

ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛА СТРУННЫХ СИТ НА ПРОЦЕСС ГРОХОЧЕНИЯ

Бардовский А.Д., д.т.н., профессор кафедры «Инжиниринг технологического оборудования»
Герасимова А.А., к.т.н., доцент, ученый секретарь кафедры «Инжиниринг технологического
оборудования» (allockha@rambler.ru)

Керопян А.М., д.т.н., профессор кафедры «Инжиниринг технологического оборудования»
Бибииков П.Я., к.т.н., доцент кафедры «Инжиниринг технологического оборудования»

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»
(119049, Россия, Москва, Ленинский пр., 4)

Аннотация. В работе приведены результаты исследований по влиянию механических характеристик материала струнных сит на технологические показатели грохочения. Представлена математическая модель колебательного процесса струнных сит в зависимости от длины их свободных участков, величины технологической нагрузки и характеристик просеиваемого материала. Получены зависимости амплитуд относительных колебаний резиновых и тросовых струн от длины их свободных участков при различных значениях технологической нагрузки. В результате исследований установлено, что величина амплитуд относительных колебаний резиновых струн под нагрузкой с увеличением длины их свободных участков уменьшается, а стальных тросовых возрастает, достигая максимума при определенных значениях технологической нагрузки. Также установлено, что наличие нагрузки резко снижает величину амплитуд относительных колебаний резиновых струн, особенно в зоне безразмерных частот порядка 0,6 – 1,4, в то время как амплитуды колебаний тросовых струн в этом диапазоне частот изменяются незначительно. Приведены сведения о резинотросовых струнных просеивающих поверхностях ячеистого типа, т. е. струнах в виде стальных тросиков, гуммированных резиновой оболочкой, имеющей боковые разделительные выступы. Использование резинотросовых струн в качестве рабочих элементов просеивающей поверхности позволяет увеличить «живое сечение» сита за счет увеличения расстояния между опорами при сохранении высоких и устойчивых по величине амплитуд колебаний струн. Оптимизация механических характеристик материала рабочих элементов струнных сит и условий их закрепления позволяет интенсифицировать разделение грохотимого материала на фракции за счет устранения залипания просеивающей поверхности глинистыми включениями и забивания «трудными» зернами материала, а также существенно улучшить технико-экономические показатели процесса грохочения. Такие просеивающие поверхности прошли успешные промышленные испытания на ряде карьеров по производству нерудных строительных материалов при разделении щебня и гравия. Показана экономическая эффективность резинотросовых струнных сит по сравнению с проволочными ситами в технологических схемах переработки минерального сырья.

Ключевые слова: эластичная струна, механические характеристики материала струн, металлические тросики, усилие предварительного натяжения струны, относительная амплитуда колебаний струны, частота колебаний короба грохота, длина свободных участков струн, резинотросовая струнная просеивающая поверхность.

DOI: 10.17073/0368-0797-2018-9-678-682

ВВЕДЕНИЕ

Классификация трудноразделимого сырья на фракции успешно осуществляется на грохотах, оборудованных эластичными ситами, на которых обеспечивается относительная подвижность рабочих элементов, образующих просеивающие ячейки. К ним относятся: ленточно-струнные сита, выполненные в виде натянутых на раме грохота поперек движения грохотимого материала резиновых лент, и резинотросовые сита, выполненные из металлических тросиков, завулканизированных в резиновую оболочку с возможностью образования просеивающей поверхности ячеистого или струнного типа [1 – 11].

Цель работы – изучение характера колебательного процесса струнных сит с различными механическими и геометрическими характеристиками рабочих элемен-

тов при изменяющейся по величине технологической нагрузке.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведем сравнительную характеристику колебательного процесса резиновых и тросовых струн под нагрузкой. Эластичная струна может быть рассмотрена как гибкая, предварительно натянутая с усилием T_0 растяжимая нить, концы которой жестко закреплены на раме сита и движутся в вязкой среде по заданному закону, определяемому движением короба грохота (рис. 1).

С рамой сита связана подвижная система координат uoz ; $u'o'z'$ – неподвижная система координат. Рассматривая произвольный элемент dz струны и составляя уравнение равновесия элемента в проекциях сил на ось ou (с учетом вязкого сопротивления s , пропорциональ-

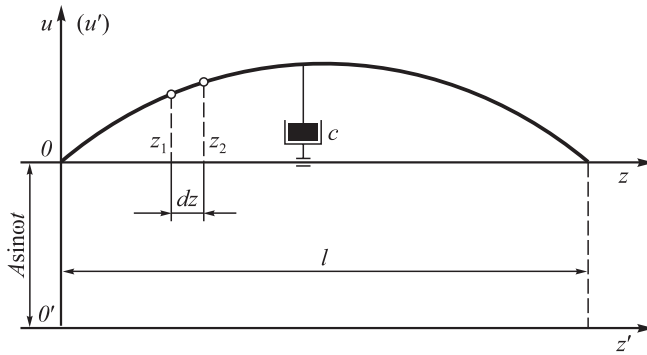


Рис. 1. Расчетная схема эластичной струны

Fig. 1. Calculation diagram of elastic strip

ного относительной скорости струны $\partial u / \partial t$), можно записать [12, 13]

$$m \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - T \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + c \frac{\partial u}{\partial t} = m A \omega^2 \sin \omega t, \quad (1)$$

где u – величина относительной амплитуды колебаний произвольного сечения струны, мм; A – амплитуда колебаний короба грохота, м; ω – частота колебаний короба грохота, с^{-1} ; m – масса единицы струны с грузом; c – коэффициент вязкого сопротивления, $\text{кг}/(\text{м}/\text{с})$; z – текущая координата длины струны; $A \sin \omega t$ – закон движения подвижной системы координат uoz (рамы сита) относительно неподвижной системы координат $u'o'z'$; $\frac{\partial^2 u}{\partial t^2}$ – относительное ускорение элемента dz струны по отношению к подвижной системы координат uoz . Силой тяжести струны, ввиду ее малости по сравнению с натяжением струны, пренебрегаем.

В уравнении (1) под величиной T подразумевается нелинейная восстанавливающая сила, равная сумме начального T_0 и дополнительного ΔT натяжения струны, возникающего вследствие изменения первоначальной (предварительно натянутой) длины струны в процессе колебаний [14, 15].

Считаем, что при колебаниях струны материал ее подчиняется закону Гука, тогда

$$\Delta T = \frac{EF}{2l} \int_0^l \left(\frac{du}{dz} \right)^2 dz, \quad (2)$$

где m – погонная масса струны, $\text{кг}/\text{м}$; l – длина свободного участка струны, м; E – модуль упругости струны, $\text{Н}/\text{м}^2$; F – площадь поперечного сечения струны, м^2 .

Функция прогиба струны $u = u(z, t)$ должна удовлетворять следующим граничным условиям:

$$\begin{cases} u(0, t) = 0 \\ u(l, t) = 0. \end{cases} \quad (3)$$

Найти точное аналитическое решение задачи (1), (2) и (3) ввиду ее сложности не представляется возможным.

Поэтому для нахождения оценки напряженно-деформированного состояния тросовой струны используется приближенное решение, отвечающее установившемуся процессу колебаний.

В результате решения задачи с привлечением математического аппарата теории нелинейных колебаний получено трансцендентное уравнение

$$U_0^6 + \frac{2(\gamma^2 - 1)}{0,75\mu\gamma^2} U_0^4 + \frac{(\gamma^2 - 1)^2 + \theta^2}{(0,75\mu\gamma^2)^2} U_0^2 - \frac{A^2}{(0,75\mu\gamma^2)^2} = 0, \quad (4)$$

где U_0 – амплитуда относительных колебаний середины струны (при $z = 0,5l$), мм; $\gamma = \frac{P}{\omega}$ – безразмерная собственная частота колебаний струны; $\theta = \frac{c}{m\omega}$ – безразмерный коэффициент вязкого сопротивления;

$$\mu = \left(\frac{\pi}{l} \right)^4 \frac{EF}{4\gamma^2 \omega^2 m}, \text{ м}^{-2}.$$

Для определения коэффициента θ при различных значениях технологической нагрузки, механических характеристик материала и длины свободных участков струн разработана физическая модель грохота. Короб грохота представляет собой емкость, дном которой являются выбранные для исследований различные типы струн: резиновые и тросовые. Емкость со щебнем устанавливалась на вибростенд и производились замеры амплитуд колебаний указанных струн [16, 17]. В серии проведенных опытов варьировались следующие параметры: амплитуда A и частота ω колебаний грохота; длина свободного участка струны l и высота слоя щебня H . Значения θ определялись для резонансного режима колебаний струн ($\gamma = 1$), как наиболее благоприятного для процесса грохочения на струнных ситах:

$$\theta = \sqrt{\left(\frac{A}{U_{0, \text{эксп}}} \right)^2 - \frac{9}{256} \left(\frac{\pi}{l} \right)^8 \frac{E^2 F^2}{m^2 \omega^2} U_{0, \text{эксп}}^4}, \quad (5)$$

где $U_{0, \text{эксп}}$ – установленные экспериментально значения амплитуд относительных колебаний струн.

Нахождение изолированного корня U_0 уравнения (4) осуществлялось при различных сочетаниях параметров γ , m , E , F , l и θ для типовых значений динамических параметров инерционных грохотов: $A = 3,7 \cdot 10^{-3}$ м, $\omega = 100 \text{ с}^{-1}$.

Полученные зависимости амплитуд относительных колебаний резиновых и тросовых струн от длины их свободных участков l при значениях технологической нагрузки, соответствующей высоте слоя щебня на сите $H = 100$ мм, представлены на рис. 2.

В результате исследований установлено, что величина амплитуд относительных колебаний резиновых струн под нагрузкой с увеличением длины их свободных участков уменьшается, а тросовых – возрастает, достигая максимума при определенных, характерных для принятых высот щебня H значениях длины.

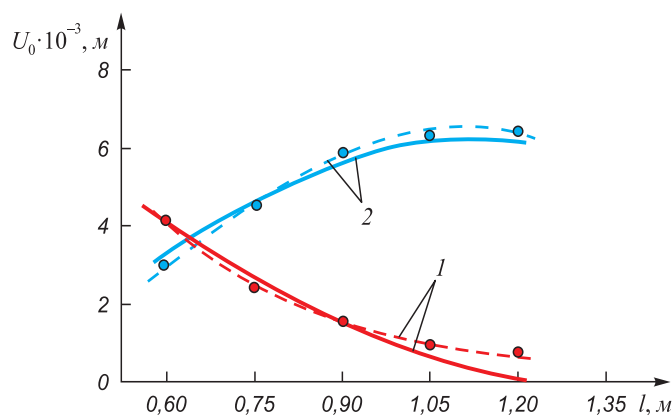


Рис. 2. Зависимости максимальных значений амплитуд относительных колебаний струн U_0 от длины их свободных участков l :
1 – резиновая струна; 2 – тросовая струна

Fig. 2. Dependencies of the maximum amplitudes values of relative vibrations of the strips U_0 on the length of their free areas l :
1 – rubber strip; 2 – cable string

Установлено также, что наличие нагрузки резко снижает величину амплитуд относительных колебаний резиновых струн, особенно в зоне безразмерных частот порядка 0,6 – 1,4g, в то время как амплитуды колебаний тросовых струн в этом диапазоне частот изменяются незначительно.

Таким образом, использование тросовых струн в качестве рабочих элементов просеивающей поверхности позволяет увеличить «живое сечение» сита за счет увеличения расстояния между опорами при сохранении высоких и устойчивых по величине амплитуд колебаний струн. Однако эффективность грохочения на таких ситах крайне низкая из-за невозможности формообразования просеивающих отверстий требуемых размеров.

На основании изложенного, с учетом особенностей технологического процесса разделения различных

фракций минерального сырья, были созданы струнные просеивающие поверхности ячеистого типа, в качестве рабочих элементов которых используются тросовые струны с покрытием, т. е. струны, завулканизированные в резиновую оболочку, имеющую боковые разделительные выступы (рис. 3). Армирующие тросики воспринимают технологическую нагрузку и обеспечивают требуемое натяжение струны, ее жесткость и прочность. Резиновое покрытие обеспечивает формообразование просеивающей поверхности и защиту тросиков от абразивного износа. Набор таких струн, установленных перпендикулярно движению материала по всей поверхности грохочения, получил название резинотросовой струнной просеивающей поверхности [18 – 20].

Такие просеивающие поверхности прошли успешные промышленные испытания на ряде карьеров по производству нерудных строительных материалов при разделении щебня и гравия. Экономическая эффективность резинотросовых струнных сит по сравнению с проволочными в технологических схемах переработки минерального сырья обусловлена следующими факторами.

- Увеличением эффективности грохочения:
 - на 5 – 7 % при повышенных удельных нагрузках на сито;
 - на 20 – 30 % в весенне-осенние периоды при сухой классификации за счет устранения залипания просеивающей поверхности глинистыми включениями и забивания «трудными» зернами материала, а также сокращения простоя технологического оборудования из-за остановки грохотов для очистки сит.
- Увеличением в 4 – 8 раз срока службы.

Выводы

Величина амплитуд относительных колебаний резиновых струн под нагрузкой с увеличением длины их свободных участков уменьшается, а тросовых – возрастает.

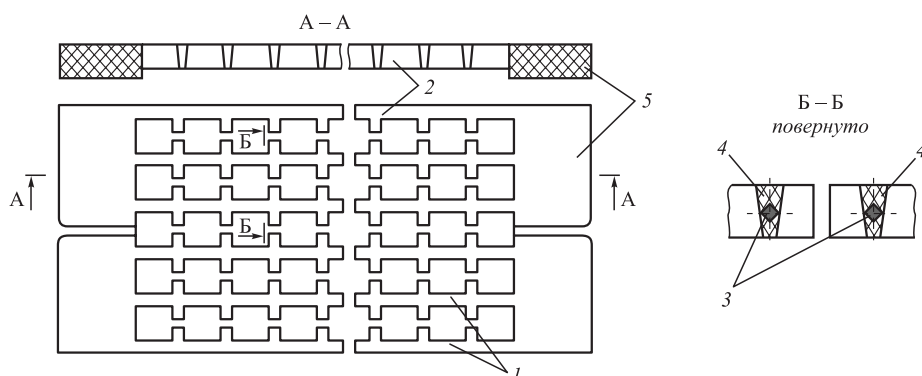


Рис. 3. Резинотросовая струнная просеивающая поверхность:
1 – струны; 2 – перемычки; 3 – тросики; 4 – резиновая футеровка; 5 – бортовое крепление

Fig. 3. Rubber-cable strip screening surface
1 – strips; 2 – crossers; 3 – cables; 4 – rubber lining; 5 – side mount

тает, достигая максимума при определенных, характерных для принятых высот щебня значениях длины.

Использование резинотросовых струн в качестве рабочих элементов просеивающей поверхности позволяет увеличить «живое сечение» сита за счет увеличения расстояния между опорами при сохранении высоких и устойчивых по величине амплитуд колебаний струн.

Оптимизация механических характеристик материала рабочих элементов струнных сит и условий их закрепления позволяет интенсифицировать разделение грохотимого материала на фракции за счет устранения залипания просеивающей поверхности глинистыми включениями и забивания «трудными» зернами материала и улучшить технико-экономические показатели процесса грохочения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вайсберг Л.А., Картавый А.Н., Коровников А.Н. Просеивающие поверхности грохотов. Конструкции, материалы, опыт применения / Под ред. Л.А. Вайсберга. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2005. – 252 с.
2. Трубецкой К.Н., Шапарь А.Г. Малоотходные и ресурсосберегающие технологии при открытой разработке месторождений. – М.: Недра, 1993. – 272 с.
3. Бибилов П.Я., Бардовский А.Д., Митусов П.Е., Калакуцкий А.В. Разработка конструкции измельчителя-классификатора для переработки слабых горных пород // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015. № 3. С. 233 – 237.
4. Бибилов П.Я., Бардовский А.Д., Митусов П.Е., Харитонов А.О. Агрегат для переработки слабых горных пород // Горное оборудование и электротехника. 2014. № 4. С. 24 – 28.
5. Ильин С. А., Коваленко В. С., Пастихин Д. В. Повышение экономической эффективности открытых горных работ // Горный журнал. 2012. № 6. С. 56 – 65.
6. Yanik K. Bucks for belts // Pit & Quarry. 2016. Vol. 108. No. 12. P. 16 – 18.
7. Буткевич Г.Р. Проблемы разработки обводненных месторождений нерудного сырья // Горный журнал. 2004. № 5. С. 27 – 31.
8. Шлаин И.Б. Разработка месторождений нерудного сырья. – М.: Недра, 1985. – 345 с.
9. Wasson C. Moving Mountains // Pit & Quarry. 2015. Vol. 107. No. 9. P. 56 – 59.
10. Sorensen L. Vulcan Materials Co. upgrades the Bucyrus-Erie King Midas dragline – a 25-year-old marvel // Pit & Quarry. 2014. Vol. 107. No. 1. P. 34 – 41.
11. Буткевич Г.Р. Опыт применения поточной технологии горных работ на карьерах по добыче нерудного сырья в 1950–1990-х годах: взгляд на перспективу // Горный журнал. 2017. № 2. С. 98 – 102.
12. Стокер Дж. Нелинейные колебания в механических и электрических системах. – М.: ИЛ, 1952. – 264 с.
13. Керопян А.М., Герасимова А.А. Связь температуры в зоне контакта системы колесо – рельс с уклоном рельсового пути промышленного железнодорожного транспорта // Изв. вуз. Черная металлургия. 2017. Т. 60. № 5. С. 355 – 363.
14. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики: Учеб. пособие. – 6-е изд., испр. и доп. – М.: Изд-во МГУ, 1999. – 735 с.
15. Горное дело: Терминологический словарь / Г.Д. Лидин, Л.Д. Воронина, Д.Р. Каплунов и др. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1990. – 649 с.
16. Картавый Н.Г., Бардовский А.Д. Влияние параметров резинотросового струнного сита на технологические показатели грохочения // Горный журнал. Известия вузов. 1985. № 4. С. 88 – 93.
17. Пановка Я.Г. Основы прикладной теории колебаний и удара. – Л.: Машиностроение, 1976. – 320 с.
18. Картавый Н.Г., Бардовский А.Д. Перспективы развития высокоэффективного классификационно-измельчительного оборудования для безотходного производства нерудных строительных материалов // Проблемы комплексного освоения месторождений твердых полезных ископаемых: Сб. научн. тр. МГИ. – М.: Недра, 1989. С. 115 – 128.
19. Бардовский А.Д., Бибилов П.Я., Вержанский П.М., Воронин Б.В. Эффективность сухого виброгрохочения отходов нерудных карьеров на просеивающих поверхностях различной конструкции // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015. № 6. С. 182 – 189.
20. Keropyan A.M. Features of interaction of the traction wheels of a electric locomotive and a diesel locomotive with rails in the conditions of open mountain works // Journal of Friction and Wear. 2016. Vol. 37. No. 1. P. 78 – 84.

Поступила 28 июня 2017 г.

IZVESTIYA VUZOV. CHERNAYA METALLURGIYA = IZVESTIYA. FERROUS METALLURGY. 2018. Vol. 61. No. 9, pp. 678–682.

INFLUENCE OF THE MECHANICAL CHARACTERISTICS OF HARP SCREEN MATERIAL ON SCREENING PROCESS

A.D. Bardovskii, A.A. Gerasimova, A.M. Keropyan, P.Ya. Bibikow

National University of Science and Technology “MISIS” (MISIS), Moscow, Russia

Abstract. The paper presents the results of studies on the influence of mechanical characteristics of harp screen material on the technological parameters of screening. A mathematical model of the vibrational process of harp screens is presented depending on the length of their free areas, magnitude of technological load and characteristics of the screened material. Dependences of the relative vibrations amplitudes of rubber and cable strips on the length of their free areas are determined for different values of process load. As a result of the researches, it was established that the amplitude of the relative vibration of rubber strip under load decreases with increasing length of their free

areas and for steel cable strips it increases, reaching a maximum at certain values of process load. It was also found that presence of the load dramatically reduces the amplitude of relative vibration of rubber strips, especially, in the area of dimensionless frequencies of the order of (0.6 – 1.4)g, while the vibrations amplitude of cable strips vary slightly in this frequency range. The article presents information on rubber-cable harp screening surfaces of mesh type: strips in the form of steel cables, rubberized with rubber cover having lateral separation projections. The use of rubber-cable strips as working elements of the screening surface allows to increase the “open area” of the screen due to the increase of distance between supports while maintaining high and stable amplitude of strips vibrations. Optimization of mechanical characteristics of the working elements material of harp screens and conditions of their fixation allows to intensify separation of screened material into fractions by eliminating sticking of the screened surface with clay particles and clogging of the material with “difficult” grains,

and to improve significantly technical and economic indicators of the screening process. Such screening surface passed successful industrial tests at a number of quarries producing construction aggregates for the separation of crushed stone and gravel. Economic efficiency of the rubber-cable harp screens is presented in comparison with the wire screens in technological schemes of processing of mineral raw materials.

Keywords: elastic strip, mechanical characteristics of strip material, metal cables, strip tension force, relative amplitude of strip vibrations, vibration frequency of the screen box, length of free strip parts.

DOI: 10.17073/0368-0797-2018-9-678-682

REFERENCES

- Vaisberg L.A., Kartavyi A.N., Korovnikov A.N. *Proseivayushchie poverkhnosti grokhotov. Konstruktsii, materialy, opyt primeneniya* [Sifting surfaces of screens. Constructions, materials, experience of application]. Vaisberg L.A. ed. St. Petersburg: Izd-vo VSEGEI, 2005, 252 p. (In Russ.).
- Trubetskoi K.N., Shapov' A.G. *Malootkhodnye i resursoberegayushchie tekhnologii pri otkrytoi razrabotke mestorozhdenii* [Low-waste and resource-saving technologies at the open mining]. Moscow: Nedra, 1993, 272 p. (In Russ.).
- Bibikov P.Ya., Bardovskii A.D., Mitusov P.E., Kalakutskii A.V. Design of classifier-grinder for the processing of weak rocks. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten' (nauchno-tekhnicheskii zhurnal)*. 2015, no. 3, pp. 233–237. (In Russ.).
- Bibikov P.Ya., Bardovskii A.D., Mitusov P.E., Kharitonov A.O. Unit for weak rocks processing. *Gornoe oborudovanie i elektrotekhnika*. 2014, no. 4, pp. 24–28. (In Russ.).
- Il'in S.A., Kovalenko V.S., Pastikhin D.V. Raising the economic efficiency of opencast mining. *Gornyi zhurnal*. 2012, no. 6, pp. 56–65. (In Russ.).
- Yanik K. Bucks for belts. *Pit & Quarry*. 2016, vol. 108, no. 12, pp. 16–18.
- Butkevich G.R. The problems of the development of watered deposits of non-ore raw materials. *Gornyi zhurnal*. 2004, no. 5, pp. 27–32. (In Russ.).
- Shlain I.B. *Razrabotka mestorozhdenii nerudnogo syr'ya* [Development of deposits of nonmetallic raw materials]. Moscow: Nedra, 1985, 345 p. (In Russ.).
- Wasson C. Moving Mountains. *Pit & Quarry*. 2015, vol. 107, no. 9, pp. 56–59.
- Sorensen L. Vulcan Materials Co. upgrades the Bucyrus-Erie King Midas dragline – a 25-year-old marvel. *Pit & Quarry*. 2014, vol. 107, no. 1, pp. 34–41.
- Butkevich G.R. Experience of application of conveyor technology, mining in quarries for the extraction of non-metallic materials in 1950–1990 years: the way forward. *Gornyi zhurnal*. 2017, no. 2, pp. 98–102. (In Russ.).
- Stoker J.J. *Nonlinear vibrations in mechanical and electrical systems*. New York, London: Wiley, 1950, 294 p. (Russ.ed.: Stoker J. *Nelineinye kolebaniya v mekhanicheskikh i elektricheskikh sistemakh*. Moscow: IL, 1952, 264 p.).
- Keropyan A.M., Gerasimova A.A. Connection of the temperature in contact area of the wheel-rail system with the railway slope of industrial railway transport. *Izvestiya VUZov. Chernaya metallurgiya = Izvestiya. Ferrous Metallurgy*. 2017, vol. 60, no. 5, pp. 355–363. (In Russ.).
- Tikhonov A.N., Samarskii A.A. *Uraveneniya matematicheskoi fiziki: ucheb. posobie* [Equations of mathematical physics: Tutorial]. Moscow: Izd-vo MGU, 1999, 735p. (In Russ.).
- Lidin G.D., Voronina L.D., Kaplunov D.R. etc. *Gornoe delo: Terminologicheskii slovar'* [Mining: Terminological dictionary]. Moscow: Nedra, 1990, 649 p. (In Russ.).
- Kartavyi N.G., Bardovskii A.D. Influence of the parameters of the rubber-cable strip screen on technological indicators of screening. *Izv. vuz. Gornyi zhurnal*. 1985, no. 4, pp. 88–93. (In Russ.).
- Panovka Ya.G. *Osnovy prikladnoi teorii kolebanii i udara* [Fundamentals of applied theory of vibrations and shock]. Leningrad: Mashinostroyeniye, 1976, 320 p. (In Russ.).
- Kartavyi N.G., Bardovskii A.D. Prospects for the development of highly effective classification and shredding equipment for non-waste production of non-metallic building materials. In: *Problemy kompleksnogo osvoeniya mestorozhdenii tverdykh poleznykh iskopaemykh. Sb. nauchn. tr. MGI* [Problems of integrated development of deposits of solid minerals: Coll. of MGI sci. papers]. Moscow: Nedra, 1989, pp. 115–128. (In Russ.).
- Bardovskii A.D., Bibikov P.Ya., Verzhanskii P.M., Voronin B.V. Efficiency of dry vibration screening of waste of non-ore quarries on the sifting surfaces of various designs. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten' (nauchno-tekhnicheskii zhurnal)*. 2015, no. 6, pp. 182–189. (In Russ.).
- Keropyan A. M. Features of interaction of the traction wheels of a electric locomotive and a diesel locomotive with rails in the conditions of open mountain works. *Journal of Friction and Wear*. 2016, vol. 37, no. 1, pp. 78–84.

Information about the authors:

A.D. Bardovskii, Dr. Sci. (Eng.), Professor of the Chair “Engineering of Technological Equipment”
A.A. Gerasimova, Cand. Sci. (Eng.), Assist. Professor, Academic Secretary of the Chair “Engineering of Technological Equipment” (allochka@rambler.ru)
A.M. Keropyan, Dr. Sci. (Eng.), Professor of the Chair “Engineering of Technological Equipment”
P.Ya. Bibikow, Cand. Sci. (Eng.), Assist. Professor of the Chair “Engineering of Technological Equipment”

Received June 28, 2017