УДК 621.87

Ерофеева Наталья Валерьевна[1], кандидат техн. наук, доцент, **Бондаренко Игорь Александрович**[2], бригадир участка

[1]Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28
[2]ООО «Шахта «Бутовская», Адрес: 650902, Россия, г. Кемерово, ул. Городецкая, 1

E-mail: env.stm@kuzstu.ru

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННОЙ СЕГРЕГАЦИИ НАСЫПНОГО ГРУЗА НА ЛЕНТОЧНОМ КОНВЕЙЕРЕ

Аннотация: Актуальность работы. *Динамические нагрузки, возникающие при прохождении роликоопор линейных секций ленточного конвейера крупнокусковым грузом, оказывают разрушительное влияние на ленту и приводят к ее аварийному состоянию.*

Цель работы: *Обосновать возможность снижения динамических нагрузок на ленту при транспортировании крупных кусков за счет естественной сегрегации.*

Методы исследования: *Проведено экспериментальное исследование процесса сегрегации насыпного груза на конвейерной ленте в производственных условиях.*

Результаты: *Выявлена низкая способность влияния естественной сегрегации на увеличение долговечности конвейерных лент*

Ключевые слова: *динамические нагрузки, ленточный конвейер, роликоопора, сегрегация, насыпной груз, крупнокусковый уголь.*

Информация о статье: *принята 01 декабря 2018 г.*
DOI: 10.26730/1816-4528-2018-6-20-25

При транспортировании горной массы ленточными конвейерами лента получает наибольшее число повреждений в загрузочном пункте и по длине става от взаимодействия с транспортируемым грузом [1].

Для ленточных конвейеров длиной до 200−250 м основным фактором, определяющим срок службы ленты, является условие их загрузки [2]. На длинных конвейерах износ на роликоопорах является определяющим. В работе [3] установлено, что на конвейерах длиной 25−50 м удельный вес износа на роликоопорах составляет 10−15 % от общего износа обкладки, а на конвейерах длиной 200−300 м – 60−65%. На конвейерах длиной 800 м удельный вес износа обкладки на роликоопорах является уже определяющим и достигает 85 %.

От продольных и поперечных смещений, скольжения крупных кусков при погрузке, разгрузке с приводного барабана [4−7] и на ленте в пролете между роликоопорами [8] и на роликоопорах [3] возникает абразивный износ верхней обкладки. При динамическом взаимодействии крупного куска с каждой роликоопорой, установленной на конвейере, износ может привести к срыву частиц резины, ее порезам, задирам острыми гранями куска [9, 10]. После многократных оборотов ленты подобные очаги повреждений, взаимодействуя с очагами, появившимися при предыдущем обороте ленты, со временем образуют потенциально опасное сечение, способное вызвать пробои верхних обкладок вплоть до поперечного разрыва ленты [11].

При движении по роликоопорам конвейерная лента совершает вертикальные колебания. Кроме того, наблюдается развал конвейерной ленты в пролете между роликоопорами и схождение ленты на самих роликоопорах. Под воздействием этого процесса возникает шевеление груза, приводящее к естественной сегрегации насыпного груза по крупности [12]. Крупные куски вместе с прилегающим насыпным грузом при набегании на роликоопору приподнимаются, а после ее прохождения опускаются. При этом скорости подъема и падения крупного куска и прилегающей мелочи различна, в результате чего под крупным куском образуется зернистая фракция насыпного груза.

В работе [13] указано, что при транспортировании крупных кусков в общем потоке горной массы сила взаимодействия куска с лентой при проходе роликоопоры снижается в 1,5–2 раза и, как правило, исключается выбрасывание отдельных кусков с ленты при высоких скоростях ее движения. А в работе [14] сказано, что подсыпка уменьшает силу динамического взаимодействия в 1,2–1,3 раза., в связи с чем разрушающее воздействие крупного куска на ленту при прохождении роликоопор снижается.

Для оценивания высоты «всплывания» крупного куска в среде насыпного груза на конвейерной ленте в процессе транспортирования были проведены следующие экспериментальные исследования.

Насыпной груз, транспортируемый ленточными конвейерами, как правило, не сортирован. В общем потоке можно наблюдать фракции различной

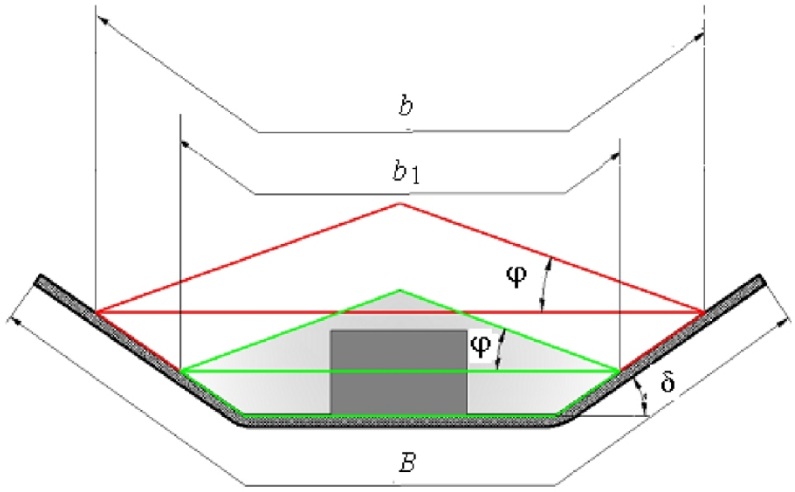


Рис. 1. Поперечное сечение конвейерной ленты
Fig. 1. Cross section of the conveyer belt

кусковатости. По данным работы В. В. Егошина [14] о гранулометрическом составе разрушенного угольного массива 40,3% представляют фракции размером 0–6 мм, а выход класса 0–25 мм составляет 81,8%, около 5% приходится на класс + 100 мм. Поэтому при экспериментальном исследовании в качестве насыпного груза использовался уголь фракционного состава 0–20 мм.

Исследования, проведенные в МГГУ [8], показали, что наибольшие динамические нагрузки вызывают куски прямоугольной формы с низко расположенным центром тяжести. Анализ экспериментальных данных [16] показал, что реальные повреждения ленты вызывают куски крупностью 150 мм и более.

В качестве крупных кусков использовались имитаторы крупнокускового груза различной плотности, имеющие форму параллелограмма с соотношением сторон согласно исследованиям Е. Е. Новикова и В. К. Смирнова $a : b : c = 1a : 0{,}67a : 0{,}43a$ [17]. Плотность кусков варьировалась от 0,67 до 1,46 т/м^3. Длина куска составляла 300 мм.

В производственных условиях в загрузочной части ленточного конвейера 1Л120-03, установленного в наклонном стволе шахты, непосредственно на ленту друг за другом с шагом 100 мм укладывались имитаторы крупных кусков. Имитаторы засыпались со всех сторон мелкокусковым и крупнозернистым грузом фракцией 0–20 мм.

На рис. 1. представлена схема поперечного сечения конвейерной ленты [18] для расчета площади поперечного сечения насыпного груза теоретической и созданной искусственно при проведении исследований.

Рабочая ширина ленты b связана с шириной ленты соотношением [19]

$$b = (0{,}9B - 0{,}05), \quad (1)$$

где B – ширина ленты, м.

Теоретическая площадь поперечного сечения груза для трехроликовой роликоопоры с шириной ленты B = 1,2 м и углом наклона боковых роликов δ = 35° [19]

$$F = b^2 \cdot (0{,}109 + 0{,}202 \cdot \mathrm{tg}\varphi), \quad (2)$$

где φ– угол естественного откоса груза в движении, град.

Для определения искусственно созданной площади поперечного сечения насыпного груза в первом опыте воспользуемся формулой (2), подставляя размер рабочей ширины ленты b_1 = 0,625 м (см. табл. 1), измеренный в процессе исследований.

Теоретическая площадь сечения насыпного груза на ленте составила 0,19 м^2, а при проведении исследований – 0,07 м^2. Таким образом, конвейерная лента в процессе исследований загружалась насыпным грузом на 36,8 % от возможной теоретической загрузки.

Скорость движения ленточного конвейера 3,15 м/с. Угол наклона конвейера – 14–16□.

С пульта управления производился запуск ленточного конвейера, и после прохождения грузом расстояния, равного 430, 330 и 120 м, конвейер останавливался (рис. 2). Лента *1* расчищалась (рис. 3), крупные куски *2* аккуратно снимались с подсыпки *3* (рис. 4). Замер подсыпки осуществлялся штангенциркулем в девяти точках согласно приведенной схеме (рис. 5, *а*).

В процессе исследований была осуществлена попытка выявить зависимость толщины образовавшейся под крупным куском подсыпки от расстояния, пройденного насыпным грузом.

Распределение подсыпки под крупными кусками плотностью 0,67 т/м^3; 1,26 т/м^3 и 1,47 т/м^3 показано на рис. 6. Причем влажность W подсыпки изменялась от 8 до 25%. При одинаковой влажности W = 18% для куска плотностью 1,47 т/м^3 с достаточной вероятностью можно предположить линейную зависимость толщины $h_п$ подсыпки от длины L, пройденной транспортируемым грузом (табл. 2).

Таблица 1. Геометрические размеры
Table 1. Geometric dimensions

Параметр	Обозначение	Значение
Ширина ленты, мм	B	1200
Рабочая ширина ленты, мм	b	1030
Рабочая ширина ленты в экспериментах, мм	b_1	625
Угол наклона боковых роликов, град.	δ	35
Угол естественного откоса насыпного груза в движении, град.	φ	20

Рис. 2. Расположение крупных кусков в конце транспортирования в среде зернистых фракций
Fig. 2. Arrangement of large lumps of coal at the end of transportation among granular fractions

Рис. 3. Расчистка крупных кусков на ленте от зернистых фракций насыпного груза
Fig. 3. Clearing large lumps on the belt from granular fractions of a bulk cargo

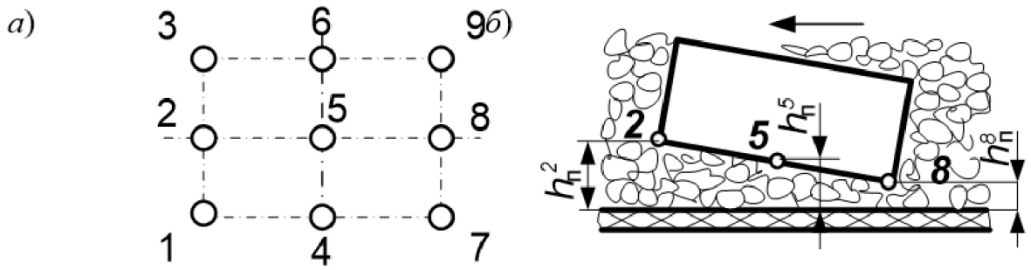


Рис. 5. Схема проведения инструментальных замеров подсыпки на ленте: а) вид в плане; б) сечение по средней линии куска
Fig. 5. The scheme of carrying out tool measurements of filling on the belt: a) plan view; b) section by the central line of a lump

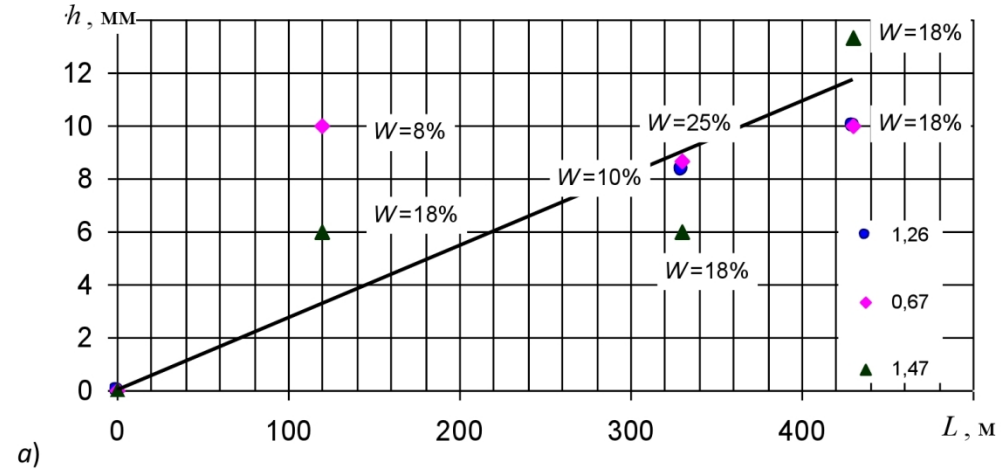
Если распределение подсыпки по ширине куска имеет практически одинаковую толщину, то по длине куска с явным преимуществом просматривается закономерность поднятия передней по ходу движения грани куска (см. рис. 5, *б*). Так, после прохождения роликоопор в количестве 435 штук толщина подсыпки под кусок плотностью 1,26 т/м^3 под первую по ходу движения грань (точка 2) в среднем составила 10 мм, а под вторую (точка 8) – 5 мм.

Как было указано в работе [20] в начале процесса формирования подсыпки под кусок попадают единичные кусочки мелкой фракции, которые, являясь концентраторами напряжений на конвейерную ленту, усугубляют воздействие крупного куска на ленту.

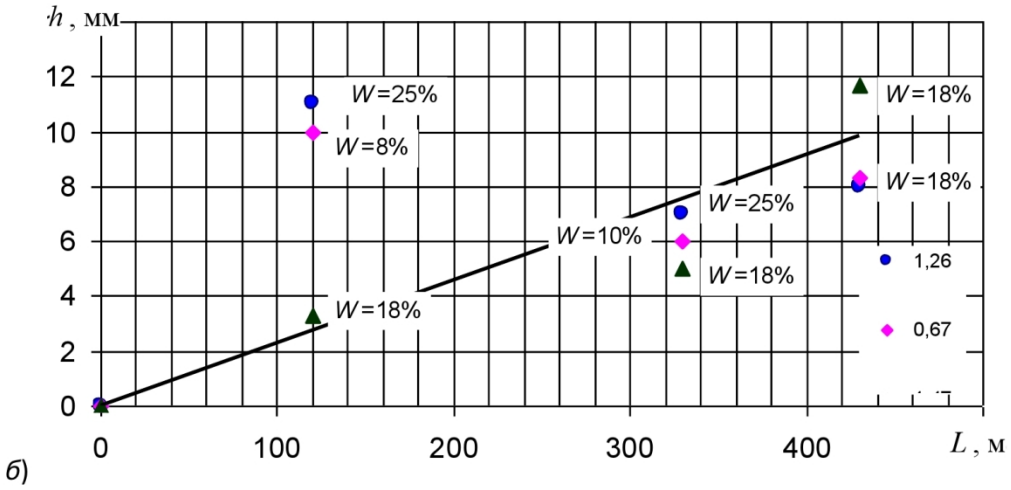
Проведенные экспериментальные исследования показали, что толщина подсыпки под крупные куски мелкой фракции груза на расстоянии до 100 м минимальна. Мелкие кусочки укладываются в один слой и не могут проявить амортизирующий эффект, а наоборот, усугубляют ситуацию. Поэтому процесс естественной сегрегации не может существенно повлиять на увеличение долговечности конвейерной ленты на начальном этапе транспортирования.

Таблица 2 Линейная зависимость толщины (мм) подсыпки от длины транспортирования (м)
Table 2 Linear dependence of the filling thickness (mm) on the length of transportation (m)

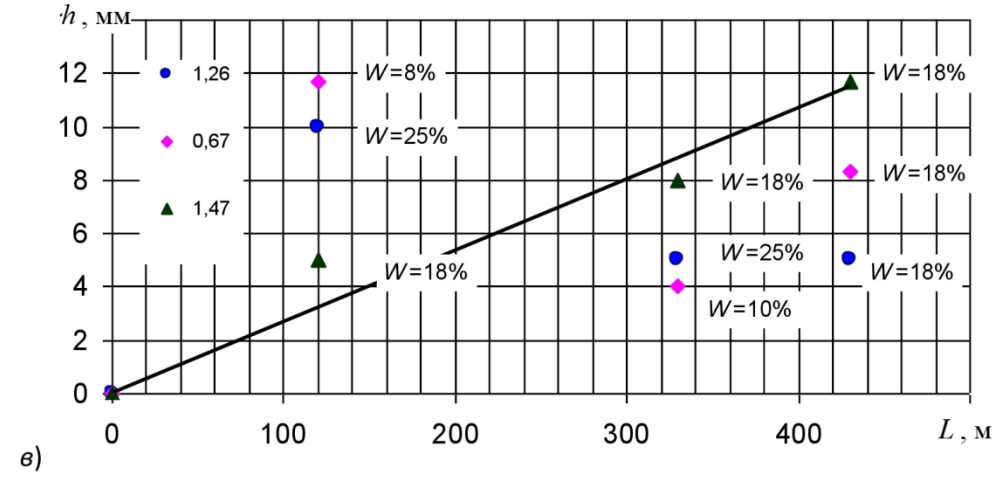
Грань крупного куска по ходу движения	Величина достоверности аппроксимации	Зависимость
первая	$R^2 = 0{,}787$	$h_п = 0{,}0274L$
середина куска	$R^2 = 0{,}858$	$h_п = 0{,}0229L$
вторая	$R^2 = 0{,}946$	$h_п = 0{,}0268L$



а)



б)



в)

Рис. 6. Толщина подсыпки под гранью по ходу движения: а – первой; б – середины; в – второй
Fig. 6. Thickness of the filling under the side in the direction of travel: a – the first; b– the middle; v – the second

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Захаров, А.Ю. Обоснование рациональных параметров магнитного устройства, поддерживающего конвейерную ленту в пункте загрузки горной массой: дис. … канд. техн. наук. − М., 1983. − 189 с.

Новиков, Е.Е. Исследование загрузочно-перегрузочных узлов ленточных конвейеров / Е.Е. Новиков, Ю.С. Овсянников, В.Я. Коваленко. − В кн.: Механика горнотранспортных машин. − Киев, 1979. − С. 104−111.

Полунин, В.Т. Исследование удельного износа рабочих обкладок конвейерных лент на роликоопорах и в месте загрузки / В.Т. Полунин, Г.Н., Гуленко, В.И. Фролов. // Изв. вузов. Горный журнал. − 1974. − № 5. − С. 100−103.

Износ конвейерной ленты на разгрузочном барабане и погрузочном пункте / В.И. Проскурин, Е.Х. Завгородний, И.Я. Попов, Г.А. Склярова // Изв. вузов. Горный журнал. − 1982. − № 5. − С. 63−68.

Исследование процесса загрузки латеритовой руды на ленточные конвейеры рудоперерабатывающего завода им. Че Гевары (Республика Куба) / К.А. Васильев, А.К. Николаев, Роберто Сьерра, Мануэль Суарес. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). − 2008. − № 3. − С. 337−339.

Проблемы эксплуатации конвейерного транспорта на рудоперерабатывающих заводах Республики Куба / К.А. Васильев, А.К. Николаев, Роберто Сьерра, Мануэль Суарес. // Горное оборудование и электромеханика. − 2008. − № 1. − С. 16−19.

Тарасов, Ю.Д. Совершенствование конвейеров и элеваторов для кусовых и сыпучих грузов // Горные машины и автоматика. − 2004. − № 8. − С. 28−32.

Дмитриев, В.Г. Исследование динамических нагрузок в роликоопорах загрузочных и линейных секций ленточных конвейеров при транспортировании крупных кусков / В.Г. Дмитриев, В.И. Галкин // Изв. вузов. Горный журнал. − 1975. − № 1. − С. 108−112.

Дмитриев, В.Г. Определение контактных динамических нагрузок, действующих на ленту при погрузке крупнокусковых грузов // Изв. вузов. Горный журнал. − 1971. − № 10. − С. 104−109.

Григорьев, Ю.И. Причины износа конвейерных лент на подземных ленточных конвейерах и пути его уменьшения. − Сб.: Транспорт шахт и карьеров. – М.: Недра, 1971. – Вып. 1. − С. 48−52.

Современная теория ленточных конвейеров горных предприятий / В.И. Галкин [и др.]. – М.: МГГУ, 2005. – 543 с.

Захаров, А.Ю. Вибрация ленты и рабочие процессы конвейера / А.Ю. Захаров, Н.В. Ерофеева // Вестник Кузбасского государственного технического университета. − 2016.

Монастырский, В.Ф. О силе динамического воздействия потока крупнокускового груза с роликоопорами ленточного конвейера / В.Ф. Монастырский, Г.К. Демин. − В кн.: Динамика и прочность горных машин. − Киев, 1975. − Вып. 3. − С.112−118.

Монастырский, В.Ф. Результаты экспериментальных исследований потока насыпного груза / В.Ф. Монастырский, О.В. Кочнева // Вестник ЯГУ. − 2006. − Т.3. − № 3. − С. 47−51.

Егошин, В.В. Гранулометрический состав разрушенного угольного массива при проведении конвейерного штрека / В. В. Егошин, А.В. Адамков // Вестник Кузбасского государственного технического университета. − 2002. − № 4. − С. 17−18.

Галкин, В.И. Методы расчета и оценка показателей надежности ленточных конвейеров горных предприятий: автореф. дис. … д-ра техн. наук. − М., 2000. − 40 с.

Теория ленточных конвейеров для крупнокусковых горных пород / Новиков Е.Е., Смирнов В.К. − Киев: Наук. думка, 1983. – 184 с.

Транспорт на горных предприятиях. Б.А. Кузнецов [и др.]. Изд. 2–е, перераб. и доп. − М.: «Недра». − 1976. – 552 с.

Шахмейстер, Л.Г., Солод Г.И. Подземные конвейерные установки. Под ред. чл.- кор. АН СССР А.О. Спиваковского. − М.: «Недра». − 1976. – 432 с.

Захаров, А.Ю. Исследование естественной сегрегации насыпного груза на ленточном конвейере / А.Ю. Захаров, Н.В. Ерофеева // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири: тех. докл. IX междунар. науч.-практ. конф. – Кемерово. 2012. – С. 124–126.

Natalya V. Erofeeva[1], C. Sc. in Engineering, **Igor A. Bondarenko**[2], Coalman,
[1]T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28 street Vesennyaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation
[2] «Mine «Butovskaya», 1 street Gorodetskaya, Kemerovo, 650902, Russian Federation

EXPERIMENTAL STUDY OF NATURAL SEGREGATION OF BULK CARGO ON A BELT CONVEYOR

Abstract: The urgency of the discussed issue: *Dynamic loads occur when lump coal passes the linear sections rollers of the belt conveyor and have a destructive effect on the belt, leading to its failure.*

The main aim of the study: *To justify the possibility of reducing the dynamic loads on the belt when transporting coarse coal due to natural segregation.*

The methods used in the study: *The experimental study of the process of bulk cargo segregation on the conveyor belt was carried out in production conditions.*

The results: *Low impact of natural segregation on increasing the conveyor belts service life is revealed.*

Keywords: *dynamic load, belt conveyor, roller carriage, segregation, bulk, coarse coal*

Article info: *received December 01, 2018*
DOI: 10.26730/1816-4528-2018-6-20-25

REFERENCES

1. Zaharov, A.Yu. Obosnovanie racional'nyh parametrov magnitnogo ustrojstva, podderzhivayushchego konvejernuyu lentu v punkte zagruzki gornoj massoj: dis. … kand. tekhn. nauk. − M., 1983. − 189 s.

2. Novikov, E.E. Issledovanie zagruzochno-peregruzochnyh uzlov lentochnyh konvejerov / E.E. Novikov, YU.S. Ovsyannikov, V.Ya. Kovalenko. − V kn.: Mekhanika gor-notransportnyh mashin. − Kiev, 1979. − S. 104−111.

3. Polunin, V.T. Issledovanie udel'nogo iznosa rabochih obkladok konvejernyh lent na rolikooporah i v meste zagruzki / V.T. Polunin, G.N., Gulenko, V.I. Frolov. // Izv. vuzov. Gornyj zhurnal. − 1974. − № 5. − C. 100−103.

4. Iznos konvejernoj lenty na razgruzochnom barabane i pogruzochnom punkte / V.I. Proskurin, E.H. Zavgorodnij, I.Ya. Popov, G.A. Sklyarova // Izv. vuzov. Gornyj zhurnal. − 1982. − № 5. − S. 63−68.

5. Issledovanie processa zagruzki lateritovoj rudy na lentochnye konvejery rudopererabatyvayushchego zavoda im. Che Gevary (Respublika Kuba) / K.A. Vasil'ev, A.K. Nikolaev, Roberto S'erra, Manuehl' Suares. // Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten' (nauchno-tekhnicheskij zhurnal). − 2008. − № 3 . − S. 337−339.

6. Problemy ehkspluatacii konvejernogo transporta na rudopererabatyvayushchih zavodah Respubliki Kuba / K.A. Vasil'ev, A.K. Nikolaev, Roberto S'erra, Manuehl' Suares. // Gornoe oborudovanie i ehlektromekhanika. − 2008. − № 1. − S. 16−19.

7. Tarasov, Yu.D. Sovershenstvovanie konvejerov i ehlevatorov dlya kusovyh i sypuchih gruzov // Gornye mashiny i avtomatika. − 2004. − № 8. − S. 28−32.

8. Dmitriev, V.G. Issledovanie dinamicheskih nagruzok v rolikooporah za-gruzochnyh i linejnyh sekcij lentochnyh konvejerov pri transportirovanii krupnyh kuskov / V.G. Dmitriev, V.I. Galkin // Izv. vuzov. Gornyj zhurnal. − 1975. − № 1. − C. 108−112.

9. Dmitriev, V.G. Opredelenie kontaktnyh dinamicheskih nagruzok, dejstvuyushchih na lentu pri pogruzke krupnokuskovyh gruzov // Izv. vuzov. Gornyj zhurnal. − 1971. − № 10. − S. 104−109.

10. Grigor'ev, Yu.I. Prichiny iznosa konvejernyh lent na podzemnyh lentochnyh konvejerah i puti ego umen'sheniya. − Sb.: Transport shaht i kar'erov.– M.: Nedra, 1971. – Vyp. 1. − S. 48−52.

11. Sovremennaya teoriya lentochnyh konvejerov gornyh predpriyatij / V.I. Galkin [i dr.]. – M.: MGGU, 2005. – 543 s.

12. Zaharov, A.Yu. Vibraciya lenty i rabochie processy konvejera / A.Yu. Zaharov, N.V. Erofeeva // Vestnik KuzGTU. −2016. − № . − S.

13. Monastyrskij, V.F. O sile dinamicheskogo vozdejstviya potoka krupno-kuskovogo gruza s rolikooporami lentochnogo konvejera / V.F. Monastyrskij, G.K. Demin. − V kn.: Dinamika i prochnost' gornyh mashin. − Kiev, 1975. − Vyp. 3. − S.112−118.

14. Monastyrskij, V.F. Rezul'taty ehksperimental'nyh issledovanij potoka nasypnogo gruza / V.F. Monastyrskij, O.V. Kochneva // Vestnik YAGU. − 2006. − T.3. − № 3. − S. 47−51.

15. Egoshin, V.V. Granulometricheskij sostav razrushennogo ugol'nogo massiva pri provedenii konvejernogo shtreka / V.V. Egoshin, A.V. Adamkov // Vestnik KuzGTU. − 2002. − № 4. − S. 17−18.

16. Galkin, V.I. Metody rascheta i ocenka pokazatelej nadezhnosti lentochnyh konvejerov gornyh predpriyatij: avtoref. dis. … d-ra tekhn. nauk. − M., 2000. − 40 s.

17. Teoriya lentochnyh konvejerov dlya krupnokuskovyh gornyh porod / Novikov E.E., Smirnov V.K. − Kiev: Nauk. dumka, 1983. – 184 s.

18. Transport na gornyh predpriyatiyah. B.A. Kuznecov [i dr.]. Izd. 2–e, pererab. i dop. − M.: «Nedra». − 1976. – 552 s.

19. Shahmejster, L.G., Solod G.I. Podzemnye konvejernye ustanovki. Pod red. chl.- kor. AN SSSR A.O. Spivakovskogo. − M.: «Nedra». − 1976. – 432 s.

20. Zaharov, A.Yu. Issledovanie estestvennoj segregacii nasypnogo gruza na lentochnom konvejere / A.Yu. Zaharov, N. V.Erofeeva // Prirodnye i intellektual'nye resursy Sibiri: tekh. dokl. IX mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – Kemerovo. 2012. – S. 124–126.

Библиографическое описание статьи

Ерофеева Н.В., Бондаренко И.А. Экспериментальное исследование естественной сегрегации насыпного груза на ленточном конвейере // Горное оборудование и электромеханика — 2018. — № 6 (140). — С. 20-25.

Reference to article

Erofeeva N.V., Bondarenko I.A. Experimental study of natural segregation of bulk cargo on a belt conveyor. Mining Equipment and Electromechanics, 2018, no. 6 (140), pp. 20-25.