

## Научная статья

УДК 622.271

DOI: 10.26730/1816-4528-2022-5-17-22

Исрафилов Рамал Габилевич<sup>1,2</sup>, Шигин Андрей Олегович<sup>1</sup><sup>1</sup>Сибирский федеральный университет<sup>2</sup>ГМК «Норильский никель» ЗФ рудник «Октябрьский»

E-mail: arian1989@yandex.ru

МОДЕРНИЗАЦИЯ УЗЛОВ КРЕПЛЕНИЯ КОВШЕЙ К ОРГАНАМ ТЯГИ  
КОВШОВЫХ ЭЛЕВАТОРОВ

## Информация о статье

Поступила:

04 апреля 2022 г.

Одобрена после

рецензирования:

01 октября 2022 г.

Принята к печати:

04 октября 2022 г.

## Ключевые слова:

модернизация, узлы крепления, ковши, органы тяги, ковшовые элеваторы, исходные требования, цепной элеватор

## Аннотация.

Проведенное исследование разных видов транспорта в горной, металлургической отраслях промышленности показало достаточно широкое применение ковшовых цепных элеваторов. Длительный промежуток времени велись научные, и промышленные исследования, направленные на расширение области их применения и увеличения производительности.

Предметом исследования является обеспечение перемещения крупнокусковых грузов при увеличенном объеме ковшей с использованием модернизированных узлов закрепления элементов конструкции к органу тяги с увеличением характеристик надежности элеватора. Цель исследования – увеличение производительности ковшовых элеваторов путем модернизации узлов прикрепления ковшей к органам тяги. Весовая нагрузка от ковшей распределяется между обеими парами шарниров. Это дает возможность изменить размеры ковшей в сторону увеличения, дать возможность транспортировать крупнокусковые грузы с помощью элеватора и повысить производственные характеристики ковшового элеватора. Выполненные исследования позволяют разработать исходные требования к проектированию оборудования данного типа.

**Для цитирования:** Исрафилов Р.Г., Шигин А.О. Модернизация узлов крепления ковшей к органам тяги ковшовых элеваторов // Горное оборудование и электромеханика. 2022. № 5 (163). С. 17-22. DOI: 10.26730/1816-4528-2022-5-17-22

Для повышения производительности элеваторов, улучшения условий их работы за последнее время создано большое количество ковшей специальных конструкций, которые нашли применение в различных отраслях промышленности, в том числе и в горной [1-3].

Эффективность работы элеваторных установок во многом зависит от типа их грузонесущих органов, условий их разгрузки и параметров элеватора [4-6].

Одним из основных направлений модернизации элеваторов является усовершенствование конструкции крепления ковшей к тяговому органу. Рассмотрим недостатки прототипов, на основе которых предлагаются следующие модернизации.

Существующие ковшовые элеваторы представляют собой замкнутое полотно с тяговым органом, огибающим приводной и натяжной барабаны (при выполнении тягового органа в виде конвейерной

ленты) или две короткозвенные цепи, огибающие приводные и натяжные звездочки и прикрепленные к полотну (или цепям), расположенные на одинаковом расстоянии друг от друга.

Основным недостатком прототипа при выполнении полотна в виде конвейерной ленты является возможность проскальзывания ленты, что может вызвать пожар и сбой в работе элеватора.

Недостатком прототипа при выполнении тягового органа в виде цепей является появление заедания последних на звездочках и их перекося, т.к. при длительной эксплуатации элеватора вытягивание (остаточная деформация) каждой из цепей и их износ и износ звездочек неравномерны.

Для ковшовых цепных элеваторов характерны увеличенные динамические нагрузки на цепи тягового органа и зубья приводных звездочек. При увеличенных размерах ковшей и соответственно увеличенного шага пластинчатых цепей при отгибании

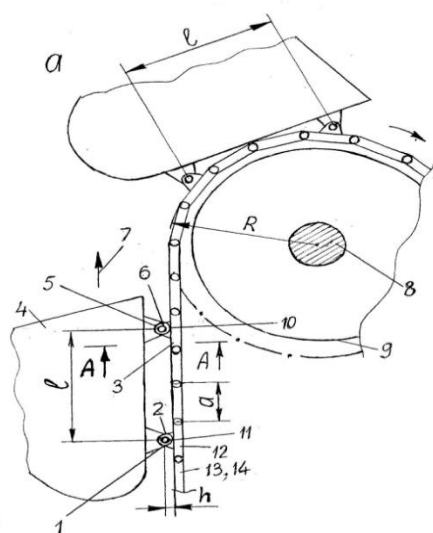


Рис. 1. Ковшовый цепной элеватор  
Fig. 1 Bucket chain elevator

ковшами приводных звездочек уменьшается срок службы цепей тягового органа и приводного блока и надежность эксплуатации элеватора при увеличенной вместимости ковшей.

Известен вертикальный ковшовый элеватор (прототип), включающий размещенный в башмаке с наклонным загрузочным патрубком натяжной барабан, огибаемый бесконечно замкнутым тяговым органом с закрепленными на нем ковшами.

Однако недостатком известного элеватора является возможность просыпания отдельных кусков в башмак и их взаимодействие с ковшами, что приводит к их интенсивному износу и разрушению. Просыпь части загружаемого в элеватор груза образуется за счет изменения во времени физико-механических свойств груза, а также различных схем подачи груза в элеватор, что приводит к изменению скорости движения груза по днищу патрубка и соответствующему изменению баллистической траектории груза, подаваемого в элеватор [7].

Известен ковшовый элеватор, содержащий не-

сущий кожух, снабженный люками с герметизированными дверцами в боковых его стенах, приводной и натяжной барабаны, замкнутую на барабанах гибкую ленту с прикрепленными к ней ковшами, предохранительное устройство из стальных канатов, соединенных с боковыми стенками ковшей.

Недостатками элеватора являются достаточно сложная конструкция ходовой части, большой расход стальных канатов из-за усталостных напряжений в них, повышенная трудоемкость работ при замене и ремонте ковшей и ленты после ее обрыва, что снижает эффективность эксплуатации элеватора [8].

Таким образом, были рассмотрены наиболее перспективные модернизации ковшей элеватора, но в каждом предложенном решении имеются свои недостатки, которые тоже нуждаются в доработке [9-12].

Исследуется ковшовый цепной элеватор с увеличенной вместимостью ковшей (рис. 1) [13]

Ковшовый цепной элеватор с увеличенной вместимостью ковшей содержит бесконечно замкнутый в вертикальной плоскости на приводных 9 и натяжных (не показаны) звездочках двухцепной тяговый орган с ковшами 4, прикрепленными с одинаковым шагом к звеньям пластинчатых цепей 13 и 14. Каждый ковш 4 увеличенной высоты прикреплен к обеим пластинчатым цепям 13 и 14 двухцепного тягового органа с помощью двух шарнирных узлов 5 и 1, оси 6 и 11 которых закреплены на ковше 4, а втулки 10 и 2 – на пластинчатых звеньях 3 и 12 цепи в средней их части. Втулки 10 и 2 с размещенными в них осями 6 и 11 расположены на расстоянии  $l$  друг от друга, соответствующем высоте ковша 4. При этом превышение  $h$  осей 6 и 11 шарниров над верхними кромками звеньев 3 и 12 цепи определяется выражением (1).

$$h = \frac{0,5l}{\left\{ \sin \left[ (n+1) \arcsin \left( \frac{0,5a}{R} \right) \right] \right\}} \quad (1)$$

$l$  – расстояние между осями 6 и 12 шарнирных узлов;

$a$  – шаг звеньев цепей 13 и 14;

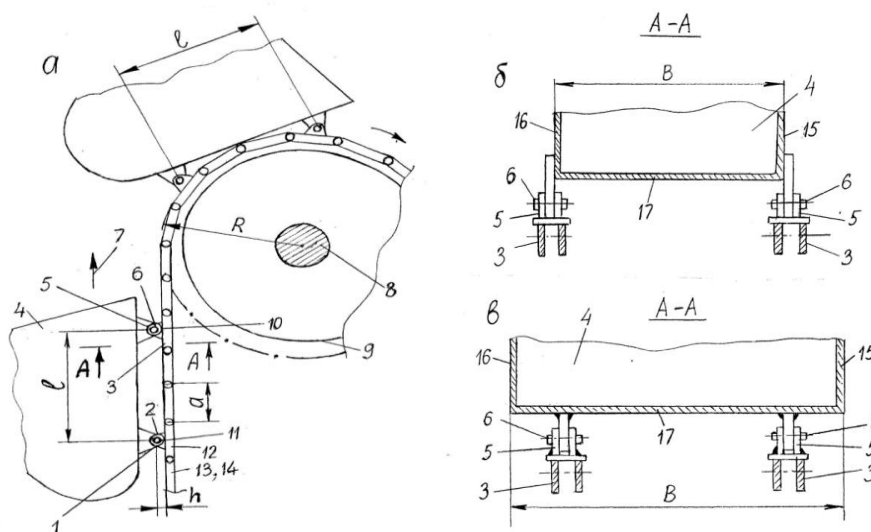


Рис. 2. Ковш увеличенной вместимости с крепежными узлами: а – ковш, А-А и Б-Б – крепежные узлы  
Fig. 2. Bucket of increased capacity with fastening units: a – bucket, A-A and B-B – fastening units

$R$  – радиус описанной окружности внешних кромок звеньев цепей 13 и 14 от оси 8 приводной звездочки 9 при ее отгибании цепным тяговым органом с ковшами 4;

$n$  – число звеньев цепи между звеньями 3 и 12 с закрепленными на них втулками 10 и 2 шарнирных узлов 5 и 1.

Оси 6 и 11 шарнирных узлов 5 и 1 могут быть закреплены на боковых стенках 15 и 16 ковша 4 или на его днище 17. При этом при закреплении осей 6 и 11 шарнирных узлов 5 и 1 на боковых стенках 15 и 16 ковша 4 возможны два варианта. По одному варианту оси шарнирных узлов могут быть закреплены с помощью кронштейнов, ориентированных в сторону цепей 13 и 14. В этом случае ковши 4 размещаются над цепями 13 и 14. По другому варианту (не показан) оси шарнирных узлов непосредственно закреплены на боковых стенках 15 и 16 и соединены со втулками 10 и 2. В этом случае ковши 4 размещены с зазорами между цепями 13 и 14 при уменьшенной ширине  $B$  ковша 4.  $7$  – направление движения грузонесущей ветви двухцепного 13, 14 тягового органа.

Элеватор действует следующим образом. При

вращении приводных звездочек 9 и движении цепей 13 и 14 с закрепленными на них ковшами 4 в направлении 7 их вес с весом размещенного в них транспортируемого груза передается на цепи 13, 14 с распределением нагрузки, приходящейся на каждую цепь, на два смещенные друг относительно друга по длине цепи звена 10 и 11. Благодаря этому вдвое уменьшается нагрузка, приходящаяся на каждый узел 5 и 1 крепления ковша 4 к цепям 13 и 14 тягового органа. За счет размещения шарнирных узлов 5 и 1 крепления ковша 4 к цепям 13 и 14 на удалении  $l$  друг от друга возможно не только увеличение высоты ковша 4 и соответствующей его вместимости, но и использование в качестве тягового органа цепей 13 и 14 с ограниченным шагом  $a$  звеньев. Это в свою очередь существенно снижает динамические нагрузки, действующие на цепи 13 и 14 и приводные 1. При этом благодаря выбору рекомендуемой величины  $h$  превышения осей 6 и 11 шарнирных узлов 5 и 1 над звеньями 3 и 12 обеспечивается необходимая компенсация уменьшения расстояния между звеньями 3 и 12 при отгибании цепями 13 и 14 приводных звездочек 9 за счет смещения осей 6 и 11 в противоположных направлениях друг относительно друга при сохранении постоянного расстояния  $l$  между ними.

Крепление осей шарнирных узлов 5 и 1 на днище 17 ковша 4 позволяет дополнительно повысить вместимость ковша 4 за счет увеличения их ширины  $B$  с возможностью размещения его боковых стенок 15 и 16 за пределами цепей 13 и 14 двухцепного тягового органа по его ширине (рис. 2).

Особенностями элеватора является исполнение крепления ковша к тяговому органу в виде шарнирных узлов, что позволяет увеличить производительность элеватора за счет увеличения вместимости ковша. Также существенно снижаются динамические нагрузки, действующие на тяговый орган, аналогичное решение используется и в ковшовых элеваторах с ленточным тяговым органом [13].

Это конструктивное решение позволяет повысить емкость ковша и дает возможность транспортировки грузов крупными кусками при увеличении производительности и надежности функционирования элеватора благодаря фиксации каждого ковша на ленте по ее длине в двух точках.

Определение геометрических размеров ковша проводит-

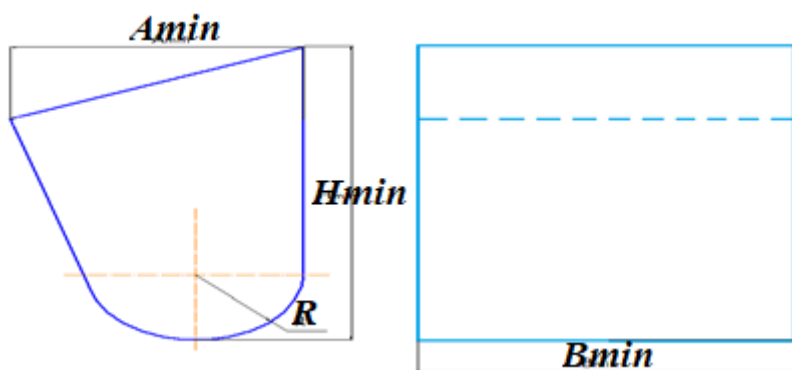


Рис. 3. Сечение ковша  
Fig. 3. Bucket section



Рис. 4. Модель специализированного ленточного элеватора для крупнокусковых грузов:

1 – съемный ковш; 2 – цепной тяговый орган; 3 – приводная звездочка;  
4 – шарнирные узлы крепления ковша к тяговому органу

Fig. 4. Model of specialized belt elevator for large-piece cargoes:

1 – Removable ladle; 2 – chain traction member; 3 – drive sprocket;  
4 – hinged units of bucket attachment to traction member

ся в соответствии с крупностью транспортируемого груза, где ширина и вылет ковша должны соответствовать следующим соотношениям (рис. 3) [6, 7]:

- ширина:

$$B_{\min} \geq k_1 \cdot a_{\max},$$

где  $k_1=6,5 \dots 8$ ,  $a_{\max}$  – кусковатость породы;

- вылет:

$$A_{\min} \geq k_2 \cdot a_{\max}.$$

где  $k_2=2 \dots 5$ ,  $a_{\max}$  – кусковатость породы.

Для определения площади сечения ковша воспользуемся программой КОМПАС – 3D (рис. 4).

Шаг расстановки ковшей на тяговом органе элеватора вычисляется по выражению:

$$a=0,8 \cdot H$$

Линейная масса груза:

$$q_l = i_0 \cdot \Psi \cdot \gamma \cdot a,$$

где  $i_0$  – вместимость ковша, л;

$\Psi$  – коэффициент заполнения ковша грузом;

$a$  – шаг расстановки ковшей на тяговом органе,

м.

Предлагаемая конструкция ковшового элеватора имеет расширенные возможности использования его по таким важным параметрам, как вместимость ковшей, производительность, крупность кусков транспортируемого груза, высота подъема, которые обеспечиваются за счет возможности значительно увеличения размеров ковшей по их высоте и ширине благодаря двухшарнирному креплению ковшей к ленточному тяговому органу.

С целью проверки теоретических положений и правильного выбора основных параметров и конструктивных элементов ковшового элеватора выполняются всесторонние экспериментальные исследования на стенде. Результаты исследования послужат основанием для рекомендаций по проектированию усовершенствованной конструкции ковшового элеватора с увеличенной вместимостью ковшей.

Таким образом, предлагаемое в настоящей работе решение позволяет распределить возникающие нагрузки на тяговый орган равномерно между всеми точками крепления, что приводит к устранению перегруженных участков тягового органа, а также увеличивает время безотказной работы. Кроме того, становится возможным изменение геометрических размеров ковша, приводящее к увеличению его вместительности и, как следствие, производительности элеватора, а также позволяет транспортировать породу с увеличенным значением кусковатости [14].

Внедрение новых конструкций ковшовых элеваторов с цепным тяговым органом на предприятиях горной, алмазной промышленности позволит существенно улучшить технико-экономические показатели работы промышленного транспорта на этих предприятиях.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Киселев Б. Р. Ленточные конвейеры обрабатывающей промышленности. 2020. 212 с. 2. Патент CN №202089535U B65G17/36. (Заявлено 01.2006, опубликовано 28.12.2011).
2. Патент с несколькими грузоносителями, установленными неподвижно по отношению к тяговому элементу B65G17/12 Тарасов Ю. Д.
3. Патент RU №166119U1 B65G17/12, B65G17/30, B65G17/36, B65G17/44. Богданов В. С., Юрьева М. В., Хахалев П. А., Горшков П. С., Бражник Ю. В. Быстросъемное надежное крепление ковша к ленте элеваторного транспортера. Бюлл. № 32. (Заявлено 01.08.2016, опубликовано 20.11.2016).
4. Рычков В. А., Зорин Ю. В. К расчету параметров ковшовых элеваторов с центральной разгрузкой ковшей // Промышленный транспорт. 1995. № 7. С. 19-20.
5. Рычков В. А. Теория процессов разгрузки ковшей тихоходных элеваторов // Исследование машин непрерывного транспорта. М. : 1988. С. 41-49.
6. Современное состояние подъемно-транспортного машиностроения / под ред. В. И. Плавинского. М. : Машгиз, 1961. 90 с.
7. Спиваковский А. О., Дьячков В. К. Транспортирующие машины: учеб. пособие для машиностроительных вузов. М. : Машиностроение, 1983. 331 с.
8. Спиваковский А. О. Транспорт в горном деле. М. : Наука, 1985. 127 с.
9. Патент RU №166119U1 B65G17/12, B65G17/30, B65G17/36, B65G17/44. Богданов В. С., Юрьева М. В., Хахалев П. А., Горшков П. С., Бражник Ю. В. Быстросъемное надежное крепление ковша к ленте элеваторного транспортера. Бюлл. № 32. (Заявлено 01.08.2016, опубликовано 20.11.2016).
10. Патент RU № 2478550 B65G17/12. Тарасов Ю. Д., Ибрафиллов Р. Г. Ковшовый ленточный элеватор с увеличенной вместимостью ковшей. Бюлл. № 10. (Заявлено 31.10.2011, опубликовано 10.04.2013).
11. Ибрафиллов Р. Г., Шигин А. О. Вестник научных конференций 2021. №10-3(74). <https://ukonf.com/doc/cn.2021.10.03.pdf> ISSN 2412-8988
12. Патент Тарасов Ю.Д. (RU) 2485040 Заявка № 2014101311 от 16.01.2014 Ковшовый цепной элеватор с увеличенной вместимостью ковшей.
13. Ибрафиллов Р. Г., Шигин А. О. «Наука и бизнес: Пути развития» научно-практический журнал. 2022. № 1(127). ISSN 2221-5182 <http://globaljournals.ru>
14. Ибрафиллов Р. Г., Шигин А. О. Научный альманах. 2021. №10-2(84). <https://ukonf.com/doc/na.2021.10.02.pdf> ISSN 2411-7609

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Об авторах:

**Исрафилов Рамал Габилевич**, аспирант, кафедра «Горные машины и комплексы», Сибирский федеральный университет (660041 г. Красноярск, пр. Свободный, 79), ПАО ГМК «Норильский никель» ЗФ рудник «Октябрьский» (Красноярский край, г. Норильск, улица Бегичева, д. 30А, кв.16), arian1989@yandex.ru

**Шигин Андрей Олегович**, профессор кафедры «Горных машин и комплексов», Институт горного дела, геологии и геотехнологий, Сибирский федеральный университет (г. Красноярск, проспект имени газеты «Красноярский рабочий», 95, корпус № 20), доктор технических наук, профессор, arian1989@yandex.ru

Заявленный вклад авторов:

Шигин А.О. – постановка исследовательской задачи; концептуализация исследования; обзор соответствующей литературы; выводы.

Исрафилов Р.Г. – научный менеджмент; обзор соответствующей литературы; концептуализация исследования; написание текста, сбор и анализ данных; выводы; написание текста.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

DOI: 10.26730/1816-4528-2022-5-17-22

**Ramal G. Israfilov<sup>1,2</sup>, Andrei O. Shigin<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Siberian Federal University

<sup>2</sup>MMC Norilsk Nickel ZF mine Oktyabrsky

\*E-mail: arian1989@yandex.ru

## MODERNIZATION OF BUCKET ATTACHMENT UNITS TO BUCKET ELEVATOR TRACTION ELEMENTS



### Article info

Received:

04 April 2022

Accepted for publication:

01 October 2022

Accepted:

04 October 2022

**Keywords:** modernization, attachment points, buckets, traction organs, bucket elevators, initial requirements, chain conveyor.

### Abstract.

A study of different types of transport in the mining and metallurgical industries showed a wide use of bucket chain elevators. For a long period, scientific, and industrial studies were conducted aimed at expanding their application and increasing productivity.

The object of the study is to ensure the movement of large-piece loads with an increased volume of buckets using modernized units for fixing structural elements to the traction member with an increase in the reliability characteristics of the elevator. The purpose of the study is to increase the productivity of bucket elevators by modernizing the units for attaching buckets to traction elements. Weight load from buckets is distributed between both pairs of hinges. This makes it possible to change the dimensions of the buckets in the upward direction, make it possible to transport large-piece weights using an elevator and increase the production characteristics of the bucket elevator. The completed studies make it possible to develop initial requirements for the design of this type of equipment.

**For citation:** Israfilov R.G., Shigin A.O. Modernization of bucket attachment units to bucket elevator traction elements. Mining Equipment and Electromechanics, 2022; 5(163):17-22 (In Russ., abstract in Eng.).

DOI: 10.26730/1816-4528-2022-5-17-22

### REFERENCES

1. Kiselev B.R. Belt conveyors of manufacturing industry 2020. 212 pages 2. CN No. 202089535U B65G17/36 patent. (Declared 01.2006, published 28.12.2011).

2. Patent with several carriers fixed relative to traction element B65G17/12 Tarasov Y.D.

3. Patent RU No. 166119U1 B65G17/12, B65G17/30, B65G17/36, B65G17/44. Bogdanov V.S., Yuryeva M.V., Khakhalev P.A., Gorshkov P.S., Brazhnik Yu.V. Quick-detachable reliable attachment of the ladle to the belt of the

elevator conveyor. Bull. № 32. (Stated 01.08.2016, published 20.11.2016).

4. Rychkov V.A., Zorin V.Yu. To calculate the parameters of bucket elevators with central unloading of buckets. *Industrial transport*. 1995; 7:19-20.

5. Rychkov V.A. Theory of the processes of unloading buckets of slow-moving elevators. Study of continuous transport machines. M.: 1988.

6. The current state of lift and transport engineering/under the editor. V.I. Plavinsky. M.: Mashgiz; 1961.

7. Spivakovsky A.O., Dyachkov V.K. Transportation machines: text. manual for engineering universities. M.: Engineering; 1983.

8. Spivakovsky A.O. Transport in mining. M.: Science; 1985.

9. Patent RU No. 166119U1 B65G17/12, B65G17/30, B65G17/36, B65G17/44. Bogdanov V.S., Yuryeva M.V., Khakhalev P.A., Gorshkov P.S., Brazhnik Yu.V. Quick-detachable reliable attachment of the ladle to the belt of the

elevator conveyor. Bull. № 32. (Stated 01.08.2016, published 20.11.2016).

10. RU patent number 2478550 B65G17/12. Tarasov Yu.D., Israfilov R.G. Bucket belt elevator with increased bucket capacity. Bull. № 10. (Stated 31.10.2011, published 10.04.2013).

11. Israfilov R.G., Shigin A.O. Bulletin of Scientific Conferences. 2021; 10-3 (74). <https://ukonf.com/doc/cn.2021.10.03.pdf> ISSN 2412-8988

12. Patent Tarasov Y.D. (RU) 2485040 Application No. 2014101311 dated 16.01.2014 Bucket chain elevator with increased bucket capacity.

13. Israfilov R.G., Shigin A.O. "Science and Business: Ways of Development" scientific and practical journal. 2022; 1(127). ISSN 2221-5182 <http://globaljournals.ru>

14. Israfilov R.G., Shigin A.O. Scientific Almanac. 2021; 10-2(84). <https://ukonf.com/doc/na.2021.10.02.pdf> ISSN 2411-7609

© 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:

**Ramal G. Israfilov**, postgraduate, Department of Mining Machines and Complexes, Siberian Federal University, (, 660041, g. Krasnoyarsk, pr. Svobodny, 79), PJSC MMC Norilsk Nickel ZF mine Oktyabrsky, (Krasnoyarsk Territory, Norilsk, Begicheva Street d. 30A, sq.16), [arian1989@yandex.ru](mailto:arian1989@yandex.ru)

**Andrei O. Shigin**, Professor, Department of Mining Machines and Complexes, Institute of Mining, Geology and Geotechnologies, Siberian Federal University (Krasnoyarsk, Prospect named after the newspaper Krasnoyarsk Worker, 95), Dr. Sc. in Engineering, Professor, [arian1989@yandex.ru](mailto:arian1989@yandex.ru)

#### Contribution of the authors:

Ramal G. Israfilov - research problem statement; conceptualisation of research; reviewing the relevant literature; drawing the conclusions.

Andrei O. Shigin - scientific management; reviewing the relevant literature; conceptualisation of research; writing the text; data collection; data analysis; drawing the conclusions.

Author have read and approved the final manuscript.

