

О БОРЬБЕ С АДГЕЗИЕЙ К ОПОРНЫМ ПОВЕРХНОСТЯМ ШАГАЮЩИХ ЭКСКАВАТОРОВ

Демченко И.И., Попов Н.А., Брагин В.И.

Сибирский федеральный университет, Красноярск

Ключевые слова: шагающий экскаватор, опорные поверхности, адгезия, налипание горной массы, полиэтиленовая пленка, методы борьбы с адгезией.

Аннотация. В данном исследовании представлен вариант предотвращения налипания и намерзания горной массы на опорные поверхности шагающих экскаваторов при помощи размещения под опорной базой и лыжами армированной полиэтиленовой пленки. Основой предложения являются исследования, проведенные в институте цветных металлов Сибирского федерального университета по определению сил прилипания и примерзания горных масс к различным материалам, которые подтвердили низкую адгезию полиэтилена. В основе предложенного устройства для уменьшения адгезии лежит, полиэтиленовая пленка. Для ее размещения, под опорными поверхностями шагающих экскаваторов в устройстве на нижнем настиле опорной рамы и лыжах сделаны прорезы, соединённые с П-образными стальными профилями, внутри которых размещаются тавровые балки, оснащенные штоком и пружиной для выталкивания их наружу. Тавровые балки в свою очередь служат опорой для стальных рамок, на которых крепится полиэтиленовая пленка, а для легкости монтажа, каждая из рамок оборудована колесами. Представлена схема для расчета основных параметров устройства. На основании ее произведен расчет основных параметров устройства исходя из габаритов опорных поверхностей рассматриваемых шагающих экскаваторов. Заключительным этапом стал расчет основных параметров элементов конструкции для ряда используемых шагающих экскаваторов и анализ полученных значения.

ON ADHESION CONTROL ON SUPPORT SURFACES OF STEP-BY-STEP EXCAVATORS USING POLYETHYLENE FILM

Demchenko I.I., Popov N.A., Bragin V.I.

Siberian Federal University, Krasnoyarsk

Keywords: walking excavator, support surfaces, adhesion, rock adhesion, polyethylene tape, methods of combating adhesion.

Abstract. This study presents a method for preventing the adhesion and freezing of rock mass on the support surfaces of excavators by placing a polyethylene film under the support base and skis. The proposal is based on research conducted at the Institute of Non-Ferrous Metals at Siberian Federal University to determine the forces of adhesion and freezing of rock mass to various materials, which confirmed the low adhesion of polyethylene. The proposed device for reducing adhesion is based on a polyethylene film. To accommodate the film, slots are made on the lower deck of the support frame and skis, which are connected to U-shaped steel profiles. Inside these profiles, there are T-shaped beams equipped with a rod and a spring that push them out. The T-shaped beams serve as supports for the steel frames that hold the polyethylene film, and each frame is equipped with wheels for easy installation. A scheme for calculating the main parameters of the device is presented. Based on this scheme, the main parameters of the device were calculated based on the dimensions of the support surfaces of the walking excavators under consideration. The final step was to calculate the main parameters of the design elements for a number of walking excavators and analyze the results.

Введение

На вскрышных работах горнодобывающих предприятий широко используются шагающие экскаваторы. Процесс передвижения шагающих экскаваторов происходит следующим образом. Под действием подъемных и тяговых гидроцилиндров опорные лыжи экскаватора выдвигаются и опускаются на подошву уступа. Затем подъемными гидроцилиндрами противоположная от стрелы сторона опорной базы поднимается и с помощью тяговых гидроцилиндров сдвигает опорную базу [1]. Сторона опорной базы со стороны стрелы находится на подошве уступа и скользит по нему. При трении скольжения возникает износ нижнего настила опорной базы, а также возникают напряжения, приводящие к образованию трещин на опорной раме. Кроме того, имеет место адгезия к нижнему настилу.

Жиронкин Э.П. и др. [2, 3] предлагают исключить трение скольжения опорной базы о грунт путем размещения по периметру эксцентрично установленных катков, что решает проблему износа настила.

Для борьбы с адгезией были проведены исследования по определению силы отрыва горной массы, взятых с вскрышных участков разрезов СУЭК-Красноярск от различных конструкционных материалов. Исследования, проведенные в институте цветных металлов Сибирского федерального университета, показали, что такой материал как полиэтилен обладает низкими адгезионными свойствами. Опыты с породой проводились при различной влажности и температуре. Эти эксперименты способствовали разработки устройства для защиты опорных поверхностей шагающих экскаваторов от налипания и намерзания горных масс [4-6]. Применение опорных катков позволяет разместить под нижним настилом опорной базы материал с низкими адгезионными свойствами.

Разработка устройства

Как было сказано ранее, для решения задачи прилипания и примерзания горных масс на опорные поверхности шагающего экскаватора предлагается использовать армированную полиэтиленовую пленку. Для этого в днище опорной базы и лыжах выполнены прорезы вдоль продольной оси экскаватора, делящие днище опорной базы на сегменты. Прорезы в свою очередь сопряжены с П-образными стальными профилями, полки которых также параллельны продольной оси экскаватора (рис. 1). Важным моментом здесь является то, что ширина прорезы должны соответствовать ширине тавровой балки, для достижения ровного стыка.

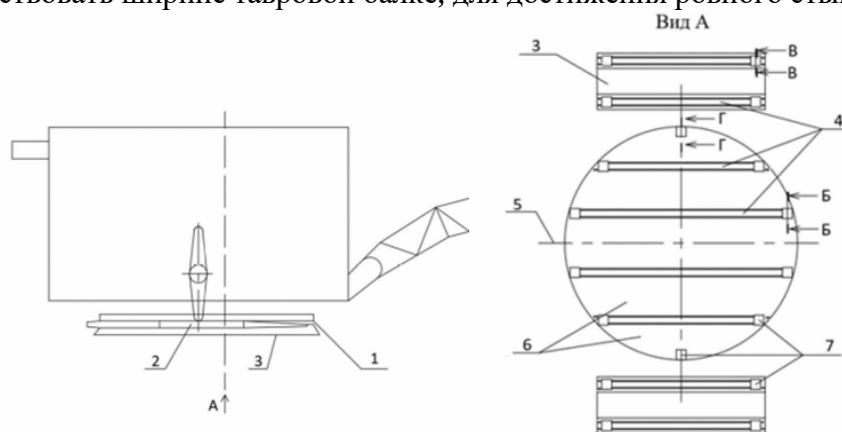


Рис. 1. Фронтальный вид экскаватора и вид А с расположением прорезей для балок на лыжах и опорной базе: 1 – опорная база экскаватора; 2 – поворотная платформа; 3 – лыжи; 4 – прорезы; 5 – продольная ось экскаватора; 6 – сегменты днища; 7 – П-образный профиль.

В П-образном профиле выполнено отверстие для прохода штока в пространство опорной базы, с одной стороны, а ответная часть штока крепится к стойке тавровой балки. На самом же штоке располагается пружина необходимая для выталкивания тавровой балки из прорези, крепеж пружины осуществлен путем упора в верхней части П-образного профиля. На полках тавровых балок и в случае с лыжами и крайними прорезями на опорной базе уголков, располагаются рамки.

Данные рамки состоят из стальных уголков меньшего размера, снабженные свободно вращающимися колесами и фиксаторами. Колеса в данном случае выступают вспомогательным элементом конструкции, способствующие облегчению монтажа рамки, а за счет фиксаторов исключается несанкционированные их выдвижения (рис. 2).

К рамкам посредством элементов крепления, например крючков, присоединен материал с низкими адгезионными свойствами, в данном случае полиэтиленовая пленка. Стоит отметить, что пленка может складываться в несколько слоев, если это необходимо и фиксироваться на рамке для достижения большей работоспособности. Сами рамки, устанавливаемые на полки тавровых балок в прорези днища опорной базы выполнены таким образом, чтобы полностью перекрывать сегменты опорной поверхности базы, а ее

периферийная сторона незначительно превышала габарит днища экскаватора. В отличие от рамок на опорной базе, рамки, расположенные на лыжах шагающего экскаватора, соответствуют ширине лыжи, что упрощает конструкцию. Установка рамок осуществляется при выдвинутых тавровых балках или уголке.

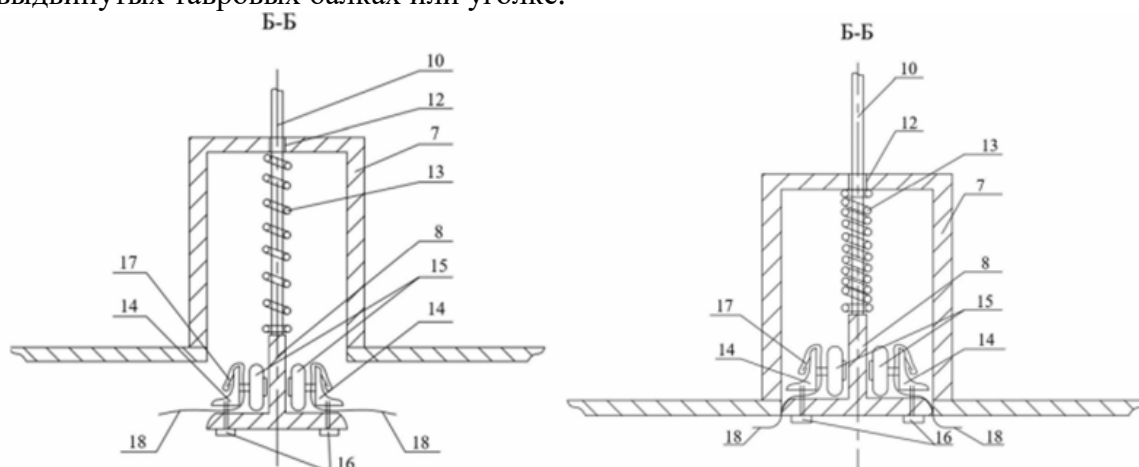


Рис. 2. Разрез Б-Б рисунка 1, при выдвинутой и задвинутой тавровой балке: 7 – П-образный профиль; 8 – тавровая балка; 10 – шток; 12 – отверстие; 13 – пружина; 14 – рамка; 15 – колесо; 16 – фиксатор; 17 – крепежный элемент; 18 – материал с низкими адгезионными свойствами.

Предлагаемое устройство для предотвращения налипания и намерзания горной массы к опорным поверхностям шагающего экскаватора работает следующим образом. Во время начала движения экскаватора его опорная база находится на подошве уступа, а лыжи находятся в поднятом положении. При этом пружина, находящаяся на штоке внутри П-образного профиля, разжимается и выталкивает тавровую балку с рамками наружу. После опускания лыж на грунт тавровая балка задвигается внутрь прорези, соответственно при поднимании опорной базы, процесс повторяется с днищем экскаватора и чередуется до окончания передвижения [7-9].

Обоснование основных параметров устройства

Выбор основных параметров устройства по предотвращению налипания и намерзания горных масс [10] представленных на рисунке 3, осуществляется с учетом габаритов опорных поверхностей (опорной базы и лыж) шагающих экскаваторов различных типоразмеров, а также ширины полиэтиленовой пленки.

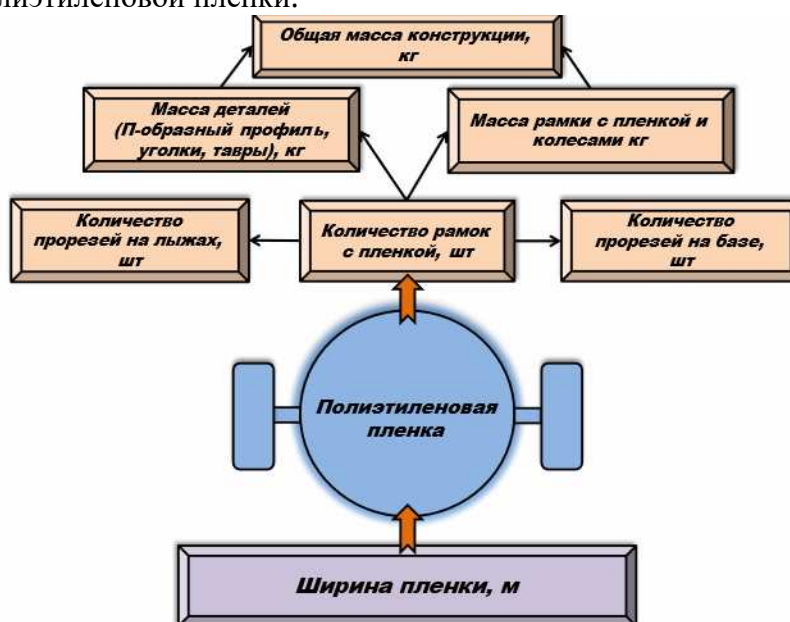


Рис. 3. Схема параметров устройства для борьбы с налипанием и намерзанием на опорные поверхности шагающих экскаваторов с применением полиэтиленовой пленки

Необходимо определить количество рамок для каждой модели экскаватора, их габариты и массу, удобные для монтажа, а также подобрать соответствующие колеса. Для монтажа рамок в свою очередь рассмотрим такие сопутствующие детали как, П-образный профиль, шток, пружина, тавр и уголок. Как сказано выше, пружина предназначена для выталкивания уголка или тавра в случае примерзания горной массы при передвижении по влажной породе и отрицательных температурах. Однако большая сила упругости в данном случае не нужна, так как, при положительных температурах выход уголка и тавра обеспечивается за счет их собственного веса. Если силы от веса уголка и тавра, а также упругости пружины недостаточно, то выход из прорези обеспечивается динамическим воздействием на шток.

Определение основных параметров устройства

При оборудовании опорных поверхностей шагающих экскаваторов первостепенное значение имеет определение габаритов и массы рамок, к которым крепится полиэтиленовая пленка, так как монтаж предполагается осуществлять вручную. Для изготовления рамок применим не равнополочный уголок с размерами 40х30 мм массой 2,26 кг на погонный метр [8]. Полиэтиленовая пленка изготавливается разной ширины, за основу принята ширина пленки 3 м. Разрешенный вес подъема груза составляет 30 кг, и, исходя из этих критериев, опорные поверхности экскаватора делим на сегменты.

На рисунке 4 представлены схемы расположения прорезей для экскаваторов ЭШ-6/45, ЭШ-10/70 и ЭШ-40/85. На примере ЭШ-40/85 предлагается деление рамок на составные части для экскаваторов с большими диаметрами опорных баз. Расстояние при этом выбиралось таким образом, чтобы соблюдать вышеназванные критерии.

Выбрав оптимальное расстояние между прорезями, определим длину уголка рамки, как длину хорды по формуле

$$L = 2R \cdot \left(\sin \frac{\alpha}{2} \right), \quad (1)$$

где R – радиус опорной базы, м; α – центральный угол, град.

Так как оба уголка рамки жестко соединены между собой стальной дугой с фронтальной стороны, то найдем их длины по формуле

$$L = \frac{\pi R \alpha}{180}. \quad (2)$$

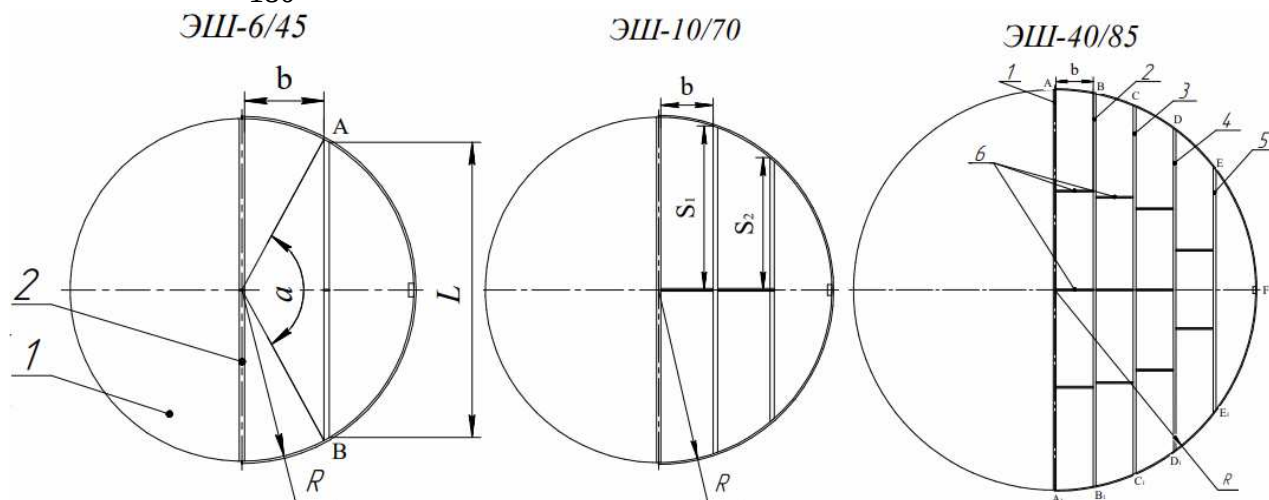


Рис. 4. Схема расположения прорезей и расположение составных частей рамок для ЭШ-6/45, ЭШ-10/70 и ЭШ-40/85; 1 – опорная база; 2 – прорезь; $R = 3,85$ для ЭШ-6/45, $R = 4,85$ для ЭШ-10/70, $R = 9$ для ЭШ-40/85, м; b – ширина рамки: $b = 1,75$ для ЭШ-6/45, $b = 1,5$ для ЭШ-10/70, $b = 1,67$ для ЭШ-40/85, м; S_1 – длина уголка рамки ближе к центру опорной базы, м; S_2 – длина меньшего уголка рамки, м; 1,2,3,4,5 – номера хорд от центра к периферии; 6 – перемычки; AFA₁, BFB₁, CFC₁, DFD₁, EFE₁ – обозначения дуг

При этом расчет дуг ведется от периферии к центру вдоль горизонтальной оси экскаватора, а для дуг кроме крайней боковой, расчет ведется по формуле 3.

$$L = 0,5 \left(\frac{\pi R \alpha}{180} - \sum L_1 \right), \quad (3)$$

где $\sum L_1$ – сумма длин предыдущих дуг, м.

Вес одной цельной (от дуги до дуги) рамки получился существенным и превышает допустимый вес ручного подъема. Поэтому на экскаваторах с большой площадью опорной базы предлагается располагать на таврах составные рамки меньшей длины, соединяя уголки рамки в центральной части экскаватора (рис. 4) фигурной пластиной (перемычкой). Полученные значения параметров представлены в таблице 1.

Табл. 1. Количественные показатели элементов конструкции с использованием полиэтиленовой пленки

Параметры	ЭШ-6/45	ЭШ-10/70	ЭШ-11/75	ЭШ-20/90	ЭШ-40/85
Количество рамок на опорной базе, шт.	8	12	12	22	34
Количество рамок на лыжах, шт.	4	4	4	6	6
Масса тавров на опорной базе, кг	113,5	227,6	254,4	466,8	733,6
Масса тавров на лыжах, кг	149,2	234,5	247,3	277,2	351,8
Масса деталей (п-образный профиль, пружина, шток) на опорной базе, кг	67,52	101,3	101,3	135,1	168,8
Масса деталей (п-образный профиль, пружина, шток) на лыжах, кг	67,52				
Масса пленки на опорной базе, кг	10	15	20	35	50
Масса пленки на лыжах, кг	10	18	20	30	52
Общий вес рамок на опорной базе, кг	144,36	254	283,2	512,12	809,4
Общий вес рамок на лыжах, кг	80,8	113,1	114,16	148,56	201,48
Общий вес конструкции, кг	642,9	1031	1108,32	1672,3	2082,8

Заключение

Для борьбы с адгезией на опорные поверхности шагающих экскаваторов предложено устройство по размещению под опорной базой и лыжами рамок с полиэтиленовой пленкой. Представлены схемы расположения рамок с антиадгезионным материалом, математическая модель расчета основных элементов конструкции. Рассчитаны количественные характеристики и установлены зависимости расхода материала для рассматриваемых моделей шагающих экскаваторов. Данное техническое предложение обладает малым весом конструкции, доступными материалами и небольшими затратами при использовании.

Список литературы

1. Суслов Н.М., Суслов Д.Н. Совершенствование шагающего ходового оборудования с гидроприводом // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2015. – №8. – С. 90-94.
2. А.с. №1081299 СССР. Шагающий экскаватор / Э.П. Жиронкин, Л.Л. Сырнева, Ю.В. Лавренко. – Заявка №3471206 от 04.06.1982; опубл. 23.03.1984, Бюл. №11.
3. Подэрни Р.Ю. Шагающие драглайны на открытых разработках. – М.: НИИИнформтяжмаш, 1980. – 70 с.
4. Дунаевская М.П. Разработка и обоснование эффективных средств защиты емкостей транспортного и перегрузочного оборудования от прилипания и примерзания горной массы: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – М., 1984. – 17 с.
5. Демченко И.И., Васильев С.Б., Косолапов А.И. Способы и средства борьбы с налипанием и намерзанием породы на карьерных автосамосвалах: монография – М.: ИПК Сиб. федер. ун-та, 2008. – 164 с.
6. Лагунова Ю.А., Комиссаров А.П., Шестаков В.С. Проектирование карьерных экскаваторов. – М.: Инновационное машиностроение, 2017. – 228 с.
7. А.с. №1407874 СССР. Способ предотвращения налипания и намерзания горной массы на ленту конвейера и устройство для его осуществления / В.И. Мочалов, С.А. Гончаров, А.Ф. Алексеев, Л.Д. Гольдис, А.М. Смородов, А.В. Сытник, Г.А. Янченко, Т.И. Янченко. – Заявка № 3986504 от 10.12.1985; опубл. 07.07.1988, Бюл. №25.

8. Патент 2828513 РФ. Устройство для предотвращения налипания и намерзания горной массы к днищу опорной базы и лыжам шагающего экскаватора / И.И. Демченко, Д.Ю. Крицкий, А.И. Демченко, Н.А. Попов. – Заявка №2024105439 от 04.03.2024; опубл. 14.10.2024, Бюл. №29.
9. Киргизов Р.С., Минеев Д.А. Обзор полимерных покрытий для снижения адгезии грунтов к рабочим органам машин // Аспирант. – 2015. – №9. – С. 36-39.
10. Суслов Н.М. Эксплуатационные характеристики существующих шагающих механизмов одноковшовых экскаваторов // Горное оборудование и электромеханика. – 2013. – №8. – С. 11-14.

References

1. Suslov N.M., Suslov D.N. Improvement of Stepping Walking Equipment with a Hydraulic Drive // News of higher educational institutions. Mining Journal. 2015, no. 8, pp. 90-94.
2. A.c. No. 1081299 USSR. Stepping Excavator / E.P. Zhironkin, L.L. Syrneva, Yu.V. Lavrenko. – Appl. No. 3471206 from 04.06.1982; publ. on 23.03.1984, Bul. No. 11.
3. Poderny R.Yu. Walking Draglines in Open-Pit Mining. – M.: NIInform Tyazhmash, 1980. – 70 p.
4. Dunaevskaya M.P. Development and Justification of Effective Means of Protecting the Capacities of Transport and Handling Equipment from Adhering and Freezing of Rock Mass: Abstract of the diss. ... cand. of tech. sc. – M., 1984. – 17 p.
5. Demchenko I.I., Vasilyev S.B., Kosolapov A.I. Methods and means of combating the adhesion and freezing of rock on quarry dump trucks: monograph – M.: IPK Sib. feder. un-ty, 2008. – 164 p.
6. Lagunova Yu.A., Komissarov A.P., Shestakov V.S. Design of Quarry Excavators. – M.: Innovative Mechanical Engineering, 2017. – 228 p.
7. A.c. No. 1407874 USSR. The method of preventing the adhesion and freezing of rock mass on the conveyor belt and the device for its implementation / V.I. Mochalov, S.A. Goncharov, A.F. Alekseev, L.D. Goldis, A.M. Smorodov, A.V. Sytnik, G.A. Yanchenko, T.I. Yanchenko. – Appl. No. 3986504 from 10.12.1985; publ. on 07.07.1988, Bul. No. 25.
8. Patent No. 2828513 RU. Device for preventing the adhesion and freezing of rock mass to the bottom of the support base and skis of a walking excavator / I.I. Demchenko, D.Yu. Kritsky, A.I. Demchenko, N.A. Popov. – Appl. No. 2024105439 from 04.03.2024; publ. on 14.10.2024, Bul. No. 29.
9. Kirgizov R.S., Mineev D.A. Review of polymer coatings to reduce soil adhesion to the working bodies of machines // Postgraduate Student. 2015, no. 9, pp. 36-39.
10. Suslov N.M. Operational characteristics of existing walking mechanisms of single-bucket excavators // Mining equipment and electromechanics. 2013, no. 8, pp. 11-14.

Сведения об авторах:

Information about authors:

Демченко Игорь Иванович – доктор технических наук, профессор кафедры горных машин и комплексов	Demchenko Igor Ivanovich – doctor of technical sciences, professor at the Department of mining machines and complexes
Попов Никита Анатольевич – аспирант	Popov Nikita Anatolyevich – postgraduate student
Брагин Виктор Игоревич – доктор технических наук, профессор кафедры обогащения полезных ископаемых	Bragin Viktor Igorevich – doctor of technical sciences, professor of the Department of mineral processing
marovina@mail.ru	

Получена 11.02.2026