault detecting devices for belt conveyor idlers. *Journal of Mechanical Engineering Science and Technology*, 2024, vol. 8, no. 1, pp. 39–53. <https://doi.org/10.17977/um016v8i12024p039>