

Кузин Евгений Геннадьевич, доцент, **Шахманов Виталий Николаевич**, кандидат технических наук, заведующий кафедрой, **Кавардаков Александр Алексеевич**, старший преподаватель

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

E-mail: kuzinevgen@gmail.com

ВЛИЯНИЕ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РАБОТУ ПРИВОДА ШАХТНОГО ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА

Аннотация: В работе показана необходимость учета и анализа горно-геологических факторов, оказывающих влияние на техническое состояние приводов шахтных ленточных конвейеров. Даются результаты вибрационных параметров приводов шахтных ленточных конвейеров после 18 месяцев эксплуатации. Показаны причины нарушения центровки валов редуктора и приводного электродвигателя в процессе эксплуатации. Приводится возможность оперативного управления техническим состоянием привода ленточного конвейера с использованием систем мониторинга вибрационных параметров привода. Приводится методика определения участков почвы горных выработок, склонных к геодинамическим проявлениям, на которых нецелесообразно размещать приводные станции ленточного конвейера. Показаны результаты исследования почвы подготовительных горных выработок с различным состоянием. Результаты исследования позволяют принимать дополнительные меры по борьбе с пучениями почвы в местах установки приводных станций конвейеров, что позволит снизить число отказов и простои конвейерной линии.

Ключевые слова: ленточный конвейер, промежуточный привод, техническая диагностика, вибродиагностика, георадиолокация, подземные выработки, пучение почвы выработок, надежность.

Информация о статье: принята 21 мая 2020 г.
DOI: 10.26730/1816-4528-2020-2-51-56

1. Введение

Ленточные конвейеры повсеместно применяются для транспортирования горной массы из высокопроизводительных очистных и подготовительных забоев. С целью обеспечения высокой производительности и повышения сортности и кондиционного качества угля наблюдается тенденция к сокращению количества ленточных конвейеров и пересыпов в конвейерной линии, но с сохранением протяженности конвейерной линии. Дальнейшее увеличение длины транспортирования ленточными конвейерами будет требовать применения криволинейного става конвейера, где также необходимо использование промежуточных приводов [1-3]. Выбор места установки промежуточного привода определяется в первую очередь тяговой диаграммой (рациональным натяжением ленты) с учетом обеспечения необходимого тягового усилия [4]. Расположение и количество приводных станций и даже сама кинематическая схема ленточного конвейера могут быть оптимизированы по наилучшим показателям экономической эффективности [5].

Принимая во внимание необходимость и важность выбора расположения приводных станций промежуточного привода с учетом тяговых и экономических критериев, требуется учесть

влияние геологических факторов на фактическое место установки привода в конкретной выработке.

2. Проблема и постановка задачи

Исследование вибрационных параметров приводов шахтных ленточных конвейеров после 18 месяцев эксплуатации показало, что только

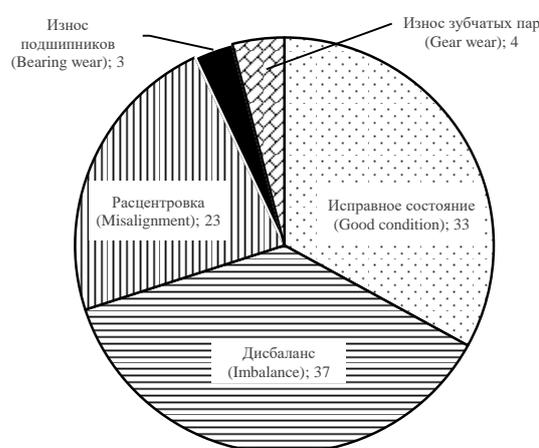


Рис. 1. Диаграмма результатов вибродиагностики приводов ленточных конвейеров
Fig. 1. Diagram of vibration diagnostics results for belt conveyor drives

примерно третья часть (33 %) находится в исправном техническом состоянии; примерно в 37% случаев выявлено наличие дисбаланса и в 23% – расцентровки приводных валов редуктора и электродвигателя (см. рис. 1) [6 - 8].

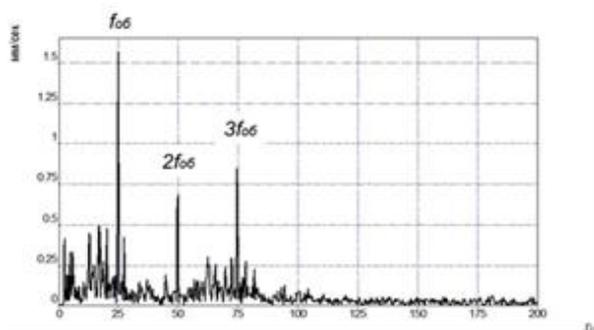


Рис. 2. Спектр виброскорости редуктора ленточного конвейера, имеющего расцентровку с приводным электродвигателем

Fig. 2. Spectrum of vibration speed of a belt conveyor gearbox having a misalignment with a drive motor

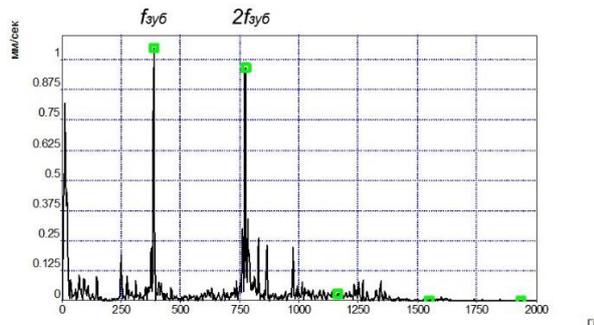


Рис. 3. Спектр виброскорости редуктора ленточного конвейера, в котором расцентровка вала с приводным электродвигателем проявляется на частотах зубозацепления - $f_{зуб}$, и ее второй гармоники - $2f_{зуб}$

Fig. 3. Spectrum of vibration speed of the belt conveyor gearbox, in which the shaft misalignment with the drive motor is manifested at the frequency of gear engagement - $f_{зуб}$, and its second harmonic - $2f_{зуб}$

Классическая картина спектров виброскорости, характеризующая расцентровку валов привода, представлена на рис. 2.

В спектре практически всегда преобладает первая $f_{об}$ и вторая $2f_{об}$, а иногда и третья $3f_{об}$ гармоники оборотной частоты (в нашем случае оборотная частота составляет $f_{об}=25$ Гц). Кроме этого, расцентровка характеризуется высокими амплитудами виброскорости на второй $2f_{зуб}$, а иногда на третьей $3f_{зуб}$ гармониках зубцовых частот (см. рис. 3).

Расцентрованные валы электродвигателя и редуктора, соединенные муфтами, имеют высокий уровень вибрации, обусловленный изгибающими усилиями (как статическими, так и динамическими), и в итоге будут приводить к ускоренному износу элементов муфты и подшипников. Соединение вала редуктора и муфты, имеющее низкоамплитудные колебания, приводят к

возникновению фреттинг-коррозии с последующим развитием дефекта [9].

Причин появления расцентровок приводов ленточных конвейеров, как в вводимых в эксплуатацию, так и в достаточно длительно эксплуатируемых, достаточно много. Основными являются процессы изготовления, монтажа, изменение геометрии фундамента, искривление конструкции [10]. Искривление конструкции и перекос фундаментов привода в горных условиях также нередко вызывается процессами деформации контура горных выработок, пучением почвы.

Таким образом, размещение промежуточного привода ленточного конвейера на участке выработки, в которой возможны геодинамические проявления (пучение почвы, высокая конвергенция), может вызывать изменение вибрационного состояния машины. Кроме того, возможен полный отказ промежуточного привода из-за разрушения фундамента или обрыва реактивной тяги приводного блока.

Обнаружение дефектов геометрии фундамента привода ленточного конвейера может быть выявлено на ранней стадии с помощью плавающих спектральных опорных масок или автоматизированных систем контроля технического состояния машин [11 - 13].

Установка систем непрерывного мониторинга вибрационных параметров привода шахтного ленточного конвейера отслеживает изменения вибрации. В результате изменения геометрии фундаментов реактивной тяги в спектрах вибрации возрастает амплитуды второй, третьей и, возможно, четвертой гармоник оборотной частоты вала электродвигателя. Реакцией электромеханической службы горного предприятия должно стать проведение осмотра места установки привода конвейера совместно с маркшейдерской службой для замеров конвергенции выработки и возможного смещения ее контуров.

Предотвращение негативного влияния горно-геологических факторов на работу привода конвейера возможно путем переноса места установки промежуточного привода. Если почва выработки имеет склонность к пучению на значительном протяжении, то необходимо принимать дополнительные мероприятия (разгрузочные щели, установка дополнительных упрочняющих анкеров, предварительная разгрузка массива горных пород). Например, в работе [14] авторы показывают, что формирование разгрузочных щелей требует дополнительных затрат, но позволяет обеспечивать безремонтное поддержание горных выработок, снижая пучение почвы.

3. Результаты исследования

Для определения участков подземных горных выработок, склонных к геодинамическим проявлениям, в том числе и пучениям почвы, предлагается использовать метод георадиолокации.

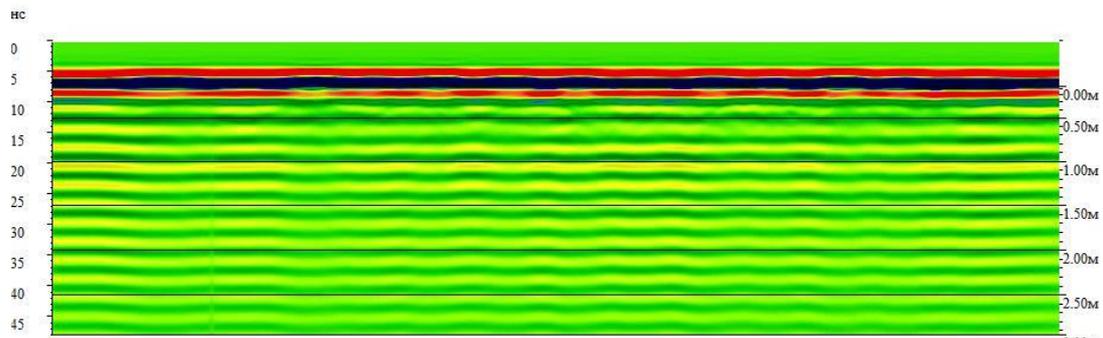


Рис. 4. Радарограмма почвы выработки не склонной к проявлению пучения
 Fig. 4. Radarogram of the soil of a mining development that is not prone to heaving

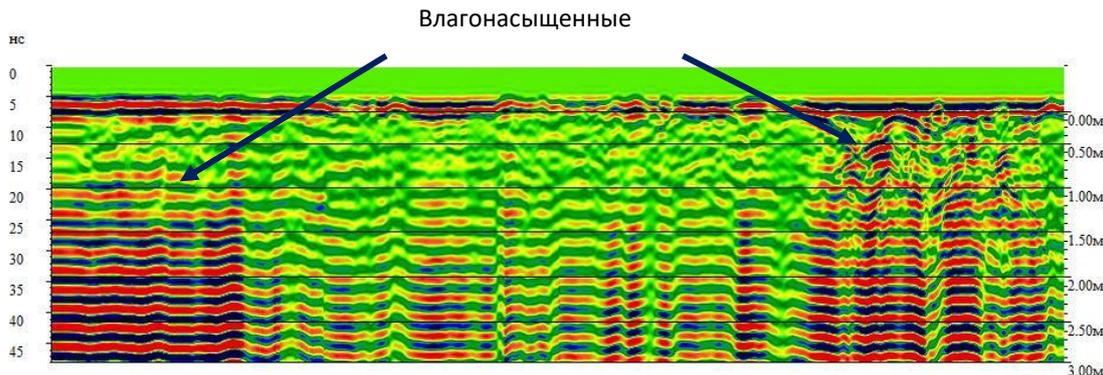


Рис. 5. Радарограмма почвы выработки стрелками показаны участки склонные к проявлению пучения
 Fig. 5. Radarogram of mining soil, arrows show areas prone to heaving

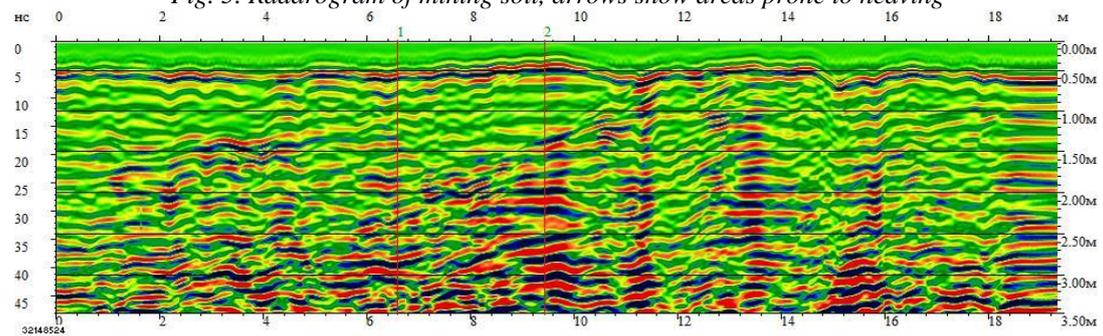


Рис. 6. Радарограмма почвы выработки в которой произошли пучения почвы
 Fig. 6. Radarogram of the soil of the mine workings in which the soil heaving occurred

Георадиолокация – это метод подповерхностного обследования, построенный на анализе отраженных широкополосных наносекундных импульсов. Импульсы электромагнитной волны отражаются от границ горных пород с различными электрофизическими характеристиками (основной является диэлектрическая проницаемость – ϵ). Породы с различной степенью влагонасыщения обладают существенным различием в диэлектрической проницаемости и показывают хороший контраст на профилях георадиосканирования.

приведет к деформации их фундаментов и потребует дополнительных затрат на поддир почвы и ремонт привода.

Радарограмма (рис. 6) представляет участок почвы горной выработки с произошедшим пучением, имеющем характерную картину разуплотнения пород.

Наличие кабелей, трубопроводов и металлических конструкций существенно усложняет

интерпретацию радарограмм. Множество помех при подземной георадиолокации иногда может привести к неверным заключениям. В целях повышения достоверности результатов георадиолокации в местах выработки, имеющих прогноз на пучение, рекомендуется проводить исследование пород почвы видеоэндоскопом.

4. Выводы

Реализация георадарного обследования пород почвы горных выработок с учетом геологической информации позволит оценить склонность пород к пучению и деформациям.

Установка промежуточного привода на участке без расслоения (см. рис. 4) и без перувлажнения (см. рис. 5) не приведет к неблагоприятным условиям работы привода, вызванного деформацией фундаментных опор.

Установка привода в зонах повышенного влагонасыщения (см. рис. 5) возможна только после всестороннего рассмотрения геологических свойств пород при отсутствии их размокания,

при этом необходимо учитывать свойства пород и учесть их влияние при изготовлении фундамента (обеспечить защиту от излишней воды, дренаж и т. д.).

Установка привода на участках почвы, имеющих существенные разуплотнения, расслоения или склонность к пучениям (см. рис 6), нецелесообразна. В данном случае необходимо пересчитать тягово-экономические характеристики многодвигательного ленточного конвейера и перенести привод в другое место.

Своевременный выбор рационального места установки промежуточного привода шахтного ленточного конвейера с помощью метода георадиолокации для оценки состояния участков горных выработок позволит осуществлять согласованную работу ленточных конвейеров в конвейерной линии и исключить непредвиденные простои и потери производительности.

С другой стороны, при выявлении признаков расцентровки переносными или стационарными системами вибромониторинга необходимо проверить изменение геометрии (конвергенцию) горных выработок и принять меры по ремонту фундаментов или даже по переносу места установки промежуточного привода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Галкин В. И. Ленточные конвейеры на современном этапе развития горной техники / В. И. Галкин, Е. Е. Шешко // Горный журнал. - 2017. - № 9. - С. 85-90, DOI: 10.17580/gzh.2017.09.15.
2. Jennings A., Perrone P., Cornet J. Case study: correcting control problems on Essroc's multidrive station, horizontally curved conveyor // Transactions of the Society for Mining, Metallurgy and Exploration. - 2013. - Vol. 334. P. 472-476.
3. Thompson M. Impumelelo coal mine is home to the world's longest belt conveyor / Michael Thompson and Andrew Jennings // Mining Engineering - 2016 pp. 14-35.
4. Крылов И. Ю. Выбор места установки привода и величины контрольного усилия натяжного устройства при различных углах наклона ленточного конвейера // ГИАБ. 2010. №9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vybor-mesta-ustanovki-privoda-i-velichiny-kontrolnogo-usiliyanatyazhnogo-ustroystva-pri-razlichnyh-uglah-naklona-lentochnogo-konveyera> (дата обращения: 11.11.2019).
5. Реутов А. А. Выбор схемы приводов ленточного конвейера с использованием нечетких значений критериев // Вестник Брянского государственного технического университета. 2018. №2 (63). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vybor-shemy-privodov-lentochnogo-konveyera-s-ispolzovaniem-nechetkih-znacheniy-kriteriev> (дата обращения: 15.11.2019).
6. Кузин Е. Г. Диагностика технического состояния редукторов шахтных ленточных конвейеров / Е. Г. Кузин, Б. Л. Герике // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). - 2017. - № 8. - С. 47-55, DOI: 10.25018/0236-1493-2017-8-0-47-55.
7. Obuchowski J. Recent developments in vibration based diagnostics of gear and bearings used in belt conveyors / J. Obuchowski, A. Wylomańska, R. Zimroz // Applied Mechanics and Materials. - 2014. - Vol. 683, - pp 171-176, doi:10.4028/http://www.scientific.net/AMM.683.171.
8. Stefaniak, Pawel & Wodecki, Jacek & Zimroz, Radoslaw. (2017). Maintenance management of mining belt conveyor system based on data fusion and advanced analytics. 10.1007/978-3-319-62042-8_42.
9. He, W. D., Zhang, Y. H., Zhang, F. L., Zhou, F., & Hou, G. (2017). Optimization of Gear Modification for Boom and Crowing Mechanism Used in Large Mining Excavator. Applied Mechanics and Materials, 868, 277-282. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.868.277>.
10. Stepanov P. Development of the algorithm for definition of residual service life by a comprehensive diagnosis of the electromechanical drive / P. Stepanov, S. Lagutkin, Y. Nikitin, // Acta Mechanica Slovaca, - 2015, - Vol. 19, - p. 52, doi: <https://doi.org/10.21496/ams.2015.015>.
11. Kuzin E. Diagnostics of Gearboxes of Mining Belt Conveyors Using Floating Spectral Masks / E. Kuzin, B. Gerike, M. Mamaeva, K. Singh. // E3S Web of Conferences IVth International Innovative Mining Symposium. 2019. С. 03011. DOI: 10.1051/e3sconf/201910503011.
12. Zhanlu Yang, Shanming Wang, Jianfeng Hong, Jingsong Li. Analysis of electromagnetic exciting force and vibration of rotating armature permanent magnet synchronous motor // The Journal of Engineering. 2018, no.17, pp. 1903-1908.
13. Xiaowang Chen, Zhipeng Feng. Time-Frequency Analysis of Torsional Vibration Signals in Resonance Region for Planetary Gearbox Fault Diagnosis Under Variable Speed Conditions // IEEE Access. 2017, vol. 5, pp. 21918-21926.
14. Казанин О. И. Численные исследования пучения почвы штреков при применении разгрузочных щелей на шахте «Талдинская-Западная 2» / О. И. Казанин, А. А. Сидоренко, А. А. Ильинец, В. Ф. Васильев // Известия ТулГУ. Науки о Земле. - 2018. Вып. 3, с. 171-178.
15. Abramovich A. Prerequisites for the establishment of the automated monitoring system and accounting of the displacement of the roof of underground mines for the improvement of safety of mining work. / Abramovich A., Pudov E., Kuzin E. // E3S Web of Conferences (см. в книгах). 2017. № 15. С. 01011

Evgeny G. Kuzin, Associate Professor, **Vitalij N. Shahmanov**, C. Sc. in Engineering, **Aleksandr A. Kavardakov**, Senior Lecturer

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28, street Vesennyaya, Kemerovo, 650000, Russia

IMPACT OF MINING AND GEOLOGICAL FACTORS ON THE OPERATION OF THE MINE CONVEYOR DRIVE

Abstract: *The article presents the analysis of mining and geological factors affecting the technical condition of the drives of mine belt conveyors. The reasons of violation of alignment of shafts of a reducer and the driving electric motor in the course of operation are shown. The method of determining the soil areas of mine workings prone to geodynamic manifestations, where it is impractical to place the drive stations of the belt conveyor.*

Keywords: *belt conveyor, intermediate drive, technical diagnostics, vibration diagnostics, georadar, underground workings, reliability.*

Article info: received May 21, 2020

DOI: 10.26730/1816-4528-2020-2-51-56

REFERENCES

1. Galkin V. I. Belt conveyors at the current stage of development of mining equipment / V. I. Galkin, E. E. Sheshko // Gorny Zhurnal. - 2017. - № 9. - P. 85-90, DOI: 10.17580/GZH. 2017. 09. 15.
2. Jennings A., Perrone P., Cornet J. Case study: correcting control problems on Esproc's multidrive station, horizontally curved conveyor // proceedings of the society of mining, metallurgy and exploration. 2013. Volume 334, Pp. 472-476.
3. Thompson M. Impumelelo coal mine is home to the world's longest conveyor belt / Michael Thompson and Andrew Jennings // Mining engineering-2016 p. 14 - 35.
4. Krylov I. Yu. Selection of the installation site for the water supply and the value of the control force of the tensioner at different angles of inclination of the conveyor belt // GIAB. 2010. NO. 9. URL: <url> <https://cyberleninka.ru/article/n/vybor-mesta-ustanovki-privoda-i-velichiny-kontrolnogo-usiliya-natyazhnogo-ustroystva-pri-razlichnyh-uglah-naklona-lentochnogo-konveyera> (accessed: 11.11.2019).
5. Reutov A. A. Selection of the drive scheme of a lenticular conveyor using fuzzy values of criteria // Bulletin of the Bryansk state technical University. 2018. # 2 (63). URL: <url> <https://cyberleninka.ru/article/n/vybor-shemy-privodov-lentochnogo-konveyera-s-ispolzovaniem-nechetkih-znacheniy-kriteriev> (accessed: 15.11.2019).
6. Kuzin E. G. Diagnostics of technical condition of reducers of mine belt conveyors / E. G. Kuzin, B. L. Gerike // Mining information and analytical Bulletin (scientific and technical journal). - 2017. - № 8. - P. 47-55, DOI: 10.25018 / 0236-1493-2017-8-0-47-55.
7. Obuchovsky J. recent developments in the field of vibration diagnostics of gears and bearings used in belt conveyors / J. Obuchovsky, A. Vilomanskaya, R. Zimroz // Applied mechanics and materials. - 2014. - Volume 683, - pp 171-176, doi:10.4028 / <http://www.scientific.net/AMM.683.171>.
8. Stefanyak, Pavel, Vodetsky, Jacek And Zimroz, Radoslav. (2017). Maintenance management of the belt conveyor mining system is based on data fusion and advanced Analytics. 10.1007/978-3-319-62042-8_42.
9. He, W. D., Zhang, Y. H., Zhang, F. L., Zhou, F., & Hou, G. (2017). Optimization of modification of the arrow gear engagement and Crowing mechanism used in a large-sized Mining excavator. Applied mechanics and materials, 868, 277-282. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.868.277>.
10. Stepanov P. development of an algorithm for determining the residual resource by complex diagnostics of an Electromechanical drive / P Stepanov, S. Lagutkin, Yu. Nikitin // Acta Mechanica Slovaca, - 2015, - Vol. 19, - P. 52, doi: <https://doi.org/10.21496/ams.2015.015>.
11. Kuzin E. Diagnostics of reducers of mountain conveyor belts using floating spectral masks / E. Kuzin, B. Gericke, M. Mamayeva, K. ngh. // E3s Web of Conferences IV-th international innovative Mining Symposium. 2019. P. 03011. DOI: 10.1051/e3sconf / 201910503011.
12. Zhanlu Yang, Shanming Wang, Jianfeng Hong, Jingsun Li. Analysis of the electromagnetic exciting force and vibration of the rotating armature of a synchronous motor with a permanent magnet // Engineering Journal. 2018, No. 17, Pp. 1903-1908.

13. Xiaowan Chen, Zhipeng Feng. Frequency-time analysis of torsional vibration signals in the resonant region for Troubleshooting planetary gearboxes under variable speed conditions // IEEE Access. 2017, vol. 5, Pp. 21918-21926.

14. Kazanin O. I. Numerical studies of soil drainage of drifts when using unloading slots at the Taldinskaya-Zapadnaya 2 mine / O. I. Kazanin, A. . Sidorenko, A. A. Ilinets, V. F. Vasiliev // News

of TulSU. Earth Sciences, 2018, Issue 3, pp. 171-178.

15. Abramovich A. prerequisites for creating an automated system for monitoring and accounting for the displacement of the roof of underground workings to improve the safety of mining operations. / A. Abramovich., E. Pudov, E. Kuzin // E3s Web of Conferences (see in books). 2017. No. 15. S. 01011.

Библиографическое описание статьи

Кузин Е.Г., Шахманов В.Н., Кавардаков А.А. Влияние горно-геологических факторов на работу привода шахтного ленточного конвейера // Горное оборудование и электромеханика – 2020. – № 2 (148). – С. 51-56.

Reference to article

Kuzin E.G., Shahmanov V.N., Kavardakov A.A. Impact of mining and geological factors on the operation of the mine conveyor drive. Mining Equipment and Electromechanics, 2020, no.2 (148), pp. 51-56.