

Научная статья

УДК 681.516.3:62-83

DOI: 10.26730/1816-4528-2022-4-62-70

Захарова Алла Геннадьевна, Захаров Александр Юрьевич, Лобур Ирина Анатольевна*,
Шаулева Надежда Михайловна

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева

E-mail: shnm.eav@kuzstu.ru

**УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ПРОДОЛЬНОГО ПОРЫВА
КОНВЕЙЕРНОЙ ЛЕНТЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ
ДАТЧИКОВ****Информация о статье**

Поступила:

21 марта 2022 г.

Одобрена после

рецензирования:

15 июля 2022 г.

Принята к печати:

04 августа 2022 г.

Ключевые слова:

ленточные конвейеры, продольный порыв, устройство обнаружения продольного порыва конвейерной ленты, автоматизированная система обнаружения продольного порыва конвейерной ленты, бесконтактный контроль целостности конвейерной ленты

Аннотация.

Предложена автоматизированная система обнаружения продольного порыва конвейерной ленты, выполненная на основе применения двух способов: бесконтактного измерения ширины ленты с использованием ультразвуковых датчиков и с помощью ультразвукового излучения, направляемого в место контроля, обладающая высоким быстродействием. Также преимуществом системы является то, что для уменьшения вероятности ложных срабатываний применяется дублирование работы датчиков (схема «два из двух», когда сигнал на аварийную остановку конвейера поступает только при одновременном срабатывании двух видов датчиков).

Использование разработанной системы обнаружения продольного порыва конвейерной ленты актуально в настоящее время и имеет ряд экономических и технических преимуществ перед существующими устройствами. Система полностью способна выполнять основные задачи, закладываемые при ее создании, которыми являются: бесконтактный принцип действия, быстрое отключение конвейера в случае возникновения порыва ленты для предупреждения более длинного продольного порыва, уменьшение вероятности ложных срабатываний, высокая надежность, простота монтажа. Выбраны технические средства для создания системы, разработана блок-схема алгоритма работы и спроектирована схема соединений. Система может работать с использованием оборудования разных производителей.

Для цитирования: Захарова А.Г., Захаров А.Ю., Лобур И.А., Шаулева Н.М. Устройство для обнаружения продольного порыва конвейерной ленты с использованием ультразвуковых датчиков // Горное оборудование и электромеханика. 2022. № 4 (162). С. 62-70. DOI: 10.26730/1816-4528-2022-4-62-70

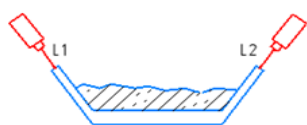
Введение

Экономическая эффективность работы угледобывающих предприятий в значительной степени зависит от технического состояния, грамотной эксплуатации и обслуживания оборудования, минимизации времени и средств на устранение неисправностей. В настоящее время значительную часть себестоимости угля составляют расходы на его транспортировку от очистного забоя к поверхности шахты, что делает актуальным поиск резервов повышения эффективности использования шахтных транспортных средств, в частности, ленточных конвейеров [1, 2].

Сложившаяся на сегодняшний день экономическая ситуация на большинстве угольных предприятий региона не позволяет своевременно обновлять оборудование, в том числе и ленточные конвейеры, поэтому они обычно работают не только до истечения нормативного срока эксплуатации, но и после него.

Внутришахтный транспорт, как правило, представляет собой конвейерную линию, включающую

Лента без порыва



Лента с разрывом

Ширина ленты увеличилась



Лента с разрывом

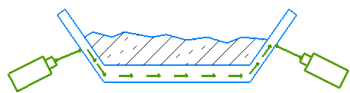
Ширина ленты уменьшилась



Рис. 1. Расположение УЗ датчиков на конвейерной ленте при измерении ширины и различные состояния ленты при продольном порыве

Fig. 1. The position of the ultrasonic sensors on the conveyor belt when measuring the width. Different states of the conveyor belt at a longitudinal break

Лента без порыва



Лента с порывом

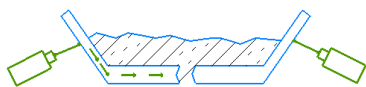


Рис. 2. Расположение датчика и приемника на конвейерной ленте при использовании УЗ сигнала, направляемого в место контроля

Fig. 2. Location of the sensor and receiver on the conveyor belt when using an ultrasonic signal sent to the place of control

до десяти и более конвейеров, поэтому выход из строя одного конвейера вызывает простой всей шахты. Продольный порыв конвейерной ленты несет за собой весомые последствия для предприятия, такие, как затраты на ремонт или замену конвейерной ленты и финансовые потери вследствие простоя основного оборудования шахты. Для предотвращения и минимизации этих последствий разрабатываются специальные устройства для обнаружения продольного порыва конвейерных лент. Система обнаружения продольного порыва должна оперативно отключить конвейер в случае возник-

новения порыва ленты, чтобы избежать более длинного продольного порыва и значительно сократить время простоя конвейера во время ремонта.

Существующие методы обнаружения продольного порыва, такие как метод на основе измерения конфигурации магнитного поля встроенной в ленту сетки из намагниченных элементов [3 – 6], оптические [7 – 11] или методы, работающие на принципе передачи электромагнитной энергии через конвейерную ленту со встроенными электропроводящими контурами [12 – 15], а также механические, такие как метод обнаружения просыпи материала на холостую ветвь конвейера, метод контроля сбора просыпи в специальной лотке и т.п., на сегодняшний день недостаточно быстродействующие и надежные. В случае ложного срабатывания такого устройства простой основного шахтного оборудования будет продолжаться в течение времени, необходимого для выяснения причины остановки и времени запуска конвейерной линии, что, как отмечалось, при большом количестве конвейеров и их длине (наклонный ствол) может составлять существенную величину.

Структурная схема устройства автоматического обнаружения продольного порыва (УОПП) конвейерной ленты

Для реализации устройства автоматического определения продольного порыва (УОПП) конвейерной ленты использованы два метода: бесконтактного измерения ширины ленты с использованием ультразвуковых (УЗ) датчиков, расположенных по обе стороны ленты и «нацеленных» на ее края (рис. 1) и с помощью УЗ датчиков, сигнал которых направляется в место контроля (рис. 2) [16]. Для уменьшения вероятности ложных срабатываний применяется дублирование работы датчиков (схема «два из двух»), когда сигнал на аварийную остановку конвейера поступает только при одновременном срабатывании двух видов датчиков.

На рис. 3 представлена структурная схема предлагаемого УОПП.

Требования к функционалу и возможностям УОПП:

- управление конвейерной линией осуществляется либо с автоматизированного рабочего места (АРМ), либо с панели оператора;
- оперативное отключение всей конвейерной линии с АРМ и с панели оператора;
- подача звукового сигнала на АРМ и панель оператора при аварийном отключении конвейерной линии;
- формирование сигналов о состоянии конвейерной линии в АРМ и панели оператора;
- минимальная задержка отклика на управляющие воздействия;
- возможность калибровки УЗ датчиков с АРМ и с панели оператора;

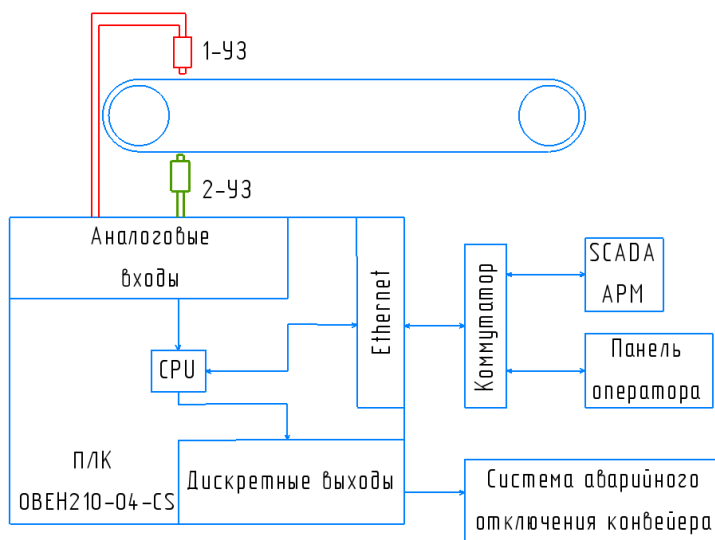


Рис. 3. Структурная схема устройства для определения продольного порыва конвейерной ленты:

1–УЗ-датчики и приемники контроля ширины ленты; 2–УЗ-датчики и приемники при использовании УЗ сигнала, направляемого в место контроля

Fig. 3. Structural diagram of the device for detection of longitudinal tear on conveyor belts:

1 – US-sensors and receivers for monitoring the belt width; 2 – US-sensors and receivers when using an ultrasonic signal sent to the place of control

ством которого должен осуществляться контроль показаний с датчиков;

– взаимодействие пользователей с программной частью системы, входящей в состав подсистемы управления, должно осуществляться посредством визуального графического интерфейса. Интерфейс должен быть понятным и удобным,

а также обеспечивать быстрое отображение экранных форм. Навигационные элементы должны быть выполнены в удобной для пользователя форме.

Схема работает следующим образом:

1) ПЛК связан с АРМ и панелью оператора по интерфейсу Ethernet;

2) сигналы с датчиков поступают на ПЛК через аналоговые входы AI;

3) в случае обнаружения отклонения от заданного значения ширины ленты датчиком 1–УЗ и обнаружения снижения уровня сигнала до порогового значения датчиком 2–УЗ ПЛК генерирует сигнал

и отправляет его через дискретный выход, благодаря чему производится аварийное отключение конвейера;

4) коммутатор осуществляет связь

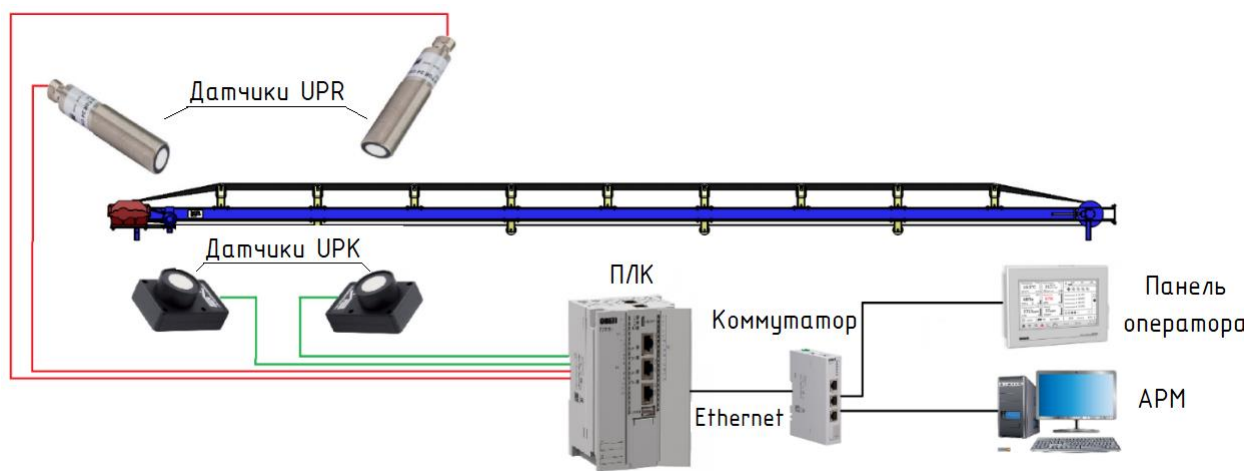


Рис. 4. Структурная схема УОПП, реализованная с использованием УЗ датчиков серий UPR и UPK

Fig. 4. Structural diagram of the DDLT implemented using ultrasonic sensors of the UPR and UPK series

– датчики, контролирующие заданные параметры, должны передавать данные на программируемый логический контроллер (ПЛК) по дискретному входу;

– ПЛК должен обладать интерфейсом Ethernet и осуществлять управление в реальном времени дискретными и аналоговыми соединениями ввода/вывода, а также быть способным обрабатывать необходимое количество точек ввода/вывода;

– система должна включать в себя персональный компьютер (ПК) с установленным специальным программным обеспечением (ПО), посред-

между АРМ, ПЛК и панелью оператора;

5) на АРМ диспетчер имеет возможность наблюдать весь процесс работы УОПП в SCADA среде;

6) панель оператора позволяет выполнять настройку УОПП по ширине ленты, которая может изменяться в процессе эксплуатации вследствие износа, и калибровать УЗ датчики.

На рис. 4 показана схема УОПП конвейерной ленты, реализованная с использованием УЗ датчиков расстояния и приближения серии UPR и датчиков излучения ультразвукового сигнала в ленту в месте контроля серии UPK, подклю-

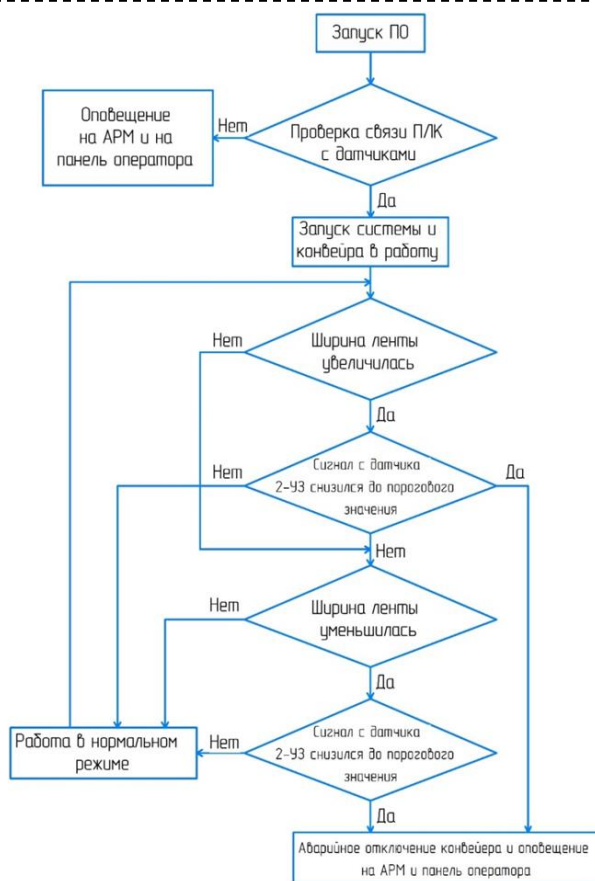


Рис. 5. Блок-схема алгоритма работы УОПП конвейерной ленты
 Fig. 5. Block diagram of the operation algorithm of the conveyor belt DDLT

Блок-схема алгоритма работы УОПП

Блок-схема алгоритма работы устройства для определения продольного порыва конвейерной ленты показана на рис. 5.

Работа блок-схемы осуществляется следующим образом:

- 1) выполняется запуск программного обеспечения (ПО);
- 2) производится проверка на наличие связи ПЛК с датчиками;
- 3) в случае отсутствия связи с одним из датчиков система присылает оповещение на АРМ и на панель оператора о неисправности;
- 4) если связь датчиков с ПЛК установлена, то производится запуск конвейера;
- 5) ПЛК выполняет опрос датчиков об увеличении ширины ленты;
- 6) в случае увеличения ширины ленты, зафиксированной датчиками 1–У3, ПЛК проверяет снижение сигнала до порогового значения на датчиках 2–У3;
- 7) если произошло увеличение ширины ленты (датчики 1–У3) и одновременно зафиксировано падение до порогового значения уровня сигнала с датчика 2–У3, то выполняется аварийная остановка

ных к ПЛК ОВЕН210-04-CS через аналоговые входы AI. ПЛК ОВЕН210-04-CS подключен к коммутатору КСН210-5 по интерфейсу Ethernet. Коммутатор осуществляет связь панели оператора серии СП310-Р и АРМ.

конвейера с дальнейшим оповещением об аварии на АРМ и на панель оператора;

8) в случае, если ширина ленты не увеличилась (датчики 1–У3) и не зафиксировано падение уровня сигнала до порогового значения с датчика 2–У3, то конвейер работает в нормальном режиме;

9) ПЛК выполняет опрос датчиков об уменьшении ширины ленты;

10) если ширина ленты уменьшилась (датчики 1–У3) и одновременно зафиксировано падение до порогового значения уровня сигнала с датчика 2–У3, то выполняется аварийная остановка конвейера с дальнейшим оповещением об аварии на АРМ и на панель оператора;

11) в случае, если ширина ленты не уменьшилась (датчики 1–У3) и не зафиксировано падение уровня сигнала до порогового значения с датчика 2–У3, конвейер работает в нормальном режиме, и система продолжает осуществлять непрерывную диагностику состояния конвейерной ленты.

Программное обеспечение

Для создания программного обеспечения выбран программный комплекс промышленной автоматизации CoDeSys V3.5 (Controller Development System), производство компании 3S-Smart Software Solutions GmbH (Германия), который поддерживает 5 языков программирования стандарта МЭК 61131-3 (LD, FBD, IL, ST, SFC) и включает дополнительный язык CFC (расширение FBD со свободным порядком выполнения блоков). Также в состав CoDeSys входит редактор визуализации, конфигураторы протоколов обмена и средства отладки.

Ниже представлены переменные, используемые для написания программы общего алгоритма УОПП конвейерной ленты в среде CODESYS v3.5:

– left_extension: REAL; // переменная аномального расширения ленты вследствие продольного разрыва;

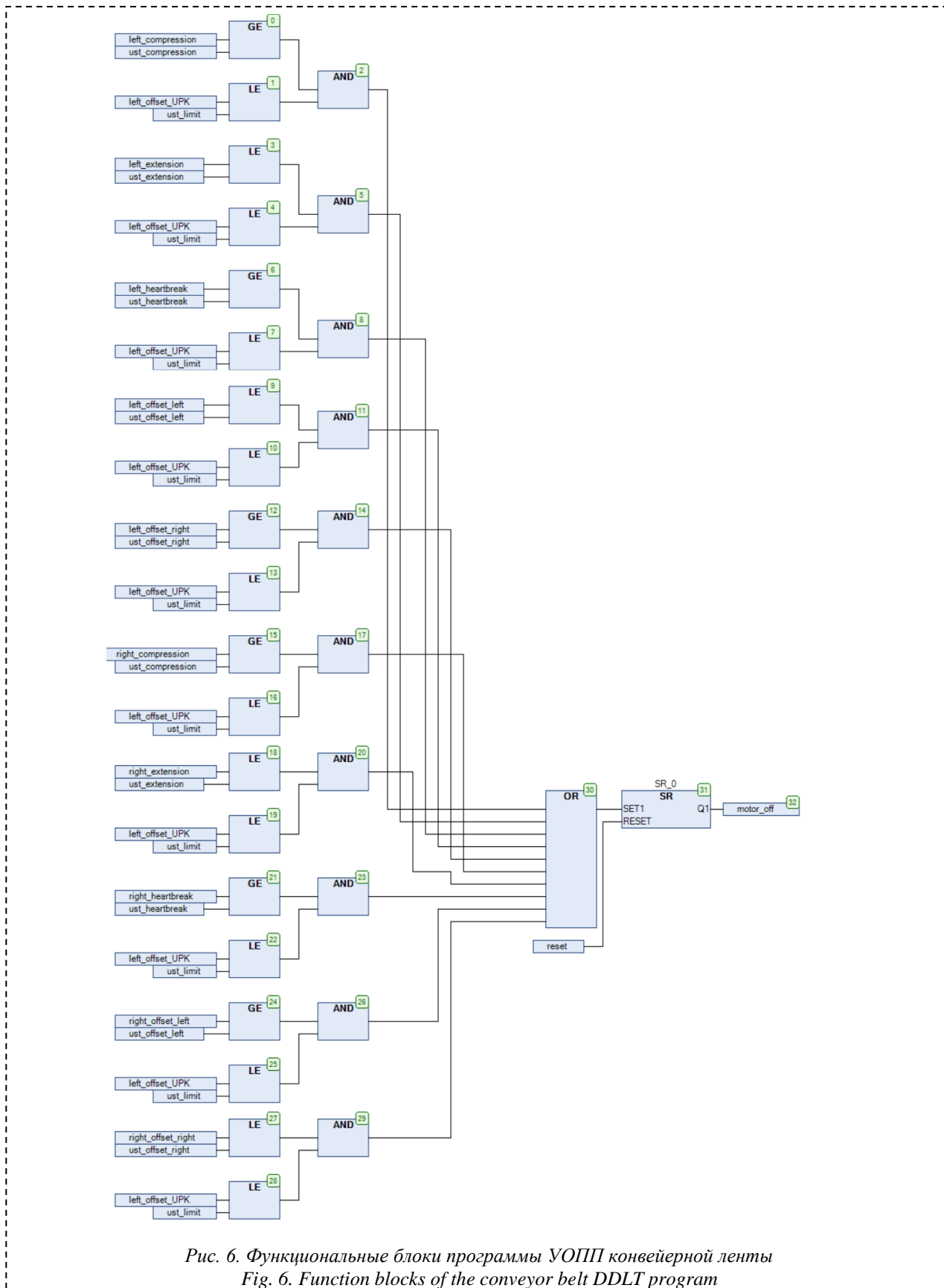


Рис. 6. Функциональные блоки программы УОПП конвейерной ленты
 Fig. 6. Function blocks of the conveyor belt DDLT program

– left_compression: REAL; // переменная аномального сужения ленты вследствие продольного разрыва;
 – left_heartbreak: REAL; // переменная учащения колебания амплитуды с одной из сторон в сто-

рону аномального сужения вследствие надрыва кромки;
 – left_offset_right: REAL; // переменная аномального смещения ленты вправо;

- left_offset_left: REAL; // переменная аномального смещения ленты влево;
- reset: BOOL; // переменная сброса ошибок;
- motor_off: BOOL; // переменная аварийной остановки двигателя конвейера;
- right_extension: REAL; // переменная аномального расширения ленты вследствие продольного разрыва;

right_compression: REAL; // переменная аномального сужения ленты вследствие продольного разрыва;

- right_heartbreak: REAL; // переменная учащения колебаний амплитуды с одной из сторон в сторону аномального сужения вследствие надрыва кромки;
- right_offset_right: REAL; // переменная аномального смещения ленты вправо;
- right_offset_left: REAL; // переменная аномального смещения ленты влево;
- left_offset_UPK: REAL; // переменная порогового значения сигнала;

с его уставкой ust_compression (уставка сужения ленты). При превышении уставки от блока GE идет сигнал в логический блок AND (и). Логический блок LE (меньше или равно) сравнивает значение переменной left_offset_UPK (переменная порогового значения сигнала) с его уставкой ust_limit (уставка порогового значения сигнала), при превышении уставки от блока LE идет сигнал в логический блок AND. В случае превышения заданных уставок из логического блока AND сигнал идет в блок OR (или). После блока OR сигнал идет в SR триггер на вход SET1, а на вход RESET подключена переменная reset (переменная сброса ошибок). При положительном сигнале с датчиков SR триггер отправляет сигнал на motor_off (аварийную остановку двигателя конвейера).

Остальные части программы работают аналогично, учитывая все уставки и переменные левого и правого датчика для случаев смещения ленты влево, смещения ленты вправо, надрыва кромки ленты, сужения ленты, расширения ленты.

Заключение

Существенная часть причин, вызывающих порыв конвейерной ленты – это наличие посторонних и сопутствующих материалов, повреждающих ленту (острые куски транспортируемого материала, металлические изделия и т.п.), попавших на ленту конвейера извне и в составе транспортируемой массы. Наиболее затратным является продольный порыв ленты, очевидными признаками которого являются аномальное сужение ленты из-за нахлеста и «выпячивания» ленты внутрь в месте порыва посторонним объектом. Помимо сужения это может быть аномальное расширение ленты в результате расклинивания продольного порыва кусками материала.

Предложенная комбинация ультразвуковых устройств позволяет повысить чувствительность и надежность срабатывания системы при обнару-

- ust_limit: REAL; // уставка порогового значения сигнала;
- ust_extension: REAL; // уставка расширения ленты;
- ust_compression: REAL; // уставка сужения ленты;
- ust_heartbreak: REAL; // уставка надрыва кромки ленты;
- ust_offset_right: REAL; // уставка смещения ленты вправо;
- ust_offset_left: REAL; // уставка смещения ленты влево.

Программа составлена на языке FBD (Function Block Diagram – графический язык программирования стандарта МЭК 61131-3). Функциональные блоки, необходимые для работы программы УОПП конвейерной ленты, представлены на рис. 6.

Функциональный блок GE (больше или равно) сравнивает значение переменной left_compression (переменная аномального сужения ленты вследствие продольного разрыва) с его уставкой ust_compression (уставка сужения ленты), снижает вероятность ложного срабатывания, имеет небольшую стоимость и не требует изменения конструкции ленты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Захаров А. Ю. Возможности снижения динамических нагрузок на конвейерную ленту // Горное оборудование и электромеханика. 2018. № 6. С. 8 - 13.
2. 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.
3. Захаров А. Ю. Обзор способов контроля продольного порыва конвейерной ленты / А.Ю. Захаров, А.В. Григорьев, А.Г. Захарова // Горное оборудование и электромеханика. 2020. № 5 (151). С. 57-63.
4. 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.
5. Zhang M., Zhang Y, Zhou M., Jiang K., Shi H., Yu Y. and Hao N. Application of Lightweight Convolutional Neural Network for Damage Detection of Conveyor Belt // Applied sciences, 2021, № 11, pp. 7282-1-7282-15.
6. 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.
7. 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.

8. 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.

9. 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.

10. 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.

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

12. 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 GeoEco-

nomics Division, Na Grobli 15, 50-421 Wrocław, Poland // Diagnostyka, Vol. 16, No. 3 (2015), pp. 1-6.

13. 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.

14. 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.

15. Becker. Mining systems. Belt management. URL: <https://www.becker-mining.com/en/products/mincos/belt-management> (дата обращения 25.01.2021). – Текст электронный.

16. Beltscan systems. Rip detections and condition monitoring: сайт. – URL <http://www.beltscan.com/products/belt-guard-10k-rip-detector-for-steel-cord-belts.html> (дата обращения 25.01.2021). – Текст электронный.

© 2022 Автор. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Об авторах:

Захарова Алла Геннадьевна, кафедра электропривода и автоматизации, Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева (650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28), доктор техн. наук, профессор,

Захаров Александр Юрьевич, кафедра электропривода и автоматизации, Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева (650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28), доктор техн. наук, профессор,

Лобур Ирина Анатольевна, кафедра электропривода и автоматизации, Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева (650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28), кандидат техн. наук, доцент, shnm.eav@kuzstu.ru

Шаулева Надежда Михайловна, кафедра электропривода и автоматизации, Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева (650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28), кандидат техн. наук, доцент

Заявленный вклад авторов:

Захарова А.Г., Захаров А.Ю., Лобур И.А., Шаулева Н.М. – постановка исследовательской задачи; научный менеджмент; обзор соответствующей литературы; концептуализация исследования; написание текста, сбор и анализ данных; обзор соответствующей литературы; выводы; написание текста

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ULTRASONIC BASED DEVICE TO DETECT LONGITUDINAL TEARS ON CONVEYOR BELTS**Article info**

Received:

21 March 2021

Accepted for publication:

15 July 2022

Accepted:

04 August 2022

Keywords: belt conveyors; longitudinal tear; a device to detect longitudinal tears on conveyor belts (DDLTL); automated system to detect longitudinal tears on conveyor belts; non-contact control of the conveyor belt integrity

Abstract.

An automated system, which has a high speed, for detecting longitudinal tears of conveyor belts is proposed. It is based on the use of two methods: first – non-contact measurement of the width of the belt using ultrasonic sensors and second – using ultrasonic radiation directed to the control point. Also, the advantage of the system is that to reduce the likelihood of false alarms, duplication of the sensors operation is used (the "two out of two" scheme operates when the signal for an emergency stop of the conveyor is given only when two types of sensors are triggered simultaneously).

The use of the developed system to detect longitudinal tears of conveyor belts is currently relevant and has a number of economic and technical advantages over existing devices. The system is fully capable of performing the main tasks that were laid down during its creation, which are: a non-contact principle of operation, a quick shutdown of the conveyor in the event of a belt break to prevent a longer longitudinal break, a decrease in the likelihood of false alarms, high reliability, ease of installation. The technical means for creating the system have been selected, a block diagram of the operation algorithm has been developed, and a connection diagram has been designed. The system can work with equipment from different manufacturers.

For citation: Zakharova A.G., Zakharov A.Y., Lobur I.A., Shauleva N.M. Ultrasonic based device to detect longitudinal tears on conveyor belts. Mining Equipment and Electromechanics, 2022; 4(162):62-70 (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1816-4528-2022-4-62-70

REFERENCES

- Zaharov A. Yu. Vozmozhnosti snizheniya dinamicheskikh nagruzok na konvejernuyu lentu. *Gornoe oborudovanie i elektromekhanika*. 2018; 6: 8-13.
- 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.* 2017; 16: 24-30.
- Zaharov A. Yu., Grigor'ev A.V., Zaharova A.G. Obzor sposobov kontrolya prodol'nogo porывa konvejernoj lenty. *Gornoe oborudovanie i elektromekhanika*. 2020; 5(151): 57-63.
- 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.
- Zhang M., Zhang Y., Zhou M., Jiang K., Shi H., Yu Y. and Hao N. Application of Lightweight Convolutional Neural Network for Damage Detection of Conveyor Belt. *Applied sciences*. 2021; 11: 7282-1-7282-15.
- 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)*. 2018; 168: 360-369.
- 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.
- 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.* 2018; 120: 140-149.
- 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.* 2019; 143: 246-257.
- 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*. 2019; 7: 120202-120213.
- Leo M., Medioni G., Trivedi M., Kanade T., Farinella G.M. Computer vision for assistive technologies. *Comput. Vis. Image Underst.* 2017; 154: 1-15.

12. 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*. 2015; 16(3): 1-6.

13. 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*. Pp. 803-808.

14. 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.

15. Becker. Mining systems. Belt management. URL: [https://www.becker-mining.com/en/products/mincos/belt-management_\(date of application 25.01.2021\)](https://www.becker-mining.com/en/products/mincos/belt-management_(date%20of%20application%2025.01.2021)). Elektronnyj tekst.

16. Beltscan systems. Rip detections and condition monitoring. URL <http://www.beltscan.com/products/belt-guard-10k-rip-detector-for-steel-cord-belts.html> (date of application 25.01.2021). Elektronnyj tekst.

© 2022 The Author. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

The author declare no conflict of interest.

About the author:

Alla G. Zakharova, Department of Electric Drive and Automation, T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, (28, Vesennyya St., Kemerovo, 650000, Russian Federation), D. Sc. in Engineering, Professor,

Alexander Y. Zakharov, Department of Electric Drive and Automation, T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, (28, Vesennyya St., Kemerovo, 650000, Russian Federation), D. Sc. in Engineering, Professor,

Irina A. Lobur, Department of Electric Drive and Automation, T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, (28, Vesennyya St., Kemerovo, 650000, Russian Federation), C. Sc. in Engineering, Associate Professor, shnm.eav@kuzstu.ru

Nadezda M. Shauleva, Department of Electric Drive and Automation, T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, (28, Vesennyya St., Kemerovo, 650000, Russian Federation), C. Sc. in Engineering, Associate Professor

Contribution of the authors:

A.G. Zakharova, A.Y. Zakharov, I.A. Lobur, N.M. Shauleva — research problem statement; scientific management; reviewing the relevant literature; conceptualisation of research; writing the text, data collection; data analysis; reviewing the relevant literature; drawing the conclusions; writing the text.

Author have read and approved the final manuscript.



ГОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА



4 ₍₁₆₂₎ **◆ 2022**

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ГОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА

12+

4(162)
2022

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.
Бломенштейн 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: gornash@kuzstu.ru
Сайт: http://gornash.kuzstu.ru

СОДЕРЖАНИЕ

ГОРНЫЕ МАШИНЫ

- Сержан С.Л., Малеванный Д.В., Федоров Е.В., Дадаян Л.М.** Перспективы применения добычного комплекса с капсулой в условиях добычи шельфовых железомарганцевых конкреций Российской Федерации 3
- Вишняков Г.Ю., Ботян Е.Ю., Розов Р.А., Пушкарев А.Е.** Уточнение методики нормирования расхода топлива карьерных автосамосвалов в сложных горнотехнических условиях 12
- Жуковский Ю.Л., Малькова Я.М.** Классификация способов повышения эффективности процесса измельчения и реализации энергоэффективных алгоритмов управления двухдвигательным электроприводом мельницы 20
- Ефимов Д.А., Господариков А.П.** Перспективы использования валков с профилем Рело в дробилке и измельчающих валках высокого давления 36

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМЫ

- Никитенко С.М., Зубков Н.Н., Никитенко М.С., Каськов С.И., Игнатова А.Ю.** Сравнительные испытания калорифера новой конструкции 44
- Ляховец М.В., Саламатин А.С., Кубарев В.А., Модзелевский Д.Е., Галлямова О.Р.** Типизация программных модулей систем управления производственным оборудованием 54
- Захарова А.Г., Захаров А.Ю., Лобур И.А., Шаулева Н.М.** Устройство для обнаружения продольного порыва конвейерной ленты с использованием ультразвуковых датчиков 62

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):

- 05.02.02 – машиноведение, системы приводов и детали машин (технические науки)
- 05.05.06 – горные машины (технические науки)
- 05.09.01 – электромеханика и электрические аппараты (технические науки)
- 05.09.03 – электротехнические комплексы и системы (технические науки)
- 2.5.5. Технология и оборудование механической и физико-технической обработки (технические науки)

Дата подписи в печать: 01.09.2022. Дата выхода в свет: 08.09.2022. Формат 60×84/8. Бумага офсетная. Отпечатано на МФУ. Уч.-изд. л. 8,625. Тираж 70 экз. Заказ 114. Цена свободная

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

SCIENTIFIC AND PRACTICAL JOURNAL
**MINING EQUIPMENT
AND ELECTROMECHANICS**
GORNOE OBORUDOVANIE I ELEKTROMEKHANIKA

12+

4(162)
2022

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:

Trubetskoy 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 Vesennaya 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

- Serzhan S.L., Malevannyi D.V., Fedorov E.V., Dadayan L.M. Prospects of application of a production complex with a capsule in the conditions of mining on the Russian Federation shelf iron-manganese nodules 3
- Vishnyakov G.Yu., Botyan E.Yu., Rozov R.A., Pushkarev A.E. Refinement of the methodology for rationing fuel consumption of open pits haul trucks in difficult mining conditions 12
- Zhukovskiy Yu.L., Malkova Ya.M. Classification of ways to improve the efficiency of the comminution and implementation of energy-efficient algorithms for controlling the twin-motor electric mill drive 20
- Efimov D.A., Gospodarikov A.P. Prospects for the use of reuleaux triangle rollers in crushers and high-pressure grinding rolls 36

ELECTROTECHNICAL COMPLEXES AND SYSTEMS

- Nikitenko S.M., Zubkov N.N., Nikitenko M.S., Kaskov S.I., Ignatova A.Yu. Comparative tests of the heater of a new design 44
- Lyahovets M.V., Salamatin A.S., Kubarev V.A., Modzelevskiy D.E., Gallyamova O.R. Typing of software modules in the development of control systems for production equipment 54
- Zakharova A.G., Zakharov A.Y., Lobur I.A., Shauleva N.M. Ultrasonic based device to detect longitudinal tears on conveyor belts 62

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):

- 05.02.02 Mechanical engineering, drive systems and machine parts (engineering)
- 05.05.06 Mining machines (engineering)
- 09.05.01 Electromechanics and electrical apparatus (engineering)
- 09.05.03 Electrotechnical complexes and systems (engineering)
- 2.5.5 Technology and equipment for mechanical and physical-technical processing (engineering)

Signed for publication on 01 September 2022. Date of publication: 08 September 2022.
Format 60×84/8. Offset paper. Imprinted on MFPs. Published sheets 8,625. Edition 70 copies.
Order 114 Free price

Address of the printing house:

Publishing center KuzSTU

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