

Захаров Александр Юрьевич, доктор техн. наук, профессор, **Григорьев Александр Васильевич**, канд. техн. наук, доцент, **Захарова Алла Геннадьевна**, доктор техн. наук, профессор

Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева,
650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

E-mail: zaharovaag@kuzstu.ru

ОБЗОР СПОСОБОВ КОНТРОЛЯ ПРОДОЛЬНОГО ПОРЫВА КОНВЕЙЕРНОЙ ЛЕНТЫ

Аннотация: На горных предприятиях при добыче полезных ископаемых в настоящее время все чаще используются ленточные конвейеры. Продольный разрыв конвейерных лент ведет к существенным затратам на ремонт и простоя основного оборудования. В данной работе проведен анализ существующих устройств обнаружения продольного разрыва конвейерных лент, основанных на использовании механической, ультразвуковой и электромагнитной энергии, оценки конфигурации магнитного поля, компьютерного зрения, инфракрасного и рентгеновского излучения и транспондеров.

Ключевые слова: ленточный конвейер, конвейерная лента, конвейерная линия, продольные разрывы конвейерной ленты, устройство обнаружения продольных разрывов конвейерной ленты.

Информация о статье: принята 12 октября 2020 г.
DOI: 10.26730/1816-4528-2020-5-57-63

Введение

В последние десятилетия в мировой практике эксплуатации горных предприятий появилось большое число систем непрерывного транспорта, осуществляющих доставку полезного ископаемого на значительные расстояния [1]. Одним из наиболее распространенных устройств непрерывного транспорта является ленточный конвейер, отличающийся простотой конструкции, надежностью работы и возможностью транспортировать большинство видов насыпных грузов. Техничко-экономические показатели работы предприятий угольной и горнорудных отраслей промышленности в значительной мере зависят от работоспособности ленточных конвейеров и их экономических показателей [2, 3].

В настоящее время внутришахтный транспорт, как правило, представляет конвейерную линию, включающую от 4 до 10 конвейеров, а иногда и больше. Выход из строя одного конвейера вызывает простой всей шахты. Наиболее тяжелые последствия может вызывать продольный порыв конвейерной ленты. К экономическим затратам на замену или ремонт ленты (в зависимости от длины порыва) добавляются затраты от простоя основного оборудования шахты.

Для того, чтобы снизить затраты от этого явления, разрабатываются устройства для обнаружения продольного порыва конвейерных лент. Система обнаружения продольного порыва должна оперативно отключить конвейер в случае возникновения порыва ленты, чтобы избежать более длинного продольного порыва.

Фиксация просыпи транспортируемого груза

Одним из направлений создания устройств обнаружения продольного разрыва ленты конвейера являются устройства обнаружения просыпи через продольный порыв. Например, устройство ДКПР (рис. 1) устанавливается над холостой ветвью, крепится кронштейном 2 к ставу конвейера 3. В кронштейне имеются отверстия 4 для регулировки датчика по высоте. В нижней части датчика закреплен удлинитель с поперечной планкой 5. Рабочее положение датчика вертикальное. В случае продольного порыва ленты транспортируемый материал сыпается в образовавшееся отверстие с рабочей ветви на холостую, которая несет его в сторону концевой барабана. При достижении датчика 1 материал воздействует на планку и отклоняет его. Наклон датчика от вертикали более, чем на 20°, приводит к изменению его логического сигнала. Аналогичным образом устроено и работает

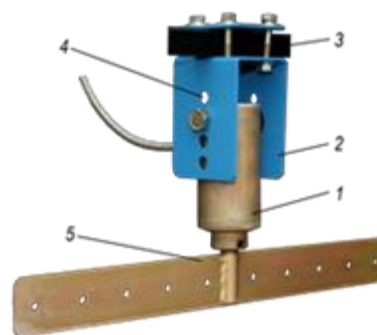


Рис. 1. Устройство контроля просыпи ДКПР
Fig. 1. LTCD Device to control material spillage

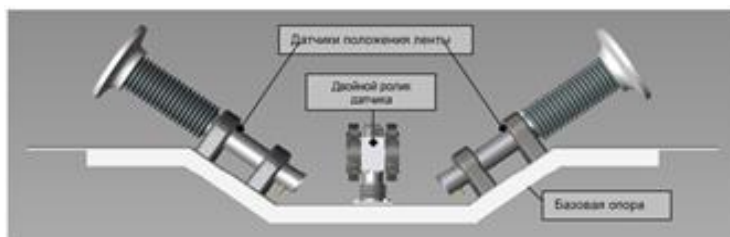


Рис. 2. Устройство контроля продольных разрывов ленты EMSYS
Fig. 2. EMSYS control device to detect the belt longitudinal tear

а)



б)

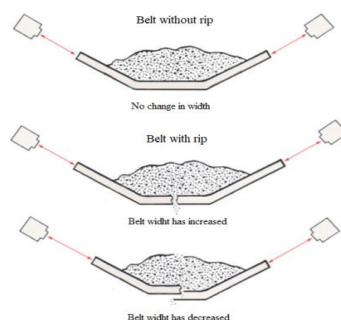


Рис. 3. Датчик BG5k от Beltscan; а) установка на конвейере, б) принцип действия датчика

Fig. 3. The BG5k belt tear detector, Beltscan; а) installation on conveyor, б) detector operating principle

устройство УКПР в комплекте с индуктивным или герконовым датчиками.

Измерение ширины ленты

Ещё одной разновидностью устройств обнаружения продольного разрыва конвейерной ленты являются устройства, непрерывно измеряющие ширину ленты. К ним относится устройство EMSYS фирмы MESKOTEX KG [4]. Оно представляет собой компактный и надежный блок контроля для ленточных конвейеров, разработанный в соответствии с требованиями эксплуатации в подземных горных выработках.

Устройство контроля продольных разрывов ленты EMSYS (рис. 2) состоит из: станции определения положения ленты с двумя датчиками; одного двойного ролика датчика; базовой опоры; аппарата управления StG- 300- 02. Устройство контроля продольных разрывов ленты устанавливается непосредственно вблизи обычных желобчатых роликоопор ленточного конвейера. Недопустимое (положительное или отрицательное) изменение ширины ленты аппарат управления интерпретирует как продольный разрыв ленты. Кроме того, ширина и положение ленты конвейера непрерывно контролируются по осевому отклонению датчиков положения ленты и

их значения сравниваются с заложенными в аппарат управления значениями профиля и ширины ленты. Профиль ленты сохраняется в аппарате управления во время цикла обучения. Цикл обучения автоматически заканчивается при прохождении соответствующей метки.

Датчик порыва ленты BG5k от Beltscan¹ осуществляет бесконтактный контроль ширины ленты за счет использования двух ультразвуковых излучателей-приемников, которые постоянно измеряют ширину ленты (рис. 3). Когда происходит продольный разрыв ленты, порванные участки ленты обычно отодвигаются друг от друга, или сгибаются и надвигаются друг на друга из-за угла наклона боковых роликов и их центрирующих сил. Если произойдет одно из этих двух событий, ширина конвейерной ленты изменится и будет сгенерирован сигнал разрыва ленты, который подает питание на реле безопасности.

Использование ультразвука

Ультразвуковые датчики BGIOk от Beltscan² (рис.4) располагаются на противоположных сторонах ленты и должны быть отрегулированы так, чтобы края ленты использовались в качестве мишеней для измерения. Расстояние от ультразвукового датчика до края ленты влияет на работоспособность устройства и его рекомендуется принимать 200 мм, это считается рациональным рабочим расстоянием для конвейера.

Датчик продольного разрыва работает на принципе излучения ультразвуковой энергии в конвейерную ленту в месте контроля. Энергия вводится передатчиком-преобразователем и измеряется несколькими приемниками-преобразователями, расположенными с противоположной стороны ленты. Когда между преобразователями происходит продольный разрыв, уровень акустической энергии, поступающей в приемник, либо уменьшается, либо полностью теряется. Это снижение уровня энергии используется для обнаружения разрыва.

Когда между преобразователями происходит продольный разрыв, уровень акустической энергии, поступающей в приемник, либо уменьшается, либо

¹ <http://www.tecno-snab.com/documents/gurt-langrisserfass-rus.pdf>

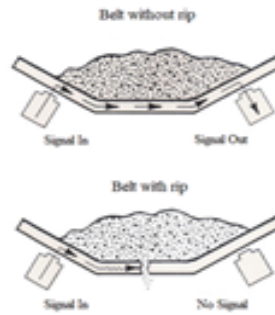
² <http://www.beltscan.com/products/belt-guard-10k-rip-detector-for-steel-cord-belts.html>

a)



Рис. 4. Датчик BG10k от Beltscan; а) установка на конвейере, б) принцип работы
 Fig. 4. Probe BG10k, Beltscan; а) installation on conveyor, б) operating principle

б)



изменение конфигурации магнитного поля и после оценки (сравнения) происходит отключение конвейера.

Электромагнитное взаимодействие

Достаточно большое распространение получили устройства компании Becker Mining BRS различных модификаций³, такие, как система управления

полностью теряется. Это снижение уровня энергии используется для обнаружения разрыва.

С некоторыми типами конвейерных лент устройство работает недостаточно хорошо, поэтому Beltscan рекомендуют отправить небольшой образец (1000 мм - полной ширины ленты) конвейерной

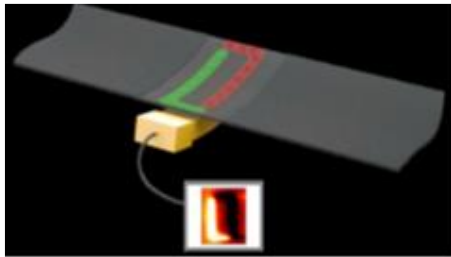


Рис. 5. Устройство со встроенной магнито-жесткой сеткой в конвейерную ленту
 Fig. 5. Device with embedded magnetic rigid mesh in the conveyor belt

ленты для специальной настройки датчиков. Следует заметить, что в процессе эксплуатации конвейерной ленты она получает повреждения, в том числе от усталостных напряжений и в местах отремонтированной ленты возможны серьезные отклонения в звукопроводимости, а соответственно, сбой в работе устройства.

Оценка конфигурации магнитного поля

Известны устройства для контроля продольных порывов ленты, основанные на измерении конфигурации магнитного поля (рис. 5). Принцип действия таких устройств следующий - в ленту встраивается сетка из намагниченных элементов в виде полос (магнитоэласты) или магнитная матрица [4 - 6]. Специальным устройством производится съемка и запоминание конфигурации магнитного поля. После каждого прохождения магнитоэластичной сетки над контрольным устройством происходит сравнение существующей конфигурации (текущей) с первоначально зафиксированной. В случае повреждения ленты в месте, где находится сетка, происходит

типа ACS-A1 фирмы Coal Control⁴, и другие системы обнаружения продольного порыва, работающие на принципе передачи электромагнитной энергии через конвейерную ленту. Приёмник и передатчик монтируются на ставе ленточного конвейера друг против друга на определённом расстоянии (рис. 6). Передатчик посылает бесперебойный сигнал, который передается приёмнику только при прохождении петли. Петля завулканизирована в ленточном конвейере таким образом, что в определённый момент происходит связь между приёмником и передатчиком при помощи этой петли. После того, как приёмник принял сигнал, он передаётся дальше в главную систему и обрабатывается. При достаточной величине сигнала система продолжает функционировать в обычном состоянии, и описанный процесс повторяется при прохождении каждой индуктивной петли, завулканизированной в ленте. При отсутствии сигнала в главной системе конвейерная лента немедленно останавливается и выдаётся соответствующий сигнал об ошибке на дисплее вычислительного блока. Показания на большом дисплее облегчают обслуживание и сбор данных системы. Благодаря самодиагностике системы важнейшие ошибки выдаются прямо на дисплее и дают пользователю возможность легкого обслуживания.

Для решения вопроса позиционирования необходимо использовать компьютерную программу, вычисляющую время прохождения петли относительно передатчика и приемника. При регулировании скорости движения ленты данная задача существенно усложняется, что приводит к снижению вероятности правильного срабатывания.

Компьютерное зрение, оптика и звук, инфракрасное, лазерное излучение

Ещё одним направлением в создании устройств обнаружения продольного разрыва конвейерных лент является анализ изображения её поверхности. Это стало возможным с появлением программного обеспечения «компьютерное зрение» и цифрового

³ <https://www.becker-mining.com/en/products/mincos/belt-management>

⁴ <https://www.coal-control.com/>

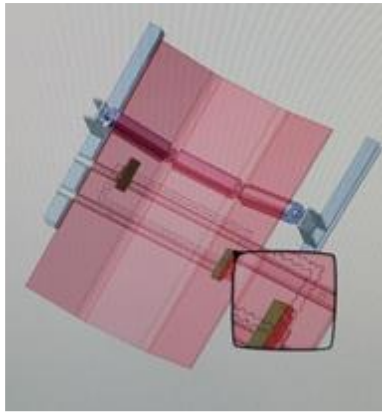


Рис. 6. Расположение индуктивных петель передатчика и приемника на ленточном конвейере

Fig. 6. Location of the transmitter and receiver inductive loops on the belt conveyor

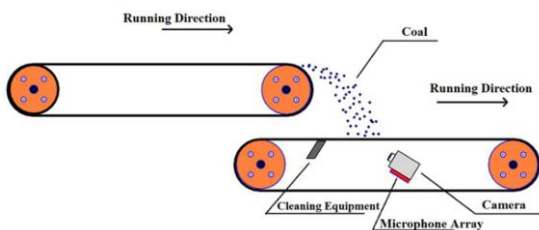


Рис. 7. Способ аудиовизуального обнаружения продольного разрыва конвейерных лент

Fig. 7. audiovisual detection Method of longitudinal rupture of conveyor belts

фото- и видео оборудования [7]. Для вспомогательных технологий появились компьютерные программы распознавания образа, ориентированные на специальные предметы [8, 9]. Кроме этого, с ростом производительности и развитием систем автоматизации на горных предприятиях появились системы мониторинга окружающей среды [10]. В частности, для увеличения срока службы конвейерных лент за счет проведения своевременного ремонта, появились системы мониторинга состояния конвейерных лент, которые должны фиксировать их повреждение, в том числе продольный порыв [11 - 13].

Одним из вариантов получения изображения является использование лазерного излучения⁵. Красная полоса лазерного излучения проецируется на поверхность конвейерной ленты, и изображение, полученное с помощью соответствующей CMOS-камеры, обрабатывается и анализируется [14].

Существует также интегративный метод обнаружения порыва с помощью воспроизведения бинокулярного зрения на основе инфракрасного и видимого диапазона излучения, в результате чего может

быть распознан продольный разрыв конвейерной ленты [15].

Применяется также двухдиапазонный инфракрасный метод обнаружения, основанный на среднем инфракрасном и длинном инфракрасном диапазонах излучения для продольных разрывов конвейерных лент [16].

Проверен в промышленной сфере многоспектральный способ визуального обнаружения продольного разрыва конвейерной ленты. Результаты эксперимента показывают, что мультиспектральный метод визуального обнаружения может не только идентифицировать продольный разрыв конвейерной ленты, но также точно классифицировать и идентифицировать другие состояния конвейерной ленты. Точность мультиспектрального метода визуального обнаружения составляет 90,06%, а точность распознавания продольного разрыва 92,04% [17].

Известен способ аудиовизуального обнаружения продольного разрыва конвейерной ленты (рис. 7). Видеокамера и система микрофонов используется для сбора изображения и звуковых сигналов от конвейерной ленты, а повреждения обнаруживаются как по изображению, так и по звуку соответственно. Затем результаты анализа изображения и звука объединяются [18].

Рентгеновское излучение

Фирмой «Phoenix» разработана система «Phoenoguard®PX» для непрерывного мониторинга состояния конвейерной ленты, включая продольные разрывы, работающая на основе применения рентгеновских лучей. Передающие и приемные устройства контроля состояния конвейерной ленты смонтированы в одном блоке, который обычно располагается на порожней ветви конвейера⁶.

Встроенные микрочипы - транспондеры

Для обнаружения продольных порывов конвейерных лент разработан специальный тип конвейерной ленты «ContiTronic®»⁷, внутри которой, с определенным интервалом по длине ленты, завулканизированы специальные транспондеры (рис. 8), с помощью которых передаются необходимые данные на приемник, и впоследствии на компьютер, где они анализируются и отображаются на дисплее.

Заключение

В случае сквозного продольного разрыва конвейерной ленты транспортируемый груз будет просыпаться на порожнюю ветвь. Существует несколько конструкций устройств для обнаружения этой просыпи, которые отличаются простотой и невысокой стоимостью. Однако следует отметить, что в случае попадания кусков груза на порожнюю ветвь ленты при сходе ленты или по другим причинам, может произойти ложное срабатывание.

Контроль ширины ленты с помощью системы EMSYS требует много оборудования и весьма сложен и не исключает возможность несрабатывания в

⁵ <http://www.sxddck.com/index.php/Tu-wen/indexE/id/57>

⁶ http://www.phoenix-conveyorbelts.com/pa-ges/products/protection-systems/phoenoguardpx/phoenoguard-px_ru.html

⁷ <https://www.continental-industry.com/en/Solutions/Conveyor-Belt-Systems/Conveyor-Services/Belt-Monitoring>

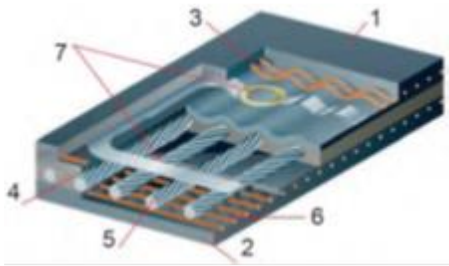


Рис. 8. Специальный тип конвейерной ленты «ContiTronic®» для контроля состояния конвейерной ленты: 1 — верхняя обкладка ленты; 2 — нижняя обкладка ленты; 3 — верхние защитные поперечные, синтетические тросы; 4 — каркас резиновых тросов ленты; 5 — стальные тросы каркаса ленты; 6 — нижние защитные поперечные, синтетические тросы; 7 — измерительный микрочип-транспондер

Fig. 8. Special type of conveyor belt ContiTronic® to control its status: 1 — top conveyor cover; 2 — bottom conveyor cover; 3 — upper protective cross-section, synthetic cables; 4 — frame of rubber-cable belt; 5 — steel cables of belt frame; 6 — lower protective cross-section, synthetic cable; 7 — instrumentation-microchip transponder

случае продольного пореза тонким предметом. Контроль с помощью ультразвука ВГ5к проще, но в процессе эксплуатации возможно локальное изменение ширины и изменения конфигурации кромки ленты.

Использование конвейерной ленты в качестве проводника ультразвука конструктивно не сложно, но в случае проведения ремонта конвейерной ленты в процессе эксплуатации возможно нарушение проводимости ультразвуковой энергии и возможно нарушение работоспособности, поскольку на каждый тип конвейерной ленты требуются свои настройки. Кроме этого, следует отметить, что в процессе эксплуатации ленточных конвейеров лента испытывает вибрационные нагрузки различной частоты, что может создавать погрешность ультразвуковых измерений [19].

Оценка конфигурации магнитного поля требует сложного оборудования и сложное встраивание в ленту намагниченной матрицы, кроме этого, существует вероятность изменения намагниченности её отдельных элементов от воздействия ударных нагрузок в пункте загрузки ленточного конвейера.

Передача электромагнитной энергии для обнаружения продольного порыва возможна при встроенной электропроводящей петле в конвейерную ленту, что вызывает определенные трудности при ее монтаже, кроме того, в этой петле в связи с большим количеством наводок в петле, могут возникать сложности при считывании информации приемником, появляется необходимость экранирования передатчика, снижается надежность срабатывания.

Преимущество систем, использующих анализ изображения поверхности конвейерной ленты с помощью технологий машинного зрения, инфракрасного и рентгеновского излучений, заключается в

том, что не требуется изменение конструкции конвейерных лент. Однако работа оптических устройств в запыленной среде (подземные выработки) весьма проблематична. Кроме того, уровень точности распознавания будет падать с изменением состояния поверхности конвейерной ленты с увеличением времени её эксплуатации.

Относительно использования рентгеновского излучения и встроенных в ленту транспондеров следует отметить, что такие установки можно применять только на порожней ветви конвейера, а это исключает оперативность отключения конвейера в случае сквозного разрыва ленты.

Продольный порыв конвейерной ленты является существенной проблемой в мировой практике эксплуатации ленточных конвейеров. Создано достаточно большое количество различных устройств обнаружения продольного разрыва. Некоторые из них, такие, как оценка конфигурации магнитного поля, передача электромагнитной индукции и использование транспондеров, требуют изменения конструкции конвейерной ленты. Другие, такие, как использование ультразвука и многоспектральный способ визуального обнаружения, существенно зависят от срока эксплуатации ленты, то есть, когда лента накапливает зоны, подвергавшиеся ремонту, снижается надежность срабатывания систем. Следует выделить, как перспективное, направление с использованием электромагнитной энергии. Такие системы не зависят от срока службы, а встраивание электропроводящих петель возможно при производстве ленты.

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. Захаров А. Ю. Возможности снижения динамических нагрузок на конвейерную ленту // Горное оборудование и электромеханика. 2018. № 6. С. 8 - 13.
3. Braun T., Hennig A., Lottermoser B.G. The need for sustainable technology diffusion in mining: achieving the use of belt conveyor systems in the German hard-rock quarrying industry J. Sustain // Min., 16 (2017), pp. 24-30.
4. Blazej R., Jurdziak L., Kirjanow A., Kozłowski T. Evaluation of the quality of steel cord belt splices based on belt examination using magnetic techniques / Wrocław University of Technology, Machinery Systems Division, 2 Industrial and GeoEconomics Division, Na Grobli 15, 50-421 Wrocław, Poland // Diagnostyka, Vol. 16, No. 3 (2015), pp. 1-6.
5. Pang Y., Lodewijks G. A novel embedded conductive detection system for intelligent conveyor belt monitoring // 2006 IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics, SO, 2006 IEEE Int. Conf. Serv. Oper. Logist. Informatics, SOLI 2006 (2006), pp. 803-808.
6. Błażej R., Jurdziak L., Kozłowski T., Kirjanów A. The use of magnetic sensors in monitoring the

condition of the core in steel cord conveyor belts – Tests of the measuring probe and the design of the DiagBelt system // Meas. J. Int. Meas. Confed., 123 (2018), pp. 48-53.

7. Leo M., Medioni G., Trivedi M., Kanade T., Fari-nella G.M. Computer vision for assistive technologies // Comput. Vis. Image Underst., 154 (2017), pp. 1-15.

8. Soprana M., Santomaso A.C., Facco P. Artificial vision system for the online characterization of the particle size distribution of bulk materials on conveyor belts // Comput. Aided Chem. Eng., Elsevier (2018), pp. 1667-1672.

9. Rosati G., Boschetti G., Biondi A., Rossi A. Real-time defect detection on highly reflective curved surfaces // Opt. Lasers Eng., 47 (2009), pp. 379-384.

10. Yang Y., Miao C., Li X., Mei X. On-line conveyor belts inspection based on machine vision // Optik (Stuttg.), 125 (2014), pp. 5803-5807.

11. Huang Y., Cheng W., Tang C., Wang C. Study of multi-agent-based coal mine environmental monitoring system // Ecol. Indic., 51 (2015), pp. 79-86.

12. Harrison A. New techniques for monitoring defects in underground steel cord belts / 21st int. Conf. of Safety in Mines Research Institutes, Sydney, Oct. 1985, pp. 21- 25.

13. Pang Y., Lodewijks G. A novel embedded conductive detection system for intelligent conveyor belt

monitoring / IEEE Xplore // Conference Paper, July 2006, pp. 223-228.

14. Xianguo L., Lifang S., Zixu M., Can Z., Hangqi J. Laser-based on-line machine vision detection for longitudinal rip of conveyor belt // Optik (Stuttg), 168 (2018), pp. 360-369.

15. Qiao T., Chen L., Pang Y., Yan G., and Miao C. Integrative binocular vision detection method based on infrared and visible light fusion for conveyor belts longitudinal tear // Measurement, vol. 110, pp. 192–201, Nov. 2017.

16. Yu B., Qiao T., Zhang H., Yan G. Dual band infrared detection method based on mid-infrared and long infrared vision for conveyor belts longitudinal tear // Meas. J. Int. Meas. Confed., 120 (2018), pp. 140-149.

17. Hou C., Qiao T., Zhang H., Pang Y., and Xiong X. Multispectral visual detection method for conveyor belt longitudinal tear // Meas. J. Int. Meas. Confed., vol. 143, pp. 246–257, 2019.

18. Hou C., Qiao T., Qiao M., Xiong X., Yang Y., and Hhang H. Research on Audio-Visual Detection Method for Conveyor Belt Longitudinal Tear // IEEE Access (Volume 7), 26 august, 2019, pp. 120202 – 120213.

19. Захаров А.Ю., Ерофеева Н.В. Вибрация ленты и рабочие процессы конвейера // Вестн. Кузбас. гос. техн. ун-та. 2015. № 6. С. 78-83.

Alexander Y. Zakharov, Dr. Sc. in Engineering, Professor, **Alexander V. Grigoryev**, C. Sc. in Engineering, Associate Professor, **Alla G. Zakharova***, Dr. Sc. in Engineering, Professor

T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28, Vesennyaya St., Kemerovo, 650000, Russian Federation

OVERVIEW OF CONVEYOR BELT LONGITUDINAL BREAK DETECT WAYS

Abstract: Currently mining enterprises more and more often use belt conveyors for mining operations. Longitudinal tear on conveyor belts leads to significant repair costs and downtime of the main equipment. The paper analyzes existing devices to detect longitudinal tears on the conveyor belts based on the use of mechanical, ultrasonic and electro-magnetic energy, evaluation of the magnetic field configuration, computer vision, infrared and x-ray radiation, and transponders.

Keywords: belt conveyor, conveyor belt, conveyor line, longitudinal tear on conveyor belts, device to detect longitudinal tears on the conveyor belts..

Article info: received October 12, 2020
DOI: 10.26730/1816-4528-2020-5-57-63

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. Zakharov A.Y. Vozmognosty snigeniya nagruzok na konveiernuyu lentu // Gornoe oborudovaiie i electromehonica. 2018. № 6. P. 8 – 13.

3. Braun T., Hennig A., Lottermoser B.G. The need for sustainable technology diffusion in mining: achieving the use of belt conveyor systems in the German hard-

rock quarrying industry J. Sustain // Min., 16 (2017), pp. 24-30.

4. Blazej R., Jurdziak L., Kirjanow A., Kozlowski T. Evaluation of the quality of steel cord belt splices based on belt examination using magnetic techniques / Wroclaw University of Technology, Machinery Systems Division, 2 Industrial and GeoEconomics Division, Na Grobli 15, 50-421 Wroclaw, Poland // Diagnostyka, Vol. 16, No. 3 (2015), pp. 1-6.

5. Pang Y., Lodewijks G. A novel embedded conductive detection system for intelligent conveyor belt

monitoring // 2006 IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics, SO, 2006 IEEE Int. Conf. Serv. Oper. Logist. Informatics, SOLI 2006 (2006), pp. 803-808.

6. Błażej R., Jurdziak L., Kozłowski T., Kirjanów A. The use of magnetic sensors in monitoring the condition of the core in steel cord conveyor belts – Tests of the measuring probe and the design of the DiagBelt system // *Meas. J. Int. Meas. Confed.*, 123 (2018), pp. 48-53.

7. Leo M., Medioni G., Trivedi M., Kanade T., Fari-nella G.M. Computer vision for assistive technologies // *Comput. Vis. Image Underst.*, 154 (2017), pp. 1-15.

8. Soprana M., Santomaso A.C., Facco P. Artificial vision system for the online characterization of the particle size distribution of bulk materials on conveyor belts // *Comput. Aided Chem. Eng.*, Elsevier (2018), pp. 1667-1672.

9. Rosati G., Boschetti G., Biondi A., Rossi A. Real-time defect detection on highly reflective curved surfaces // *Opt. Lasers Eng.*, 47 (2009), pp. 379-384.

10. Yang Y., Miao C., Li X., Mei X. On-line conveyor belts inspection based on machine vision // *Optik (Stuttg.)*, 125 (2014), pp. 5803-5807.

11. Huang Y., Cheng W., Tang C., Wang C. Study of multi-agent-based coal mine environmental monitoring system // *Ecol. Indic.*, 51 (2015), pp. 79-86.

12. Harrison A. New techniques for monitoring defects in underground steel cord belts / 21st int. Conf. of Safety in Mines Research Institutes, Sydney, Oct. 1985, pp. 21- 25.

13. Pang Y., Lodewijks G. A novel embedded conductive detection system for intelligent conveyor belt monitoring / *IEEE Xplore // Conference Paper*, July 2006, pp. 223-228.

14. Xianguo L., Lifang S., Zixu M., Can Z., Hangqi J. Laser-based on-line machine vision detection for longitudinal rip of conveyor belt // *Optik (Stuttg.)*, 168 (2018), pp. 360-369.

15. Qiao T., Chen L., Pang Y., Yan G., and Miao C. Integrative binocular vision detection method based on infrared and visible light fusion for conveyor belts longitudinal tear // *Measurement*, vol. 110, pp. 192–201, Nov. 2017.

16. Yu B., Qiao T., Zhang H., Yan G. Dual band infrared detection method based on mid-infrared and long infrared vision for conveyor belts longitudinal tear // *Meas. J. Int. Meas. Confed.*, 120 (2018), pp. 140-149.

17. Hou C., Qiao T., Zhang H., Pang Y., and Xiong X. Multispectral visual detection method for conveyor belt longitudinal tear // *Meas. J. Int. Meas. Confed.*, vol. 143, pp. 246–257, 2019.

18. Hou C., Qiao T., Qiao M., Xiong X., Yang Y., and Hhang H. Research on Audio-Visual Detection Method for Conveyor Belt Longitudinal Tear // *IEEE Access (Volume 7)*, 26 august, 2019, pp. 120202 – 120213.

19. Zakharov A.Y., Erofeeva N.V. Vibraciya lenti I rabochie processi konveiera // *Vestn. Kuzbass. gos. tehn. un-ta.* 2015. № 6. P. 78 – 83.

Библиографическое описание статьи

Захаров А.Ю., Григорьев А.В., Захарова А.Г. Обзор способов контроля продольного порыва конвейерной ленты // *Горное оборудование и электромеханика – 2020. – № 5 (151). – С. 57-63.*

Reference to article

Zakharov A.Y., Grigoryev A.V., Zakharova A.G. Overview of conveyor belt longitudinal break detect ways. *Mining Equipment and Electromechanics*, 2020, no.5 (151), pp. 57-63.

ГОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА



5 ₍₁₅₁₎ ♦ **2020**

ГОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА

5(151)

2020

Основан в 2000 году

Выходит 6 раз в год

ISSN 1816-4528

Главный редактор:
Хорешок А.А., д.т.н., проф.

Зам. гл. редактора:
Лагунова Ю.А., д.т.н., проф.
Кантович Л.И., д.т.н., проф.

Редакционный совет:
Трубецкой К.Н., акад. РАН, д.т.н.
Галкин В.А., д.т.н.
Мерзляков В.Г., д.т.н., проф.
Блюменштейн В.Ю., д.т.н., проф.
Аксенов В.В., акад. АГН, д.т.н.

Редакционная коллегия:
Андреева Л.И., д.т.н.
Воронова Э.Ю., д.т.н., проф.
Галкин В.И., д.т.н., проф.
Глебов А.В., к.т.н.
Егоров А.Н. (Белоруссия)
Жабин А.Б., д.т.н., проф.
Зырянов И.В., д.т.н.
Ляхомский А.В., д.т.н., проф.
Певзнер Л.Д., д.т.н., проф.
Петров В.Л., д.т.н., проф.
Семькина И.Ю., д.т.н., проф.
Трифанов Г.Д., д.т.н., доц.
Хазанович Г.Ш., д.т.н., проф.
Юнгмейстер Д.А., д.т.н., проф.

Учредитель и издатель:
ФГБОУ ВО «Кузбасский
государственный технический
университет имени Т.Ф. Горбачева»

**Адрес учредителя, издателя и
редакции:**
650000, Россия, Кемеровская область,
г. Кемерово, ул. Весенняя 28

Технический редактор:
Останин О.А.

**Дизайн обложки, компьютерная
верстка:** Бородин Д.А.

Телефон редакции:
+7 (384-2) 39-63-14

Email: gormash@kuzstu.ru
Сайт: http://gormash.kuzstu.ru

СОДЕРЖАНИЕ

ГОРНЫЕ МАШИНЫ

Безкорвайный П.Г., Шестаков В.С. Изменение нагрузок на рабочем оборудовании гидравлического экскаватора при копании крайним зубом	3
Жабин А.Б., Лавит И.М., Керимов З.Э. Результаты теоретических исследований силовой импульсной системы гидроударника	9
Воронова Э.Ю., Хазанович Г.Ш. Методология параметрической оптимизации агрегатированных проходческих систем	16
Комиссаров А.П., Хорошавин С.А., Летнев К.Ю. Особенности режимов нагружения канатов подъемного и напорного механизмов карьерного экскаватора	22
Комиссаров А.П., Лагунова Ю.А., Лукашук О.А., Шестаков В.С. Программное управление процессом экскавации горных пород карьерным экскаватором	28
Комиссаров А.П., Лагунова Ю.А., Набиуллин Р.Ш., Лукашук О.А. Цифровизация в горном машиностроении	34
Кривенко А.Е., Занг К.К. Исследование влияния температуры окружающей среды на интенсивность теплоизлучения из гидролинии в гидросистеме карьерного гидравлического экскаватора	39
Хазин М.Л. Токосъемные устройства карьерных самосвалов	45
Кудреватых А.В., Ашеулов А.С., Ашеулова А.С. Сравнительная характеристика процесса износа редукторов экскаваторов и карьерных самосвалов	51
Захаров А.Ю., Григорьев А.В., Захарова А.Г. Обзор способов контроля продольного порыва конвейерной ленты	57

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМЫ

Паскарь И.Н., Фролова М.В. Интервальное оценивание техноценоза по параметру потребления электроэнергии на примере Прокопьевского района Кузбасса	64
---	----

Позиция редакции не всегда совпадает с точкой зрения авторов публикуемых материалов.

Полнотекстовый доступ к электронной версии журнала на сайте www.elibrary.ru
Налоговая льгота – Общероссийский классификатор продукции
Издание соответствует коду 58.14.1 ОКПД 2 ОК 034-2014 (КПЕС 2008)

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций – Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-76284 от 19 июля 2019 г.

Журнал включен в Перечень ВАК РФ – ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук по направлениям (технические науки):

- 05.02.00 - машиностроение и машиноведение (05.02.02 – машиноведение, системы приводов и детали машин, 05.02.07 – технология и оборудование механической и физико-технической обработки)
- 05.05.00 – транспортное, горное и строительное машиностроение (05.05.06 – горные машины)
- 05.09.00 – электротехника (05.09.01 – электромеханика и электрические аппараты, 05.09.03 – электротехнические комплексы и системы)

Дата подписи в печать: 21.12.2020. Дата выхода в свет: 23.12.2020. Формат 60×84/8. Бумага офсетная. Отпечатано на МФУ. Уч.-изд. л. 8,75. Тираж 70 экз. Заказ 333. Цена свободная

Адрес типографии: Издательский центр УИП КузГТУ
650000, Россия, Кемеровская область, г. Кемерово, ул. Д.Бедного, 4а

SCIENTIFIC AND PRACTICAL JOURNAL

MINING EQUIPMENT AND ELECTROMECHANICS

12+

5(151)
2020

GORNOE OBORUDOVANIE I ELEKTROMEKHANIKA

Founded in 2000

Issued 6 times a year

ISSN 1816-4528

Editor-in-chief:

Khoreshok A. A., Dr. Sc., prof.

Deputy editor-in-chief:

Lagunova, Yu. a., prof.
Kantowicz L. I., Dr. Sc., prof.

Editorial board:

Trubetsky K. N., Acad. RAS, Dr. Sc.
Galkin V. A., Dr. Sc.
Merzlyakov V. G., Dr. Sc., prof.
Blumenstein V. Yu., Dr. Sc., prof.
Aksenov V. V., Akad. AMS., Dr. Sc.

Editorial Team:

Andreeva L. I., Dr. Sc.
Voronova E. Yu., Dr. Sc., prof.
Galkin V. I., Dr. Sc., prof.
Glebov A. V., Ph. D.
Egorov A. N. (Belarus)
Zhabin A. B., Dr. Sc., prof.
Zyryanov I. V., Dr. Sc.
Lakomski A. V., Dr. Sc., Prof.
Pevzner L. D., Dr. Sc., prof.
Petrov V. L., Dr. Sc., prof.
Semykina I. Yu., Ph. D.
Trifanov G. D., Dr. Sc., Assoc.
Khazanovich G. Dr. Sc., prof.
Jungmeister D. A., Dr. Sc., prof.

Founder and publisher:

T. F. Gorbachev Kuzbass state technical university

Address of the founder, the publisher and the Editorial office:

Russia, 650000, Kemerovo region, Kemerovo, 28 Vesennyaya str.

Technical editor:

Ostanin O. A.

Cover design,

computer layout: Borodin D. A.

Tel.: +7 (384-2) 39-63-14

Email: gormash@kuzstu.ru

Website: http://gormash.kuzstu.ru

CONTENTS

MINING MACHINES

- Bezkorovayny P.G., Shestakov V.S.** Change of loads on working equipment hydraulic excavator when digging with the edge tooth 3
- Zhabin A.B., Lavit I. M., Kerimov Z.E.** Results of theoretical studies of the power impulse system of a percussion instrument 9
- Voronova E.Y., Khazanovich G.Sh.** Methodology for parametric optimization of aggregated tunneling systems 16
- Komissarov A.P., Khoroshavin S.A., Letnev K.Yu.** Features of loading modes of ropes of lifting and pressure mechanisms of a quarry excavator 22
- Komissarov A.P., Lagunova Yu.A., Lukashuk O.A., Shestakov V.S.** Software management of the rock excavation process by a quarry excavator 28
- Komissarov A.P., Lagunova Yu.A., Nabiullin R.Sh., Lukashuk O.A.** Digitalization in mining engineering 34
- Krivenko A.E., Giang Q.K.** Study of the influence of ambient temperature on the intensity of heat radiation from a hydroline in a hydraulic system of a mining hydraulic excavator 39
- Khazin M.L.** Mining dump truck's current collectors 45
- Kudrevatykh A.V., Ashcheulov A.S., Ashcheulova A.S.** The wear phenomena comparative characteristics of excavators and dump trucks gearboxes 51
- Zakharov A.Y., Grigoryev A.V., Zakharova A.G.** Overview of conveyor belt longitudinal break detect ways 57

ELECTROTECHNICAL COMPLEXES AND SYSTEMS

- Paskar I.N., Frolova M.V.** Interval assessment of technocenosis by the electric power consumption parameter on the example of Prokopyevsky district of Kuzbass 64

The editorial position does not always coincide with the point of view of the authors of the published materials.

Full-text access to the electronic version of the journal is on website www.elibrary.ru

Tax relief - All-Russian product classifier

The publication corresponds to 58.14.1 OKPD 2 OK 034-2014 (KPEC 2008)

The journal is registered by the Federal Service for Supervision in the Sphere of Communication, Information Technologies and Mass Communications - Certificate PI No. FS77-76284 of July 19, 2019.

The journal is included in the Russia List of the Higher Attestation Commission being the list of the leading peer-reviewed scientific journals and publications in which the main scientific results of theses for the academic degrees of a doctor and candidate of sciences should be published in the following areas (engineering):

- 05.02.00 - mechanical engineering and engineering science (05.02.02 - mechanical engineering, drive systems and machine parts, 05.02.07 - technology and equipment for mechanical and physical-technical processing)
- 05.05.00 - transport, mining and construction engineering (05.05.06 - mining machines)
- 09.05.00 - electrical engineering (09.05.01 - electromechanics and electrical apparatus, 09.05.03 - electrotechnical complexes and systems)

Signed for publication on 21 December 2020. Date of publication: 23 December 2020. Format 60×84 /8. Offset paper. Imprinted on MFPs. Published sheets 8,75. Edition 70 copies. Order 333. Free price

Address of the printing house:
Publishing center UIP KuzSTU

Russia, 650000, Kemerovo region, Kemerovo, 4a, D. Bednogo str