ГИАБ. Горный информационно-аналитический бюллетень /
MIAB. Mining Informational and Analytical Bulletin, 2022;(11-2):159-168
ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL PAPER

УДК 622.1 DOI: 10.25018/0236_1493_2022_112_0_159

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ФУТЕРОВОЧНОЙ БРОНИ КОНУСНЫХ ДРОБИЛОК НА ОСНОВЕ ЦИФРОВОЙ ДИАГНОСТИКИ ИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

В.С. Великанов[1], В.С. Бочков[1], Н.В. Дёрина[2], К.В. Бочкова[1]

[1] Уральский государственный горный университет, Екатеринбург, Россия,
e-mail: bochkov.v@m.ursmu.ru
[2] Магнитогорский государственный технический университет им Г.И. Носова,
Магнитогорск, Россия

Аннотация: В технологической цепи переработки полезных ископаемых процесс дробления является одним из самых энергоемких. На современном этапе развития технологии переработки руд широкое применение находят конусные дробилки мелкого и среднего дробления. Эффективность эксплуатации конусных дробилок определяется не только степенью дробления и гранулометрическим составом дробленой руды, но и состоянием футеровочной брони. Процесс изнашивания футеровочной брони является одним из определяющих факторов в изменении качественно-количественных характеристик процесса мелкого дробления. Поэтому контроль текущего состояния футеровки следует рассматривать как важную научно-практическую задачу. Одним из направлений решения этой задачи является получение цифрового изображения текущего состояния поверхностного слоя футеровки с помощью эндоскопического исследования с последующей цифровой обработкой изображения. Использование цифровой обработки изображений в настоящее время значительно расширяются, вытесняя аналоговые методы обработки сигналов изображений. Они решают задачи управления процессами, автоматизации обнаружения и сопровождения объектов, распознавания образов, визуализации, биометрической идентификации, реализуя подход в мониторинге состояния футеровочных броней и прогноза диагностических параметров изнашивания, обеспечивающего повышение эффективности работы конусных дробилок. В этом случае применяется комплексный подход, который включает научный анализ и обобщение ранее опубликованных исследований. Методологическую основу исследований составляют методы системного анализа, идентификации и планирования эксперимента, использование информационных технологий, экспериментальные данные анализировались с применением теории цифровой обработки сигналов для оценки состояния и изнашивания футеровочной брони. Определен подход в контроле изнашивания футеровочной брони конусных дробилок мелкого дробления, реализуемый в рамках проведения мероприятий технического обслуживания и ремонта.

Ключевые слова: полезное ископаемое, дробилка, футеровочная броня, изнашивание, изображение, цифровая диагностика, техническое обслуживание и ремонт.

Для цитирования: *Великанов В. С., Бочков В. С., Дёрина Н. В., Бочкова К. В.* Оценка технического состояния футеровочной брони конусных дробилок на основе цифровой диагностики их поверхностей // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2022. – № 11-2. – С. 159–168. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_112_0_159.

© В.С. Великанов, В.С. Бочков, Н.В. Дёрина, К.В. Бочкова. 2022.

Digital image processing for assessing the liner armor condition of cone crushers

V.S. Velikanov[1], V.S. Bochkov[1], N.V. Dyorina[2], K.V. Bochkova[1]

[1] Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia, e-mail: bochkov.v@m.ursmu.ru
[2] G.I. Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia

Abstract: In the process chain of mineral processing, the crushing process is one of the most energy-intensive. At the present stage of development of ore processing technology, cone crushers of fine and medium crushing are widely used. The efficiency of operation of cone crushers is determined not only by the degree of crushing and granulometric composition of crushed ore, but also by the condition of the lining armor. The wear process of lining armor is one of the determining factors in changing the qualitative and quantitative characteristics of the fine crushing process. Therefore, the control of the current state of the lining should be considered as an important scientific and practical task. One of the ways to solve this problem is to obtain a digital image of the current state of the lining surface layer using endoscopic examination, followed by digital image processing. The use of digital image processing is now expanding significantly, supplanting analog image signal processing methods. They solve the problems of process control, automation of detection and tracking of objects, image recognition, visualization, biometric identification, implementing an approach to monitoring the condition of lining armor and predicting diagnostic wear parameters, which improves the efficiency of cone crushers. In this case, an integrated approach is applied, which includes: scientific analysis and generalization of previously published studies. The methodological basis of the research is the methods of system analysis, identification and planning of the experiment, the use of information technology, experimental data were analyzed using the theory of digital signal processing to assess the condition and wear of lining armor. The article defines an approach to control the wear of the lining armor of cone crushers for fine crushing, implemented as part of the maintenance and repair activities.

Key words: mineral, crusher, lining armor, wear, image, digital diagnostics, maintenance and repair.

For citation: Velikanov V. S., Bochkov V. S., Dyorina N. V., Bochkova K. V. Digital image processing for assessing the liner armor condition of cone crushers. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2022;(11-2):159-168. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_112_0_159.

Введение

Конусные дробилки среднего и мелкого дробления эксплуатируются на горных предприятиях при дроблении материалов с достаточно широким диапазоном физико-механических свойств. В результате обзора и анализа научно-технической литературы [1 — 5] по проблематике закономерностей процесса дробления в конусных дробилках установлено следующее: интерес представляют зависимости между гранулометрическим составом материала и параметрами профиля дробящего пространства [6 — 9]; интенсивность изнашивания футеровочной брони подвижного и неподвижного конуса; установление оптимального профиля дробящего пространства; минимизация расхода высокомарганцовистой стали 110Г13Л, оптимизация затрат на

ремонт и обслуживание дробильного оборудования [10 — 13] и др.

Согласно статистическим данным, вынужденные остановки дробилок, обусловлены необходимостью замены физически изношенных деталей приводят к внеплановым ремонтам и составляют порядка 16 — 20% их фонда рабочего времени. Коэффициент использования дробильного оборудования в среднем на отечественных горно-обогатительных комбинатах составляет 0,75 — 0,86%.

Из всего многообразия деталей конусных дробилок можно выделить две основные группы [2, 3]:

- детали, в контакте с материалом: броня дробящего конуса, неподвижная броня корпуса, распределительная тарелка и другие;
- элементы узлов и механизмов, не контактируемые с дробимой породой: эксцентрик, сферическая опора, валы привода, подшипники, зубчатые колеса, втулки, и др.

Исследования показывают, что футеровочные брони КСД и КМД являются наименее износостойкими. С их заменой связаны основные простои дробилок. Стоимость этих деталей от общего объема затрат на ремонтно-эксплуатационные нужды составляет 90,5% для дробилок типа КСД и 80% для дробилок типа КМД. Эти расходы являются определяющими в общих затратах на ремонт и содержание дробилок [2, 3].

Исследованиями [7] определена аналитическая зависимость, позволяющая рассчитать ширину разгрузочной щели $A_{\Delta}(t)$ в определенный момент времени t эксплуатации оборудования:

$$A_{\Delta}(t) = A_{\Delta} + \int_0^t \upsilon(A_1)dt + \int_0^t \upsilon(A_7)dt$$

Так, в работе [8] установлено, что увеличение ширины разгрузочной щели у дробилки КМД-3000Т2-ДП закономерно увеличивает выход плюсового класса операции грохочения.

Интенсивное изнашивание футеровочной брони приводит к изменению размеров разгрузочной щели в сторону увеличения, что в конечном итоге приводит к увеличению крупности дробленного продукта. Причем футеровочные брони дробилок среднего и мелкого дробления, образующие камеру дробления, изнашиваются неравномерно, что приводит к ускоренному изменению зазоров между дробящими поверхностями по всей глубине камеры дробления в сравнении с первоначальным, а следовательно, к потере ее первоначальной формы [9].

В работе [14] в результате промышленного эксперимента установлено для новых броней ($T = 0$) дробилки КМДТ-2200 содержание продукта дробления класса плюс 20 при разгрузочной щели $B_щ$ = = 5 — 6 мм составляет 9,9%; при $B_щ$ = = 7 — 8 мм — 10,7%; при $B_щ$ = 10 мм — 11,6%. Для изношенных броней (T = = $T_{\text{предельный срок службы комплекта броней}}$) при $B_щ$ = = 5 — 6 мм — 11,1%; при $B_щ$ = 7 — 8 мм — 12,4%; при $B_щ$ = 10 мм — 13,9%, т.е. дробилка КМДТ-2200 с изношенными бронями, выдает более крупный продукт дробления.

В работе [15] реализован оригинальный подход в цифровом распознании степени изнашивания резьбовых соединений бурильного инструмента.

Современные методы и средства обработки видеоизображений относятся к числу динамично развивающегося научно-технического направления, востребованного при построении систем цифрового телевидения, охранных систем, систем мониторинга, систем слежения за объектами и субъектами, медицинских диагностических системы, систем телеметрии, игровых систем и др. [16 — 18].

В настоящее время одним из возможных технических решений по оценке состояния футеровочной брони конусных дробилок является использование видеоэндоскопического оборудования. Метод

эндоскопических исследований дезинтеграции внутриконтурного массива выработок был предложен ВНИМИ еще в начале 1970-х годов XX в. Промышленные видеоэндоскопы успешно применяются для установления поверхностных дефектов футеровочной брони.

Материалы и методы

Методологической базой в проведении дальнейших исследованиях являются идеи [19 — 20] и подходы [21 — 23], реализованные в НИР под руководством проф. О.С. Логуновой (МГТУ им. Г.И. Носова).

К задачам работы относятся:

- изучение возможности непрерывного мониторинга за состоянием футеровочной брони с использованием видеоэндоскопического оборудования;
- сбор данных, о возможных дефектах и изнашивания материала футеровочной брони и динамические характеристики, сопровождающие ее разрушение;
- усовершенствование методики идентификации изнашивания;
- анализ разрушения брони с использованием результатов обработки кадров видеопотока.

В основе алгоритмов обработки изображений положены в основном интегральные преобразования, такие как: свертка, преобразование Фурье и др. Также используются статистические методы.

Методы обработки изображений группируют по количеству пикселов участвующих в одном шаге преобразования:

- поточечные методы: преобразование значения в точке $a(m, n)$ в значение $b(m, n)$ независимо от соседних точек;
- локальные (окрестностные) методы: используют значения соседних точек в окрестности $a(m, n)$ чтобы вычислить значение $b(m, n)$;
- глобальные методы: на основе всех значений исходного изображения $A(m, n)$ определяют значение $b(m, n)$.

Работа с двуцветными изображениями обладает существенным преимуществом, а именно достаточно простыми алгоритмами, и если удается решить какую-то часть задачи с помощью бинарного изображения, то такая методика является предпочтительней по сравнению с другими подходами. Получение бинарного изображения можно выполнить по цветному или полутоновому изображению. В зависимости от решаемой задачи может выбираться и алгоритм перевода исходного изображения в черно-белое. Наиболее распространен метод пороговой бинаризации. В этом случае определяется некоторый порог (диапазон) яркости или цвета, в соответствии с которым каждый пиксель переводится в значение 0 или 1. При обработке или анализе изображений рассматривают не только обрабатываемый пиксель, но и соседние с ним пиксели. Здесь возможны два варианта соседних пикселей, оп-

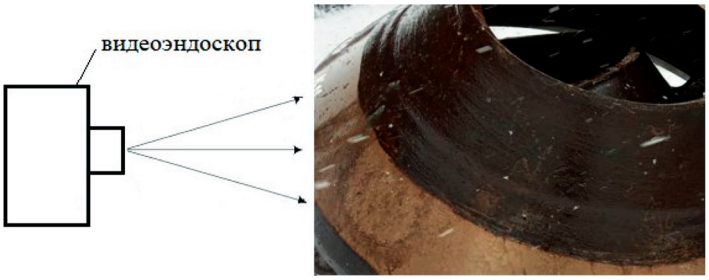

Рис. 1. Принцип реализации видеонаблюдения за состоянием футеровочной брони дробилки
Fig. 1. Principle of implementing video surveillance of the state of lining armor of crusher

ределяемых связностью рассматриваемых областей. В этом смысле области могут быть 4- или 8- связными.

Результаты

На рис. 1 представлен принцип реализации видеоэндоскопических наблюдений за состоянием футеровочной брони дробилки. Визуальный мониторинг любой точки рабочей зоны конусной дробилки осуществляется через технологические отверстия в подвижном и неподвижном конусе дробилки в период ее технического обслуживания или технологической остановки.

В качестве исходных данных для исследований используются сканированные и оцифрованные изображения футеровочной брони дробилки (рис. 2). Обработка изображений проведена с использованием пакета MatLab, который предоставляет удобные средства для разработки алгоритмов, включая высокоуровневые с использованием принципов объектно-ориентированного программирования. В нем имеются все необходимые средства интегрированной среды разработки, включая отладчик и профайлер. Функции для работы с целыми типами данных облегчают создание алгоритмов для микроконтроллеров и других приложений, где это необходимо.

В частности, в пакете MatLab имеется многофункциональная среда цифровой обработки двумерных изображений: Image Processing Toolbox — специальный набор инструментов и коллекцию функций для решения широкого круга задач цифровой обработки изображений.

Обсуждение результатов

Таким образом, наличие обработанного видеоматериала и результаты цифровой обработки изображений футеровочной брони позволит сформировать базу с результатами мониторинга за состоянием брони и позволит получить новые знания о процессе ее изнашивания. Также обработка полученных с помощью эндоскопа изображений позволят определить возможные зарождения опасных несовершенств футеровки (трещины, глубокие раковины), разрастание которых может привести к разрушению футеровки и повреждению основных конструктивных элементов конусной дробилки, и ее дальнейшей аварийной остановке.

С другой стороны, проведя анализ полученного изображения можно определить вид изнашивания. Так как свойства породы даже на одном месторождении могут существенно различаться

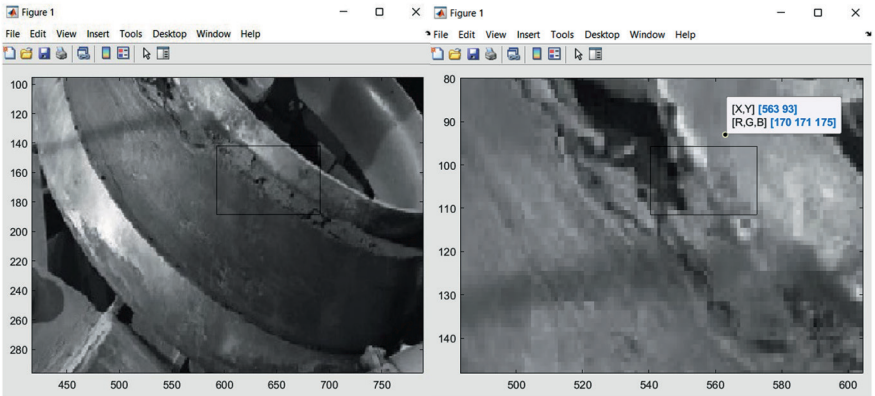

Рис. 2. Цифровая обработка изображений футеровочной брони с использованием пакета MatLab
Fig. 2. Digital processing of images of lining armor using the MatLab package

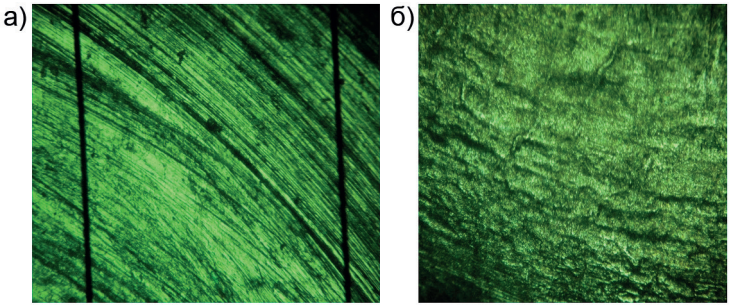

Рис. 3. Поверхность износа образца из стали Гадфильда после абразивного воздействия гранита и габбро (а) и мрамора (б)

Fig. 3. Wear surface of a Hadfield steel sample after abrasive action of granite and gabbro (a) and marble (b)

в различных местах, то и вид и скорость изнашивания могут существенно различаться. Например, если на поверхности преобладают сплошные царапины (рис. 3, *а*), то это характеризует чисто абразивное изнашивание и можно сделать вывод, что через дробилку в настоящий момент времени проходит в основном крепкое и твердое (выше твердости стали 110Г13Л) полезное ископаемое. Если же поверхность покрыта продолговатыми возвышенностями и микрократерами (рис. 3, *б*), характерными для пластического оттеснения, то это признак усталостного изнашивания и, соответственно, проходит дробления менее крепкое и твердое (меньше твердости стали Гадфильда) полезное ископаемое. Эти сведения могут быть полезны для прогнозирования срока службы текущего комплекта футеровки.

Реализация предложенного подхода возможна при проведении плановых мероприятий технического обслуживания и ремонта оборудования, что требует внесения изменений в перечень мероприятий проводимых плановых работ ТОиР.

Заключение

Изнашивание футеровочной брони является одним из определяющих факторов в изменении качественно-количественных характеристик процесса мелкого дробления. Установлено, что 96% отказов конусных дробилок, в т.ч. из-за разрушения футеровки, приводят к внеплановым ремонтам. Использование цифровой обработки изображений в настоящее время значительно расширяется, вытесняя аналоговые методы обработки сигналов изображений. Реализация предложенного подхода позволит осуществлять мониторинг за состоянием футеровочной брони конусных дробилок, минимизировать расход высокомарганцовистой стали за счет подбора наиболее износостойкого материала футеровки и оптимизировать процесс ремонта и технического обслуживания дробильного оборудования при периодическом контроле вида изнашивания футеровки в текущий момент времени и прогнозирования, с корректировкой при изменении физико-механических свойств перерабатываемой горной породы, срока ее эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бойко П. Ф.* Методы повышения надежности и работоспособности горнотранспортного оборудования и дробильно-размольного оборудования / Методы повышения надежности и работоспособности горнотранспортного и дробильно-размольного оборудова-

ния. Сборник материалов международного научно-практического семинара. — Губкин, 2012. — С. 14—17.

2. *Zhang L. A., Li X., Yu. J.* A review of fault prognostics in condition-based maintenance / Proceedings of SPIE — The International Society for Optical Engineering. 2006. pp. 635—752. DOI: 10.1117/12.717514.

3. *Мнацаканян В. У., Бойко П. Ф.* Технология восстановления работоспособности эксцентриковых стаканов дробильных агрегатов // Технология машиностроения. — 2011. — № 2. — С. 38—39.

4. *Bengtsson M., Hulthén E., Evertsson C. M.* Size and shape simulation in a tertiary crushing stage, a multi objective perspective // Minerals Engineering. 2015, vol. 77, pp. 72—77.DOI: 10.1016/j.mineng.2015.02.015.

5. *Тарасенко А. А., Чижик Е. Ф., Взоров А. А., Настоящий В. А.* Защитные футеровки и покрытия горно-обогатительного оборудования. — М.: Недра, 1985. — 208 с.

6. *Sankararaman S., Goebel K.* Remaining useful life estimation in prognostics: an uncertainty propagation problem / Proceedings of the 2013 AIAA InfoTech aerospace conference, colocated with the AIAA aerospace sciences-flight sciences and information systems event, Boston, MA, USA, 2013.

7. *Balaban E., Saxena A., Narasimhan S., Roychoudhury I., Koopmans M., Ott C., Goebel K.* Prognostic health-management system development for electromechanical actuators // *Journal of Aerospace Computing, Information and Communication*. 2015, vol. 12, no. 3, pp. 329—344. DOI: 10.2514/1.I010171.

8. *Хурэлчулуун И.* Повышение эффективности рудоподготовки на основе применения непрерывного визиометрического анализа гранулометрического состава продуктов дробления и грохочения: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. — М.: НИТУ «МИСиС», 2019. — 22 с.

9. *Heng A., Zhang S., Tan A.* Rotating machinery prognostics: State of the art, challenges and opportunities // Mechanical Systems and Signal Processing. 2009. vol. 23, no. 3, pp. 724—739. DOI: 10.1016/j.ymssp.2008.06.009.

10. *Белов Н. В., Бородина М. Б., Смирнова О. А., Часовских А. С.* Анализ отказов элементов конусных дробилок и причин их возникновения // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2021. — № 3. — С. 17—27. DOI: 10.25018/0236-1493-20213-0-17-27.

11. *Панфилова О. Р., Великанов В. С., Усов И. Г.* Расчет ресурса деталей структурно-функциональных элементов горных машин // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. — 2018. — № 2. — С. 43—51. DOI: 10.15372/FTPRPI20180206.

12. *Levchenko G. V., Plyuta V. L., Nesterenko A. M., Svistelnik O. Y., Sychkov A. B.* Manufacturing technology for cast inserts of new wear-resistant alloys for combined mill linings // Metallurgist. 2013, vol. 56, no. 9-10, pp. 748—752. DOI:10.1007/s11015-013-9646-8.

13. *Князькина В. И., Иванов С. Л.* Акустический сигнал как показатель деградационных процессов при техническом обслуживании горных машин // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2022. — № 6-2. — С. 223—236. DOI 10.25018/0236_1493_2022_62_0_223.

14. *Elattar H. M., Elminir H. K., Riad A. M.* Prognostics: a literature review // Complex & Intelleligent Systems. 2016, vol. 2, no. 2, pp. 125—154. DOI: 10.1007/s40747-016-0019-3.

15. *Козин В. З., Комлев А. С.* Расчет фундаментальной погрешности отбора проб // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2021. — № 11-1. — С. 265—275. DOI: 10.25018/0236_1493_2021_111_0_265.

16. *Субботин А. Н.* Методы и средства обработки видеоинформации в туманных средах с применением концепции Интернета вещей, туманных вычислений, нейронных сетей, машинного обучения и программных разработок автора статьи // Оригинальные исследования. — 2020. — Т. 10. — № 10. — С. 167—171.

17. *Гонсалес Р., Вудс Р.* Цифровая обработка изображений. — М.: Техносфера, 2006. — 1072 с.

18. *Гонсалес Р., Вудс Р., Эддинс С.* Цифровая обработка изображений в среде MATLAB. — М.: Техносфера, 2006. — 616 с.

19. *Миков А. Ю.*, *Посохов И. А.*, *Логунова О. С.* Методика обработки изображений металлургической продукции с использованием операций морфологического анализа / Перспективы развития информационных технологий. Сборник материалов III Международной научно-практической конференции. Ч. 1. — Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011. — С. 95—100.

20. *Миков А. Ю.*, *Мацко И. И.*, *Логунова О. С.* Синтез нейросетевой структуры для обработки изображений металлургической продукции / Перспективы развития информационных технологий. Сборник материалов III Международной научно-практической конференции. Ч. 1. — Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011. — С. 100—105.

21. *Посохов И. А.*, *Логунова О. С.*, *Мацко И. И.* Выбор схемы классификации шума на изображениях серных отпечатков непрерывнолитой заготовки / Системы автоматизации в образовании, науке и производстве. Труды IX Всероссийской научно-практической конференции. — Новокузнецк: СибГИУ, 2013. — С. 456—461.

22. *Посохов И. А.*, *Логунова О. С.*, *Миков А. Ю.* Каскадная классификация изображений серного отпечатка поперечного темплета непрерывнолитой заготовки // Электротехнические системы и комплексы. — 2015. — № 4(29). — С. 42—51.

23. *Логунова О. С.*, *Мацко И. И.*, *Посохов И. А.* Прогнозирование времени обработки изображений детерминированными методами // Программные продукты и системы. 2013. — № 1. — С. 11. ГИАБ

REFERENCES

1. Boyko P. F. Methods of increasing liability and serviceability of mining and crushing and milling equipment. *Metody povysheniya nadezhnosti i rabotosposobnosti gornotransportnogo i drobil'no-razmol'nogo oborudovaniya. Sbornik materialov mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo seminar*a [Methods of increasing liability and serviceability of mining and crushing and milling equipment. Collection of materials of the international scientific and practical seminar], Gubkin, 2012, pp. 14—17. [In Russ].

2. Zhang L. A., Li X., Yu. J. A review of fault prognostics in condition-based maintenance. *Proceedings of SPIE — The International Society for Optical Engineering*. 2006. pp. 635—752. DOI: 10.1117/12.717514.

3. Mnatsakanyan V. U., Boiko P. F., Technology of restoration of serviceability of eccentric glasses of crushing units. *Tekhnologiya Mashinostroeniya*. 2011, no. 2, pp. 38—39. [In Russ].

4. Bengtsson M., Hulthén E., Evertsson C. M. Size and shape simulation in a tertiary crushing stage, a multi objective perspective. *Minerals Engineering*. 2015, vol. 77, pp. 72—77.DOI: 10.1016/j.mineng.2015.02.015.

5. Tarasenko A. A., CHizhik E. F., Vzorov A. A., Nastoyashchiy V. A. *Zashchitnye futerovki i pokrytiya gorno-obogatitel'nogo oborudovaniya* [Protective lining and coatings of mining and processing equipment], Moscow, Nedra, 1985, 208 p.

6. Sankararaman S., Goebel K. Remaining useful life estimation in prognostics: an uncertainty propagation problem. *Proceedings of the 2013 AIAA InfoTech aerospace conference, colocated with the AIAA aerospace sciences-flight sciences and information systems event*. Boston, MA, USA, 2013.

7. Balaban E., Saxena A., Narasimhan S., Roychoudhury I., Koopmans M., Ott C., Goebel K. Prognostic health-management system development for electromechanical actuators. *Journal of Aerospace Computing, Information and Communication*. 2015, vol. 12, no. 3, pp. 329—344. DOI: 10.2514/1.I010171.

8. Khurelchuluun I. *Povyshenie effektivnosti rudopodgotovki na osnove primeneniya nepreryvnogo viziometricheskogo analiza granulometricheskogo sostava produktov drobleniya i grokhocheniya* [Improving the efficiency of ore dressing based on the use of continuous visiometric analysis of particle size distribution of crushing and screening products], Candidate's thesis, Moscow, NITU «MISiS», 2019, 22 p.

9. Heng A., Zhang S., Tan A. Rotating machinery prognostics: State of the art, challenges and opportunities. *Mechanical Systems and Signal Processing*. 2009. vol. 23, no. 3, pp. 724—739. DOI: 10.1016/j.ymssp.2008.06.009.

10. Belov N. V., Borodina M. B., Smirnova O. A., Chasovskikh A. S. Failure analysis of main components of cone crushers. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2021, no. 3, pp. 17—27. DOI: 10.25018/0236-1493-20213-0-17-27.

11. Panfilova O. R., Velikanov V. S., Usov I. G. et al. Calculation of parts life of structural and functional elements of mining machines. *Fiziko-tekhnicheskiye problemy razrabotki poleznykh iskopayemykh*. 2018, no. 2, pp. 43—51. [In Russ]. DOI: 10.15372/FTPRPI20180206.

12. Levchenko G. V., Plyuta V. L., Nesterenko A. M., Svistelnik O. Y., Sychkov A. B. Manufacturing technology for cast inserts of new wear-resistant alloys for combined mill linings. *Metallurgist*. 2013, vol. 56, no. 9-10, pp. 748—752. DOI:10.1007/s11015-013-9646-8.

13. Knyazkina V. I., Ivanov S. L. Improvement of the system of maintenance and repair of mining machines according to the actual state. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2022, no. 6-2, pp. 223—236. [In Russ]. DOI 10.25018/0236_1493_2022_62_0_223.

14. Elattar H. M., Elminir H. K., Riad A. M. Prognostics: a literature review. *Complex & Intelleligent Systems*. 2016, vol. 2, no. 2, pp. 125—154. DOI: 10.1007/s40747-016-0019-3.

15. Kozin V. Z., Komlev A. S. Calculation of fundamental sampling error. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2021, no. 11-1, pp. 265—275. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2021_111_0_265.

16. Subbotin A. N. Methods and tools for video information processing in foggy environments using the concept of internet of things, foggy computing, neural networks, machine learning and software developments by the author of the paper. *Original'nye issledovaniya*. 2020, vol. 10, no. 10, pp. 167—171. [In Russ].

17. Gonsales R., Vuds R. *Tsifrovaya obrabotka izobrazheniy* [Digital image processing], Moscow, Tekhnosfera, 2006, 1072 p.

18. Gonsales R., Vuds R., Eddins S. *Tsifrovaya obrabotka izobrazheniy v srede MATLAB* [Digital image processing in MATLAB environment], Moscow, Tekhnosfera, 2006, 616 p.

19. Mikov A. Yu., Posokhov I. A., Logunova O. S. Technique of metallurgical images processing using the morphological analysis operations. *Perspektivy razvitiya informatsionnykh tekhnologiy. Sbornik materialov III Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Ch. 1. [Prospects of information technology development. Collection of papers of III International scientific-practical conference, part 1], Novosibirsk, Izd-vo NGTU, 2011, pp. 95—100. [In Russ].

20. Mikov A. Y., Matsko I. I., Logunova O. S. Synthesis of neural network structure for processing images of metallurgical products. *Perspektivy razvitiya informatsionnykh tekhnologiy. Sbornik materialov III Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Ch. 1. [Prospects of information technology development. Collection of papers of III International scientific-practical conference, part 1], Novosibirsk, Izd-vo NGTU, 2011, pp. 100—105. [In Russ].

21. Posokhov I. A., Logunova O. S., Matsko I. I. The choice of noise classification scheme on the images of sulphur prints of continuously cast work piece. *Sistemy avtomatizatsii v obrazovanii, nauke i proizvodstve. Trudy IX Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Automation systems in education, science and production. Proceedings of IX All-Russian Scientific and Practical Conference], Novokuznetsk, SibGIU, 2013, pp. 456—461. [In Russ].

22. Posokhov I. A., Logunova O. S., Mikov A.Yu. Cascade image classification of a sulfur print of a transverse template of a continuously cast billet. *Electrotechnical Systems and Complexes*. 2015, no. 4(29), pp. 42—51. [In Russ].

23. Logunova O. S., Matsko I. I., Posokhov I. A. Prediction of image processing time by deterministic methods. *Software & Systems*. 2013, no. 1, pp. 11. [In Russ].

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Великанов Владимир Семенович[1] — д-р техн. наук,
доцент, профессор,
e-mail: rizhik_00@mail.ru,
ORCID ID: 0000-0001-5581-2733,
Бочков Владимир Сергеевич[1] — канд. техн. наук,
доцент, зав. кафедрой,
e-mail: bochkov.v@m.ursmu.ru,
ORCID ID: 0000-0001-6202-4903,
Дёрина Наталья Владимировна — канд. филолог. наук,
доцент, Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова,
e-mail: nataljapidckaluck@yandex.ru,
ORCID ID: 0000-0002-0613-0864,
Бочкова Ксения Викторовна[1] — аспирант,
e-mail: bochkov.v@m.ursmu.ru,
ORCID ID: 0000-0002-7058-2363,
[1] Уральский государственный горный университет.
Для контактов: Бочков В.С., e-mail: bochkov.v@m.ursmu.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

V.S. Velikanov[1], Dr. Sci. (Eng.),
Assistant Professor, Professor,
e-mail: rizhik_00@mail.ru,
ORCID ID: 0000-0001-5581-2733,
V.S. Bochkov[1], Cand. Sci. (Eng.),
Assistant Professor, Head of Chair,
e-mail: bochkov.v@m.ursmu.ru,
ORCID ID: 0000-0001-6202-4903,
N.V. Dyorina, Cand. Sci. (Philol.),
Assistant Professor,
e-mail: nataljapidckaluck@yandex.ru,
G.I. Nosov Magnitogorsk State Technical University,
455000, Magnitogorsk, Russia,
ORCID ID: 0000-0002-0613-0864,
K.V. Bochkova[1], Graduate Student,
e-mail: bochkov.v@m.ursmu.ru,
ORCID ID: 0000-0002-7058-2363,
[1] Ural State Mining University,
620144, Ekaterinburg, Russia.
Corresponding author: V.S. Bochkov, e-mail: bochkov.v@m.ursmu.ru.

Получена редакцией 16.06.2022; получена после рецензии 01.10.2022; принята к печати 10.10.2022.
Received by the editors 16.06.2022; received after the review 01.10.2022; accepted for printing 10.10.2022.