

DOI: 10.26730/1999-4125-2020-2-42-49

УДК 622.682

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КОНВЕЙЕРНЫХ РОЛИКОВ

RESEARCH OF TECHNICAL CONDITION DIAGNOSTIC METHODS FOR CONVEYOR IDLERS

Ширямов Дмитрий Александрович,
начальник отдела открытых горных работ, e-mail: d.shiryamov@sigd42.ru
Dmitriy A. Shiryamov, head of open mining

ООО «Сибирский Институт Горного Дела»,
650000, Россия, Кемерово, проспект Притомский, 7/2
The Mining Engineering Institute of Siberia, Russia, Kemerovo, Pritomskiy avenue, 7/2

Аннотация:

Рассмотрены вопросы, связанные с диагностикой технического состояния роликов ленточных конвейеров. С этой целью выполнен патентный поиск и анализ научных публикаций отечественных и зарубежных авторов, посвященных исследуемой тематике. Рассмотрены основные конструктивные и эксплуатационные параметры известных технических устройств и методик диагностики конвейерных роликов. Выполнена классификация способов диагностики конвейерных роликов по функциональным особенностям и принципу их действия. Проведена оценка преимуществ и недостатков известных методов диагностики с точки зрения стоимости оснащения конвейерной линии, точности выявления неисправных роликов и трудоемкости процесса диагностики. Выполнена систематизация известных решений по способу установки датчиков на элементах конвейера, способу оценки диагностических параметров роликов, глубине диагностики и периодичности получения диагностической информации. Сделаны выводы об актуальности проведения технической диагностики конвейерных роликов методами неразрушающего контроля. Намечены дальнейшие направления исследований для расширения области внедрения систем диагностики конвейерных роликов.

Ключевые слова: ленточный конвейер, конвейерный ролик, ленточное полотно, вибродиагностика, тепловая диагностика, неразрушающий контроль, мониторинг, техническое состояние, износ.

Abstract:

Technical diagnostics of conveyor idlers are considered. Patent search and analysis of scientific publications on the subject under study are completed. The main structural and operational parameters of the known technical devices and methods for diagnosing conveyor rollers are considered. The principle of operation of known technical devices and methods for diagnosing rollers is considered, their advantages and disadvantages are evaluated. The classification and systematization of the known solutions according to the functional features and method of installing sensors on the elements of the conveyor are completed. Conclusions are drawn on the relevance of conducting technical diagnostics of conveyor rollers using non-destructive testing methods. Further research areas have been outlined to expand the field of implementation of conveyor roller diagnostic systems.

Key words: belt conveyor, conveyor idler, belt, vibration diagnostics, thermal diagnostics, non-destructive testing, monitoring, technical condition, wear.

Ленточные конвейера получили широкое применение на горнодобывающих и горноперерабатывающих предприятиях. В мировой практике реализованы проекты по применению конвейеров для транспортировки сыпучих материалов, протяженность которых составляет более 10 км в одном ставе [1, 2].

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 [3].

Таблица. Классификация способов диагностики конвейерных роликов

Классификатор	Решение
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
	косвенная оценка по рабочим параметрам ленты
По глубине диагностики	оценка фактического технического состояния роликов
	обнаружение только неисправных (не вращающихся) роликов
По периодичности получения диагностической информации	непрерывный мониторинг
	периодические обследования

Своевременное выявление неисправных и отказавших роликов позволяет поддерживать энергопотребление конвейера в значениях номинального диапазона, исключить возможность возникновения пожаров в результате перегрева неисправных роликов, повысить срок службы ленточного полотна и других элементов конвейера [4].

Процесс проведения диагностики конвейерных роликов является достаточно трудоемким, что связано с большим количеством точек контроля – на километр линейного става конвейера приходится от 2,0 до 3,0 тыс. роликов, кроме того, виды износа и деградации подшипниковых узлов роликов носят разнообразный характер, что ведет к необходимости применения комплекса диагностических методов для выявления их неисправностей.

Проблемой диагностики и мониторинга состояния конвейерных роликов занимаются многие отечественные и зарубежные специалисты, начиная с 70-х годов прошлого столетия. Анализ известных технических устройств и методик диагностики роликов позволяет систематизировать и классифицировать эти решения по группам; они представлены в таблице.

Основным методом диагностики, используемым в современных условиях на конвейерных установках, является метод визуального осмотра. При этом работоспособность роликов оценивается на основании субъективного опыта сотрудника, проводящего диагностику. Выявляются только те ролики, которые имеют явные дефекты, такие как отсутствие вращения, повышенное биение обечайки или присутствие посторонних шумов в работе подшипников. Оценка фактического технического состояния роликов и прогноз их работоспособности в этом случае невозможен.

Повысить качество диагностических

мероприятий возможно за счет использования переносных приборов неразрушающего контроля, позволяющих измерять значение таких технических параметров, как величина механической вибрации, уровень шумовых характеристик или внешняя температура поверхностей [5]. Наибольшее применение на практике получил способ тепловой диагностики при помощи тепловизионных камер [6-8], которые позволяют производить достаточно быстрый анализ группы роликоопор и выявлять ролики с повышенными температурами даже с расстояния нескольких метров.

В случае применения переносных вибрационных и акустико-эмиссионных приборов существенно возрастает трудоемкость самого процесса диагностики и последующей обработки полученной диагностической информации.

В различное время отечественными и зарубежными специалистами предложены технические решения по минимизации участия человека в процессе диагностики и повышению качества обнаружения неисправных роликов.

Одним из направлений являлся подход, предусматривающий установку измерительных приборов на каждый ролик с внесением необходимых изменений в их конструкцию. Так как подобный подход ведет к необходимости использования большого количества измерительных приборов, то для минимизации капитальных вложений предусматривается применение недорогих и относительно простых технических устройств [9-11]. Недостатком представленных решений является низкая надежность обнаружения неисправных роликов – регистрируются только не вращающиеся ролики.

Отличительным является изобретение по патенту DE 2803143 A1 [12], согласно которому в ось каждого ролика предложено установить термопару для непрерывного измерения рабочей температуры роликов. Данное решение позволяет



Рис. 1. Монтаж датчиков измерения механической вибрации на линейный став конвейера

оценивать фактическое техническое состояние роликов по параметру их рабочей температуры, своевременно прогнозируя износ подшипниковых узлов.

Оснащение современных высокопроизводительных протяженных конвейерных линий стационарными датчиками требует неоправданных капитальных вложений, поэтому данные технические решения не получили дальнейшего развития.

Альтернативным направлением в разработке стационарных систем диагностики конвейерных роликов являются решения, позволяющие производить одновременную оценку технического состояния группы роликоопор. В этом случае с некоторым шагом датчики устанавливаются непосредственно на роликовый став конвейера или располагаются вблизи него. Такой подход позволяет существенно снизить количество применяемых измерительных приборов.

Основным направлением в данной области являются решения, направленные на измерение вибрационного [13, 14] или акустического спектра [15, 16], излучаемого ленточным конвейером в процессе работы.

В процессе износа роликов изменяется уровень их механической вибрации и рабочие шумовые характеристики. Регистрация этих изменений и сравнение текущего уровня акустического или вибрационного сигнала конвейера с некоторым эталонным значением позволяет судить о наличии неисправных роликов на контролируемом участке.

В случае оценки акустического сигнала конвейера датчики устанавливаются вдоль трассы конвейера на некотором удалении. Такое решение позволяет охватывать более протяженные участки линейного става, однако точность обнаружения

неисправных роликов до их заклинивания невысока.

При вибрационной диагностике датчики устанавливаются на металлоконструкции линейного става конвейера с некоторым шагом либо непосредственно на сами роликоопоры. Данный подход позволяет достаточно точно оценивать фактическое состояние конвейерных роликов, а также прогнозировать процесс их деградации.

Надежность и точность выявления неисправных роликов в первую очередь зависит от шага установки вибрационных датчиков на стае, однако сокращение шага ведет к росту требуемого количества аппаратуры. Экспериментально установлено [13], что наиболее рациональный шаг установки вибрационных датчиков составляет не более трех роликоопор (рис. 1).

Несмотря на высокую надежность и точность выявления неисправных роликов методом вибрационной диагностики, данный подход экономически оправдан лишь на коротких конвейерных линиях, где требуется установка небольшого количества датчиков.

Еще одно решение по определению неисправных роликов на ленточном конвейере рассмотрено в патенте RU 1770130 A1 [17]. Данный подход предусматривает измерение температуры поверхности ленточного полотна. Диагностика роликов проводится после цикла непрерывной работы конвейера под нагрузкой; остановкой конвейера, в процессе которой неисправные нагретые ролики передают тепло неподвижной ленте; диагностического запуска, в процессе которого тепловыми датчиками, установленными вдоль трассы конвейера, измеряется температура ленты. Такой подход представляет собой косвенную диагностику

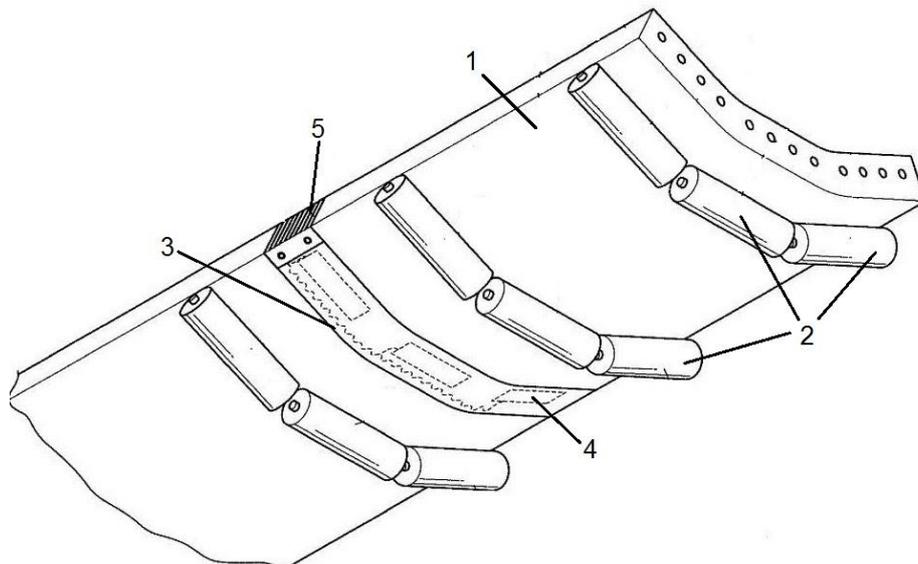


Рис. 2. Способ размещения диагностической аппаратуры на конвейерной ленте:
1 – ленточное полотно; 2 – опорные ролики; 3 – упругий элемент; 4 – датчики; 5 – полость установки аппаратуры, необходимой для автономной работы системы

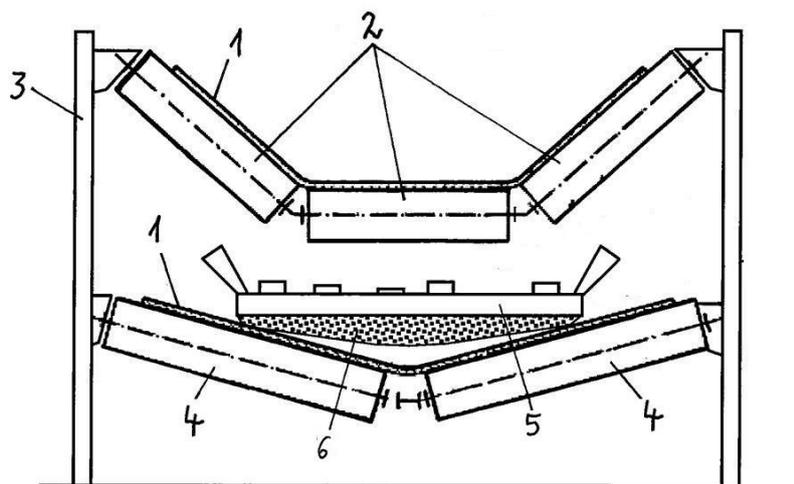


Рис. 3. Мобильное устройство для оценки технического состояния роликов:
1 – конвейерная лента; 2 – ролики рабочей ветви; 3 – стойка линейной секции; 4 – ролики порожней ветви; 5 – измерительное устройство; 6 – виброизолирующая подкладка

неисправностей роликов и является неточным.

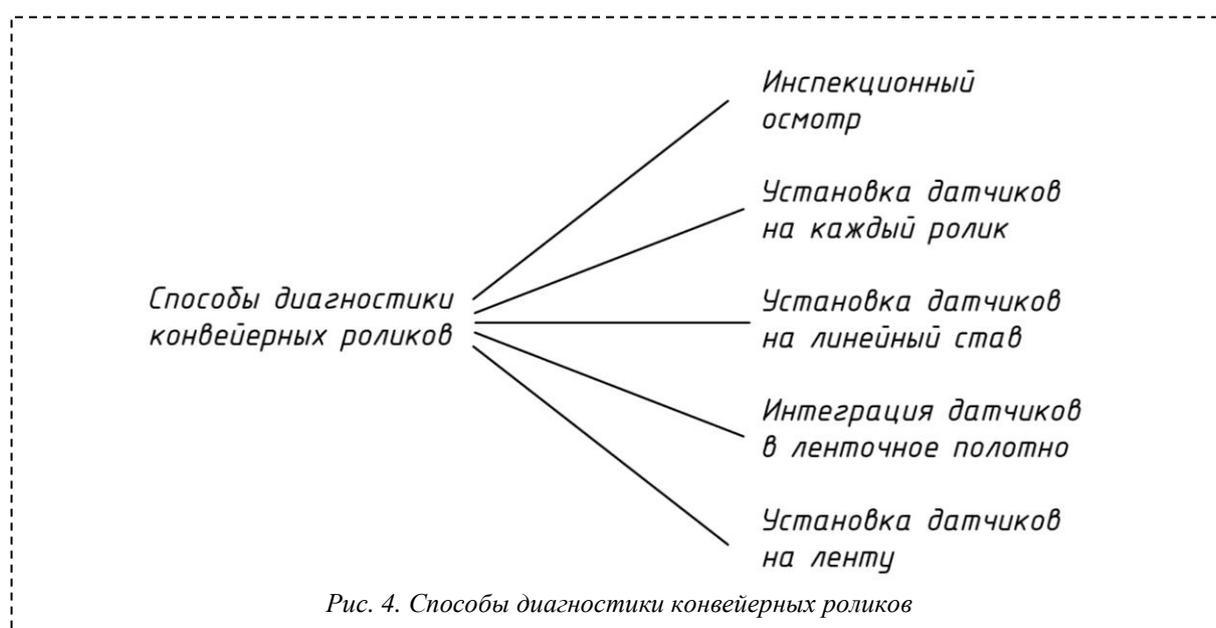
Отдельным направлением в создании систем диагностики конвейерных роликов является разработка аппаратуры, интегрируемой в ленточное полотно. В качестве измерительных элементов применяются стандартные датчики вибрации, температуры или давления [18], а также разрабатываются специальные измерительные устройства [19], работа которых основывается на применении других физических принципов.

В процессе работы конвейера датчик, размещенный внутри ленты, попеременно проходит все ролики вдоль траектории своего движения. Измеряемые параметры записываются на встроенный элемент хранения информации и бесконтактно передаются в пунктах установки приемников информации. Питание измерительной

аппаратуры производится от встроенного в ленту съемного источника энергии.

Данный подход позволяет минимизировать количество используемых датчиков и производить измерение рабочих параметров роликов в режиме реального времени, однако к таким устройствам предъявляется особое требование в части габаритных размеров, что связано с необходимостью размещения датчика внутри ленточного полотна.

В процессе эксплуатации элементы датчика подвергаются воздействию высоких динамических нагрузок при падении крупных кусков транспортируемого материала на ленточное полотно в пунктах загрузки и высоким продольным нагрузкам при растяжении ленточного полотна на приводных барабанах. Эти условия ограничивают



область применения данного метода диагностики и не подходят для работы на протяженных ленточных конвейерах, где перепад натяжений в ленте достигает существенных значений, а также при эксплуатации на грузоперевозке крупнокусковых материалов.

Избежать воздействия указанных нагрузок возможно в случае применения съемной измерительной аппаратуры, которая устанавливается на поверхности ленточного полотна только на время проведения диагностических мероприятий [20, 21].

При плановых остановках конвейера в ремонтные смены датчики временно устанавливаются на ленте. Затем при кратковременном диагностическом запуске конвейера ленточное полотно вместе с измерительной аппаратурой протягивается вдоль линейного става, и в процессе движения осуществляется измерение рабочих параметров каждого ролика. Прогон датчиков осуществляется между концевым и головным барабаном исключая попадания измерительной аппаратуры под них.

По патенту ЕР 2386505 А1 [20] датчики монтируются в специальный съемный упругий элемент, устанавливаемый на ленточное полотно. Измерительная аппаратура, необходимая для автономной работы устройства, размещается сверху на ленте, либо в специальной полости, формируемой в торце ленточного полотна (рис. 2).

Размещение датчиков и измерительной аппаратуры также возможно в отдельных корпусах, разъемно монтируемых на поверхности ленты [21].

Отличительным является способ, предложенный в работе [22], где измерительная аппаратура располагается на порожней ветви ленты конвейера (рис. 3). В состав устройства входит видекамера, тепловые и звуковые датчики, автономное питание, устройства для обработки и

хранения информации, специальный маркер, который оставляет отметки краской на стойках линейной секции для упрощения последующего выявления неисправных роликов ремонтной бригадой. Из недостатков стоит отметить низкое качество диагностики роликов порожней ветви – они остаются вне зоны контроля видео и тепловой камеры, оценка их технического состояния осуществляется только на основании измерений уровня шума.

Методы с применением съемной измерительной аппаратуры позволяют снизить эксплуатационные и капитальные затраты при оборудовании конвейерных линий диагностическими системами за счет минимизации количества требуемого оборудования.

При разработке данных систем следует учитывать особенности, влияющие на точность диагностики неисправных роликов: параметры механической вибрации и акустической эмиссии роликов в некоторой степени зависят от режима работы конвейера – грузовой или порожней; изменение температуры ролика с момента остановки конвейера до повторного запуска и непосредственного измерения в большой мере влияет на точность обнаружения неисправных роликов.

Современное положение дел на горных предприятиях показывает, что арсенал средств, используемых для диагностики конвейерных роликов, и уровень их технической оснащенности существенно отличается от способов, рассмотренных в настоящей работе. Так, на протяженных конвейерных линиях линейный став подвергается только периодическому инспекционному осмотру. Применение переносных диагностических приборов ограничено высокой трудоемкостью обследования каждого ролика, а системы автоматического контроля состояния роликового става не получили

широкого применения ввиду отсутствия исследований в области установления зависимости изменения диагностических параметров роликов от степени их износа.

Проведенный обзор и анализ в области диагностики конвейерных роликов позволяет систематизировать известные решения и сформировать их в несколько основных групп (рис. 4).

Заключение

1. Эксплуатация протяженных ленточных конвейеров на горных предприятиях обуславливает необходимость проведения диагностики опорных роликов с целью оптимизации энергозатрат конвейерной установки, повышения надежности ленточного полотна и уменьшения нагрузок на элементы конвейера. При этом для снижения трудоемкости процесса диагностики и повышения точности обнаружения неисправных роликов требуется применение методов неразрушающего контроля.

2. Осуществление технической диагностики

конвейерных роликов возможно за счет применения следующих способов: инспекционный осмотр линейного става с применением переносных измерительных приборов; оснащение каждого опорного ролика стационарными датчиками; стационарная установка датчиков на участки линейного става; интеграция датчиков в ленточное полотно; временный монтаж датчиков на ленточное полотно.

3. Несмотря на наличие 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.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Thompson M., Jennings A. Impumelelo coal mine is home to the world's longest belt conveyor // *Mining engineering*, 14 October, 2016, pp. 14-35.
2. L. K. Nordell, "ZISCO installs worlds longest troughed belt 15,6 km horizontally curved overland conveyor," in *Proceedings of the BELTCON 9 Conference, Republic of South Africa*, 1997.
3. Кравченко В.М. Техническое обслуживание и диагностика промышленного оборудования. – Донецк: ООО «Юго-Восток, Лтд», 2006. – 504 с.
4. Ширямов Д.А. К вопросу актуальности технического обслуживания опорных роликов ленточных конвейеров / Д.А. Ширямов, С.О. Миллер // *Сборник трудов VI Международной научно-практической конференции г. Прокопьевск «Перспективы инновационного развития угольных регионов России»*. – 2018. – С. 234-237.
5. Антоняк, Е. Сравнение методов измерения, используемых для оценки технического состояния роликов / Е. Антоняк // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. – 2006. – № 1. – С. 305-309.
6. Zimroz, R. Failure analysis of belt conveyor systems for condition monitoring purpose / R. Zimroz, R. Krol // *Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej. Studia i Materiały*. – 2009. – Vol. 128, No 36. – P. 255-270.
7. Gurjar, R.S. Failure analysis of belt conveyor system / Raghvendra Singh Gurjar // *IJESS*. – 2012. – Vol. 2, No 10. – P. 11-23.
8. Moni, V. The utilization of non-contact temperature measurements in technical diagnostics of belt conveyors / V. Moni, F. Helebrant // *Scientific Journals of the Maritime University of Szczecin*. – 2011. – No 27. – P. 112-117.
9. Патент № 2042596 RU, МПК В65G 43/02, E21F 5/00. Устройство противопожарной защиты ленточных конвейеров : № 92006364/03 : заявл. 16.11.1992 : опубл. 27.08.1995 / Гуревич, М.М., Ещеркин А.В., Фомин Е.В ; заявитель и патентообладатель ВостНИИ. – 5 с.
10. Патент № 1425142 СССР, МПК В65G 43/00. Способ обнаружения неподвижных роликов ленточного конвейера : № 4136096/29-03 : date of filling 04.08.1988 : опубл. 23.09.1988 / Вороной В.Г. – Бюл. № 35.

11. Patent № US 2011/0137587 A1, МПК G06F 19/00. System and methods for monitoring rollers for conveyors : № 12/797,047 : date of filling 09.06.2010 : date of publication 06.06.2011 / S. Rothlisberger, D. Nelson.
12. Patent № DE 2803143 A1, МПК B65G43/02. Mine conveyor roller temperature monitor : date of filling 25.01.1978 : date of publication 26.07.1979 / Horst Ing Grad Piecha.
13. Design of online monitoring and fault diagnosis system for belt conveyors based on wavelet packet decomposition and support vector machine / W. Li, Z. Wang, Z. Zhu, G. Zhou, G. Chen // *Advances in Mechanical Engineering*. – 2013. – Vol. 5 – P. 1-10.
14. Патент № 1710463 А1 СССР, МПК В65G 43/00. Способ определения технического состояния роликоопор ленточного конвейера : № 4648254/03 : заявл. 07.02.1989 : опубл. 07.02.1992 / Ефименко Л.И., Назаренко В.М., Солохненко Р.Г [и др.]. – Бюл. № 5.
15. Патент № 566755 СССР, МПК В65G 43/00. Устройство для обнаружения неподвижных роликов ленточного конвейера : № 2161922/03 : заявл. 08.08.1975 : опубл. 30.07.1977 / Мелькумов Л.Г., Эйгенборт В.М., Сидоров Е.Е., Дрожников В.В. – Бюл. № 28.
16. Патент № 632623 СССР, МПК В65G 43/00. Способ обнаружения неподвижных роликов ленточного конвейера : № 2152105 : заявл. 04.07.1975 : опубл. 15.11.1978 / Мелькумов Л.Г., Эйгенборт В.М., Сидоров Е.Е., Дрожников В.В. – Бюл. № 42.
17. Патент № 1770130 А1 СССР, МПК В65G 43/02. Способ определения наличия неисправных роликов ленточного конвейера и их местоположения : № 4854066/33 : заявл. 29.05.1990 : опубл. 23.10.1992 / Ефименко Л.И., Тиханский М.П., Назаренко В.М., Солохненко Р.Г., Шолтыш В.П. – Бюл. № 39.
18. Patent № US 7673739 B2, МПК В65G43/00. Apparatus and method for in-belt conveyor idler condition monitoring : № 000058 : date of filling 19.01.2009 : date of publication 06.03.2012 / V. Freeman.
19. Гавриленко, Б.В. Устройство контроля температурных режимов работы магистрального ленточного конвейера / Б.В. Гавриленко, А.В. Макаров // Тезисы докладов XI международ. науч.-техн. конф. «Автоматизация технологических объектов и процессов. Поиск молодых». – Донецк : ДонНТУ – 2011. – С. 124-126.
20. Patent № EP 2386505 A1, МПК В65G 15/30. Conveyor belt : № 10729184.1 : date of filling 08.01.2010 : date of publication 16.11.2011 / Sakaguchi Toshiki.
21. Патент RU 2561492C1, МПК В65G 43/02. Способ обнаружения роликов ленточных конвейеров с повышенным сопротивлением вращению : № 2014121170/11 : заявл. 26.05.2014 : опубл. 27.08.2015 / Ширямов Д.А., Захаров А.Ю. – Бюл. № 24.
22. Patent № DE 102012107847 A1, МПК В65G 43/02. Control device for checking the condition of a conveyor belt system : date of filling 27.08.2012 : date of publication 27.02.2014 / ThyssenKrupp Industrial Solutions AG.

REFERENCES

1. Thompson M., Jennings A. Impumelelo coal mine is home to the world`s longest belt conveyor // *Mining engineering*, 14 October, 2016, pp. 14-35.
2. L. K. Nordell, “ZISCO installs worlds longest troughed belt 15,6 km horizontally curved overland conveyor,” in *Proceedings of the BELTCON 9 Conference, Republic of South Africa*, 1997.
3. Kravchenko V.M. *Tehnicheskoe obsluzhivanie i diagnostika promyshlennogo oborudovaniya*. – Doneck: ООО «Jugo-Vostok, Ltd», 2006. – 504 s.
4. Shirjamov D.A. К вопросу актуальности технического обслуживания опорных роликов ленточных конвейеров / D.A. Shirjamov, S.O. Miller // *Sbornik trudov VI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii g. Prokop'evsk «Perspektivy innovacionnogo razvitiya ugol'nyh regionov Rossii»*. – 2018. – S. 234-237.
5. Antonjak, E. Sravnenie metodov izmerenija, ispol'zuemyh dlja ocenki tehničeskogo sostojanija rolikov / E. Antonjak // *Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten'*. – 2006. – № 1. – S. 305-309.
6. Zimroz, R. Failure analysis of belt conveyor systems for condition monitoring purpose / R. Zimroz, R. Krol // *Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej. Studia i Materiały*. – 2009. – Vol. 128, No

36. – P. 255-270.

7. Gurjar, R.S. Failure analysis of belt conveyor system / Raghvendra Singh Gurjar // IJESS. – 2012. – Vol. 2, No 10. – P. 11-23.

8. Moni, V. The utilization of non-contact temperature measurements in technical diagnostics of belt conveyors / V. Moni, F. Helebrant // Scientific Journals of the Maritime University of Szczecin. – 2011. – No 27. – P. 112-117.

9. Patent № 2042596 RU, МПК B65G 43/02, E21F 5/00. Ustrojstvo protivopozharnoj zashhity lentochnyh konvejerov : № 92006364/03 : zajavl. 16.11.1992 : opubl. 27.08.1995 / Gurevich, M.M., Eshherkin A.V., Fomin E.V ; zajavitel' i patentoobladatel' VostNII. – 5 s.

10. Patent № 1425142 SSSR, МПК B65G 43/00. Sposob obnaruzhenija nepodviznyh rolikov lentochnogo konvejera : № 4136096/29-03 : zajavl. 04.08.1988 : opubl. 23.09.1988 / Voronov V.G. – Bjul. № 35.

11. Patent № US 2011/0137587 A1, МПК G06F 19/00. System and methods for monitoring rollers for conveyors : № 12/797,047 : date of filling 09.06.2010 : date of publication 06.06.2011 / S. Rothlisberger, D. Nelson.

12. Patent № DE 2803143 A1, МПК B65G43/02. Mine conveyor roller temperature monitor : date of filling 25.01.1978 : date of publication 26.07.1979 / Horst Ing Grad Piecha.

13. Design of online monitoring and fault diagnosis system for belt conveyors based on wavelet packet decomposition and support vector machine / W. Li, Z. Wang, Z. Zhu, G. Zhou, G. Chen // Advances in Mechanical Engineering. – 2013. – Vol. 5 – P. 1-10.

14. Patent № 1710463 A1 SSSR, МПК B65G 43/00. Sposob opredelenija tehničeskogo sostojanija rolikoopor lentochnogo konvejera : № 4648254/03 : zajavl. 07.02.1989 : opubl. 07.02.1992 / Efimenko L.I., Nazarenko V.M., Solohnenko R.G [i dr.]. – Bjul. № 5.

15. Patent № 566755 SSSR, МПК B65G 43/00. Ustrojstvo dlja obnaruzhenija nepodviznyh rolikov lentochnogo konvejera : № 2161922/03 : zajavl. 08.08.1975 : opubl. 30.07.1977 / Mel'kumov L.G., Jejgenbort V.M., Sidorov E.E., Drozhnikov V.V. – Bjul. № 28.

16. Patent № 632623 SSSR, МПК B65G 43/00. Sposob obnaruzhenija nepodviznyh rolikov lentochnogo konvejera : № 2152105 : zajavl. 04.07.1975 : opubl. 15.11.1978 / Mel'kumov L.G., Jejgenbort V.M., Sidorov E.E., Drozhnikov V.V. – Bjul. № 42.

17. Patent № 1770130 A1 SSSR, МПК B65G 43/02. Sposob opredelenija nalichija neispravnyh rolikov lentochnogo konvejera i ih mestopolozhenija : № 4854066/33 : zajavl. 29.05.1990: opubl. 23.10.1992 / Efimenko L.I., Tihanskij M.P., Nazarenko V.M., Solohnenko R.G., Sholtysh V.P. – Bjul. № 39.

18. Patent № US 7673739 B2, МПК B65G43/00. Apparatus and method for in-belt conveyor idler condition monitoring : № 000058 : date of filling 19.01.2009 : date of publication 06.03.2012 / V. Freeman.

19. Gavrilenko, B.V. Ustrojstvo kontrolja temperaturnyh rezhimov raboty magistral'nogo lentochnogo konvejera / B.V. Gavrilenko, A.V. Makarov // Tezisy dokladov XI mezhdunarod. nauch.-tehn. konf. «Avtomatizacija tehnologičeskikh ob#ektov i processov. Poisk molodyh». – Doneck : DonNTU – 2011. – S. 124-126.

20. Patent № EP 2386505 A1, МПК B65G 15/30. Conveyor belt : № 10729184.1 : date of filling 08.01.2010 : date of publication 16.11.2011 / Sakaguchi Toshiki.

21. Patent RU 2561492C1, МПК B65G 43/02. Sposob obnaruzhenija rolikov lentochnyh konvejerov s povyshennym soprotivleniem vrashheniju : № 2014121170/11 : zajavl. 26.05.2014 : opubl.27.08.2015 / Shirjamov D.A., Zaharov A.Ju. – Bjul. № 24.

22. Patent № DE 102012107847 A1, МПК B65G 43/02. Control device for checking the condition of a conveyor belt system : date of filling 27.08.2012 : date of publication 27.02.2014 / ThyssenKrupp Industrial Solutions AG.

Поступило в редакцию 26.05.2020

Received 26 May 2020