

www.rudmet.ru

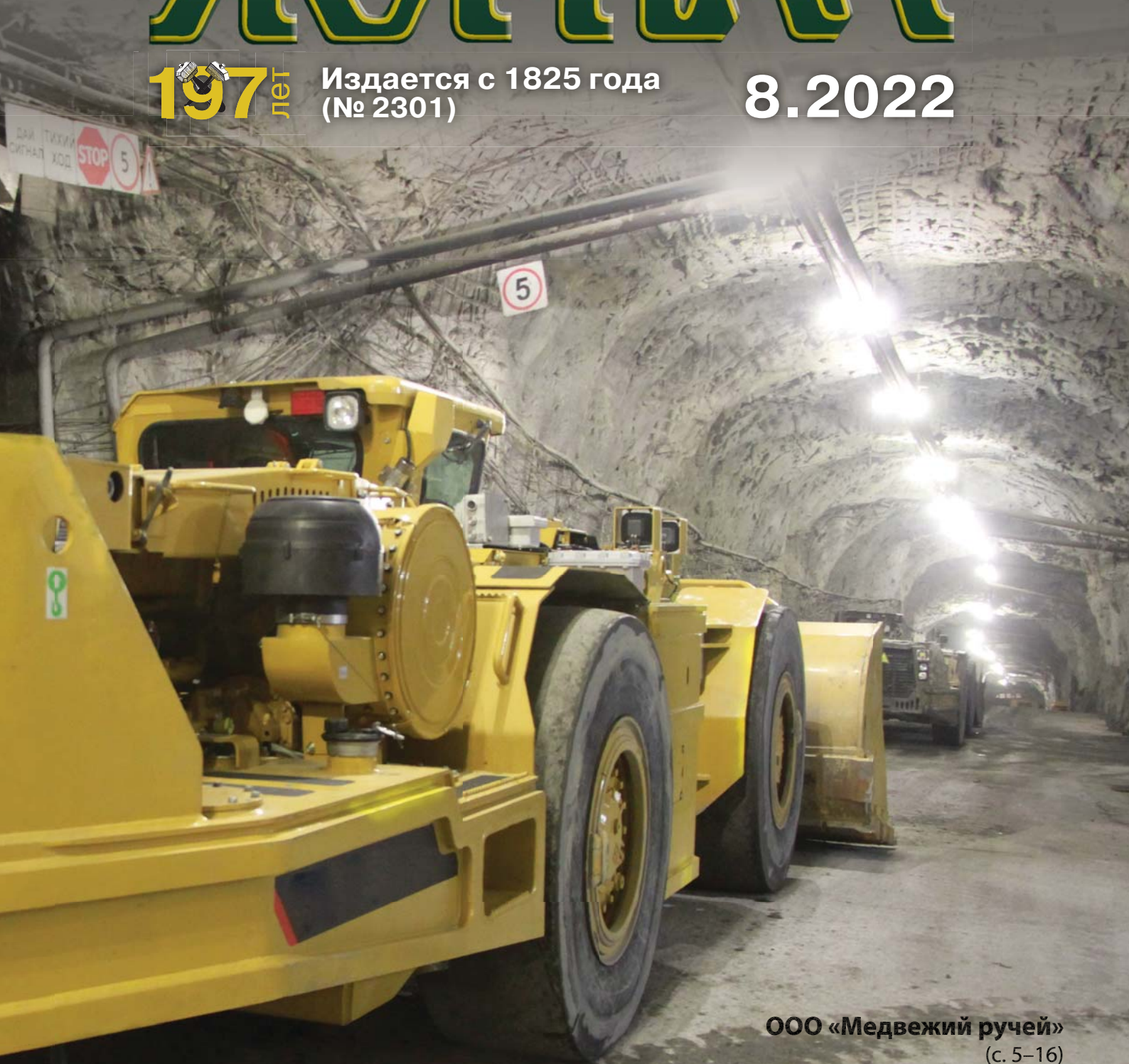
ISSN 0017-2278

# ГОРНЫЙ ЖУРНАЛ

197 лет

Издается с 1825 года  
(№ 2301)

8.2022



ООО «Медвежий ручей»  
(с. 5–16)

# СОДЕРЖАНИЕ

## ИЗ ОПЫТА РАБОТЫ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И ОРГАНИЗАЦИЙ ООО «МЕДВЕЖИЙ РУЧЕЙ»

**Уваров И. И., Лоцицкий В. А., Бочкарев В. Г., Корецкий А. С.**  
Применение эмульсионных взрывчатых веществ на открытых  
и подземных горных работах рудника «Заполярный» . . . . . **6**

**Уваров И. И., Гараев И. Ф., Лоцицкий В. А., Андреев В. Н.**  
Самоходное горное оборудование на электрической тяге . . . . **11**

## НАУКА И ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

**Плаkitкин Ю. А., Плаkitкина Л. С., Дьяченко К. И.**  
Основные тенденции развития угольной промышленности  
мира и России в условиях низкоуглеродной энергетики  
Часть II. Низкоуглеродное развитие как фактор снижения  
спроса на уголь и его влияние на перспективы угольной  
генерации . . . . . **17**

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ГОРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

**Николаев П. В.** Определение технологических параметров  
безрассольного способа искусственного замораживания  
горных пород одиночной колонкой. . . . . **24**

## ЭКОНОМИКА, ОРГАНИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ

**Солодовников С. Ю., Мелешко Ю. В.**  
Наращивание производственного и экспортного  
потенциала белорусской горной промышленности:  
интенсивная и экстенсивная составляющие . . . . . **29**

## РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ

**Умаров Ф. Я., Насиров У. Ф., Нутфуллоев Г. С.,  
Гайбназаров Ю. А.** Экспериментальное исследование  
действия кумулятивного заряда с использованием  
электрогидравлического эффекта с целью повышения  
безопасности и эффективности взрывных работ . . . . . **36**

## ПЕРЕРАБОТКА И КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

**Коваленко Е. Г., Двойченкова Г. П.**  
Применение теплового кондиционирования в процессе  
пенной сепарации алмазосодержащих кимберлитов . . . . . **41**

## ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

**Керопян А. М., Кантович Л. И., Калакуцкий А. В.**  
Обеспечение непрерывного контроля поперечного  
профиля карьерных рельсов . . . . . **48**

**Нефедов А. В., Танчук А. В., Чиченев Н. А.**  
Модернизация привода опрокидывателя рудных  
вагонок Донского ГОКа . . . . . **52**

**Чибухчян С. С., Чибухчян Г. С., Арутюнян О. Л.**  
Исследование состояния масла двигателей карьерных  
самосвалов на предприятиях Республики Армения . . . . . **57**

## ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ОХРАНА ТРУДА

**Макаров В. Н., Угольников А. В., Макаров Н. В.,  
Боярских Г. А.** Повышение эффективности пылеулавливания. . . **62**  
**Капцов В. А., Чиркин А. В.** Профилактика пневмокозиозов  
и средства индивидуальной защиты . . . . . **70**

## ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ УГЛЕВОДОРОДНАЯ ДЕГАЗАЦИЯ И УСЛОВИЯ ЗАХОРОНЕНИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В НЕДРАХ ЗЕМЛИ

**Керимов В. Ю.** Водородная дегазация Земли  
и геологические предпосылки ее поисков и добычи . . . . . **75**

**Керимов В. Ю.** Захоронение углекислого газа  
в недрах Земли . . . . . **82**

**Потравный И. М., Яшалова Н. Н.** Эколого-экономическая  
оценка технологий захоронения выбросов парниковых газов  
в подземных геологических пространствах. . . . . **90**

## ИСТОРИЯ ГОРНОГО ДЕЛА. КУЛЬТУРА

**Кузнецов В. Б., Коршунов А. Н.** Тайна золотых россыпей . . . **95**

## ЮБИЛЕИ

Баряху Александру Абрамовичу – 70 лет. . . . . **101**

## ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Требования к оформлению статей, направляемых  
в «Горный журнал» для публикации . . . . . **4**  
Сотрудничество Издательского дома «Руда и Металлы»  
и Владимирского государственного университета. . . **3-я стр. обл.**

## РЕКЛАМА

На обложке: «МАЙНЕКС-2022» –  
18-й Горно-геологический форум и выставка

**MONTHLY SCIENTIFIC-TECHNICAL AND INDUSTRIAL JOURNAL**

The basic edition of the Intergovernmental council of CIS countries in exploration, usage and protection of the earth bowels

With participation of “ALROSA” PJSC, “Apatit” JSC,  
PJSC “MMC “NORILSK NICKEL”, “Mekhanobr-Technica” JSC  
With assistance of IPKON RAN, Ural State Mining University, State enterprise Navoi mining and metallurgical works, “Gornopromyshlenniki Rossii” non-commercial partnership, State Hermitage Museum

Information coordinator in the area of mineral mining technologies – VNIIPromtekhologii (National Research and Design Institute for Industrial Technology) – Engineering Center of Rosatom State Atomic Energy Corporations’ Mining Division

Founders: “Ore & Metals” Publishing house, National University of Science and Technology “MISIS”, Autonomous Noncommercial Organization “TV News Channel “Khibiny TV”

Chairman of the managing board,  
Acting Chief Editor: **Alexander Vorobiev**

**Actual address:** Moscow, Leninsky prospekt 6 bld. 2, office 619

**Mailing address:** Russia, 119049, Moscow, P.O. Box # 71

**Phone/fax:** +7 (499) 236-10-62, +7 (499) 236-11-86

**E-mail:** gornjournal@rudmet.com

**Internet:** www.rudmet.com

*The journal has been published since 1825  
at Mining military school*

**Publisher:** “Ore & Metals” publishing house

**Phone/fax:** +7 (495) 638-45-18

**E-mail:** rim@rudmet.com

Leading editor: **Lyudmila Kostina**

Editor: **Vera Elistratova**

Junior editor: **Margarita Matveeva**

Advertising manager: **Natalia Kolykhalova**

Responsible for pre-printing work: **Daria Vorobyeva**

Printed in “Kancler” printing house

**CONTENTS****SCIENCE AND INDUSTRY**

**Plakitkin Yu. A., Plakitkina L. S., Dyachenko K. I.** Major trends shaping development of coal industry in the world and in Russia under conditions of low-carbon energy economy. Part II. Low-carbon development as a factor of decline in coal demand and its implications for coal-fired power generation prospects. . . . . **17**

**DESIGNING AND MINING-CONSTRUCTIONS WORK**

**Nikolaev P. V.** Process parameters of brineless ground freezing with a single freeze pipe. . . . . **24**

**ECONOMY, ORGANIZATION AND MANAGEMENT**

**Solodovnikov S. Yu., Meleshko Yu. V.** Developing production and export potentials of Belarusian mining: The intensive and extensive components . . . **29**

**DEVELOPMENT OF DEPOSITS**

**Umarov F. Ya., Nasirov U. F., Nutfulloev G. S., Gaibnazarov B. A.** Experimental research of shaped charges with electrohydraulic effect with a view to improving blasting safety and efficiency . . . . . **36**

**PROCESSING AND COMPLEX USAGE  
OF MINERAL RAW MATERIALS**

**Kovalenko E. G., Dvoichenkova G. P.** Application of thermal conditioning in foam separation of diamond-containing kimberlites . . . . . **41**

**EQUIPMENT AND MATERIALS**

**Keropyan A. M., Kantovich L. I., Kalakutsky A. V.** Continuous control of rail profile in open pit mines . . . . . **48**

**Nefedov A. V., Tanchuk A. V., Chichenev N. A.** Modification of car tippler drive at Donskoy Ore Mining and Processing Plant . . . . . **52**

**Chibukhchyan S. S., Chibukhchyan G. S., Arutyunyan O. L.** Examination of engine oil condition of dump trucks in open pit mines in the Republic of Armenia . . . . . **57**

**INDUSTRY SAFETY AND LABOUR PROTECTION**

**Makarov V. N., Ugolnikov A. V., Makarov N. V., Boyarskikh G. A.** Dust control efficiency improvement . . . . . **62**

**Kaptsov V. A., Chirkin A. V.** Pneumoconiosis prevention and personal protective equipment . . . . . **70**

**ENVIRONMENTAL PROTECTION****HYDROCARBON DEGASSING AND FAVORABLE  
UNDERGROUND STORAGE OF CARBON DIOXIDE**

**Kerimov V. Yu.** Outgassing of hydrogen from the Earth and geological signs for prospecting and production . . . . . **75**

**Kerimov V. Yu.** Underground storage of carbon dioxide. . . . . **82**

**Potravnny I. M., Yashalova N. N.** Ecologo-economic assessment of burial technologies for greenhouse gas emissions in underground geological spaces . . . . . **90**

**MINING HISTORY. CULTURE**

**Kuznetsov V. B., Korshunov A. N.** Mystery of gold placers . . . . . **95**



**Keywords:** rail profile, cylindrical bodies having mutually perpendicular axes, wheel-and-rail system, contact stress, friction factor, pulling force.

**References**

1. Argatov I., Heß M., Pohrt R., Popov V. L. The extension of the method of dimensionality reduction to non-compact and non-axisymmetric contacts. *Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Mechanik*. 2016. Vol. 96, No. 10. ss. 1144–1155.
2. Frérot L., Aghababaei R., Molinari J.-F. A mechanistic understanding of the wear coefficient: From single to multiple asperities contact. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*. 2018. Vol. 114. pp. 172–184.
3. Polyakova E. Ya., Polyakov V. O., Dubinskiy S. I. On icing of railway rolling stock under operating conditions of northern latitudinal railway. *Izvestiya Peterburgskogo universiteta putey soobshcheniya*. 2021. Vol. 18, No. 1. pp. 72–79.
4. Albagachiev A. Yu., Lukashev E. A., Sidorov M. I., Stavrovskiy M. E. Tribochemical Kinetics of External Friction. *Russian Engineering Research*. 2017. Vol. 37, No. 8. pp. 686–693.
5. Yong Sun, Xingsheng Li. Experimental Investigation of Pick Body Bending Failure. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*. 2018. Vol. 7, No. 2. pp. 184–188.
6. Yong Sun, Xingsheng Li, Hua Guo. Failure Probability Prediction of Thermally Stable Diamond Composite Tipped Picks in the Cutting Cycle of Underground Roadway Development. *Applied Sciences*. 2019. Vol. 9, Iss. 16. 3294. DOI:10.3390/app9163294
7. Adigamov A., Zotov V., Kovalev R., Kopylov A. Calculation of transportation of the stowing composite based on the waste of water-soluble ores. *Transportation Research Procedia*. 2021. Vol. 57. pp. 17–23.
8. Perekutnev V. E., Zotov V. V. Modeling drive wheels of hoisting machines with rubber cables. *GIAB*. 2020. No. 6. pp. 105–114.
9. Holmberg K., Erdemir A. The impact of tribology on energy use and CO<sub>2</sub> emission globally and in combustion engine and electric cars. *Tribology International*. 2019. Vol. 135. pp. 389–396.
10. Vakis A. I., Yastrebov V. A., Scheibert J., Nicola L., Dini D. et al. Modeling and simulation in tribology across scales: An overview. *Tribology International*. 2018. Vol. 125. pp. 169–199.
11. Farfan-Cabrera L. I. Tribology of electric vehicles: A review of critical components, current state and future improvement trends. *Tribology International*. 2019. Vol. 138. pp. 473–486.
12. Opia A. C., Mohd Kameil Abdul Hamid, Syahrullail Samion, Johnson C. A. N., Abu Bakar Rahim et al. Nano-Particles Additives as a Promising Trend in Tribology: A Review on their Fundamentals and Mechanisms on Friction and Wear Reduction. *Evergreen*. 2021. Vol. 8, Iss. 4. pp. 777–798.
13. Timiryazev V. A., Khostikoev M. Z., Konoplev V. N., Nabatnikov Yu. F., Mnatsakanyan V. U. Improving Precision in Selective Assembly. *Russian Engineering Research*. 2019. Vol. 39, No. 6. pp. 499–502.
14. Surina N. V., Mnatsakanyan V. U. Automated process design system for mining equipment repair. *Gornyi Zhurnal*. 2019. No. 7. pp. 90–95. DOI: 10.17580/gzh.2019.07.08
15. Pisarenko G. S., Yakovlev A. P., Matveev V. V. Strength of materials : Handbook. 2nd enlarged and revised edition. Kiev : Naukova dumka, 1988. 736 p.
16. Keropyan A. M., Bibikov P. Ya., Verzhanskiy P. N. et al. Determination of endless cylindrical surface curvature radii. Patent RF, No. 2566598. Applied: 28.08.2014. Published: 27.10.2015. Bulletin No. 30.
17. Keropyan A. M., Kaputkin D. E., Bibikov P. Ya. et al. Measuring tool to control radius of curve of cylindrical surfaces of infinite length. Patent RF, No. 2568332. Applied: 28.08.2014. Published: 20.11.2015. Bulletin No. 32.
18. Keropyan A. M. Interaction theory development and justification of rational parameters for wheel-and-rail systems of locomotives in pulling mode in open pit mines : Dissertation ... of Doctor of Engineering Sciences. Yekaterinburg, 2015. 233 p.
19. Guidelines to Best Practices for Heavy Haul Railway Operations: Wheel and Rail Interface Issues. Virginia : IHHA, 2001. 485 p.
20. Keropyan A. M., Verzhanskiy P. M., Basov R. K. Rational geometrical parameters of the working surfaces of the rail and wheel tread career locomotive operating in the mode of traction. *Gornoe oborudovanie i elektromekhanika*. 2015. No. 1(110). pp. 28–33.
21. Rail grinding. Improvement of procedure and technology. *Zheleznye dorogi mira*. 2000. No. 9. pp. 1–10.
22. Luzhnov Yu. M. Nanotribology of the wheel and rail adhesion: Reality and opportunities. Ser. Transactions of the Research Institute for Railway Transport. Moscow : Intekst, 2009. 176 p.

УДК 622.625.24

## МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРИВОДА ОПРОКИДЫВАТЕЛЯ РУДНЫХ ВАГОНЕТОК ДОНСКОГО ГОКа

**А. В. НЕФЕДОВ<sup>1</sup>**, доцент, канд. пед. наук  
**А. В. ТАНЧУК<sup>1</sup>**, студент  
**Н. А. ЧИЧЕНЕВ<sup>2</sup>**, проф., д-р техн. наук, chich38@mail.ru

<sup>1</sup>Новотроицкий филиал НИТУ «МИСиС», Новотроицк, Россия  
<sup>2</sup>НИТУ «МИСиС», Москва, Россия

### Введение

АО «Транснациональная компания «Казхром» – современная, вертикально интегрированная структура мирового уровня входит в Евразийскую Группу (ERG) и является одним из лидеров мировой горно-металлургической отрасли по производству качественной хромовой руды. Компания – это горно-металлургический кластер полного цикла, начиная от разведки недр Земли, добычи различных руд полезных ископаемых и их обогащения и заканчивая металлургическим производством с выпуском продукции с высоким содержанием полезных элементов и добавленной стоимостью [1].

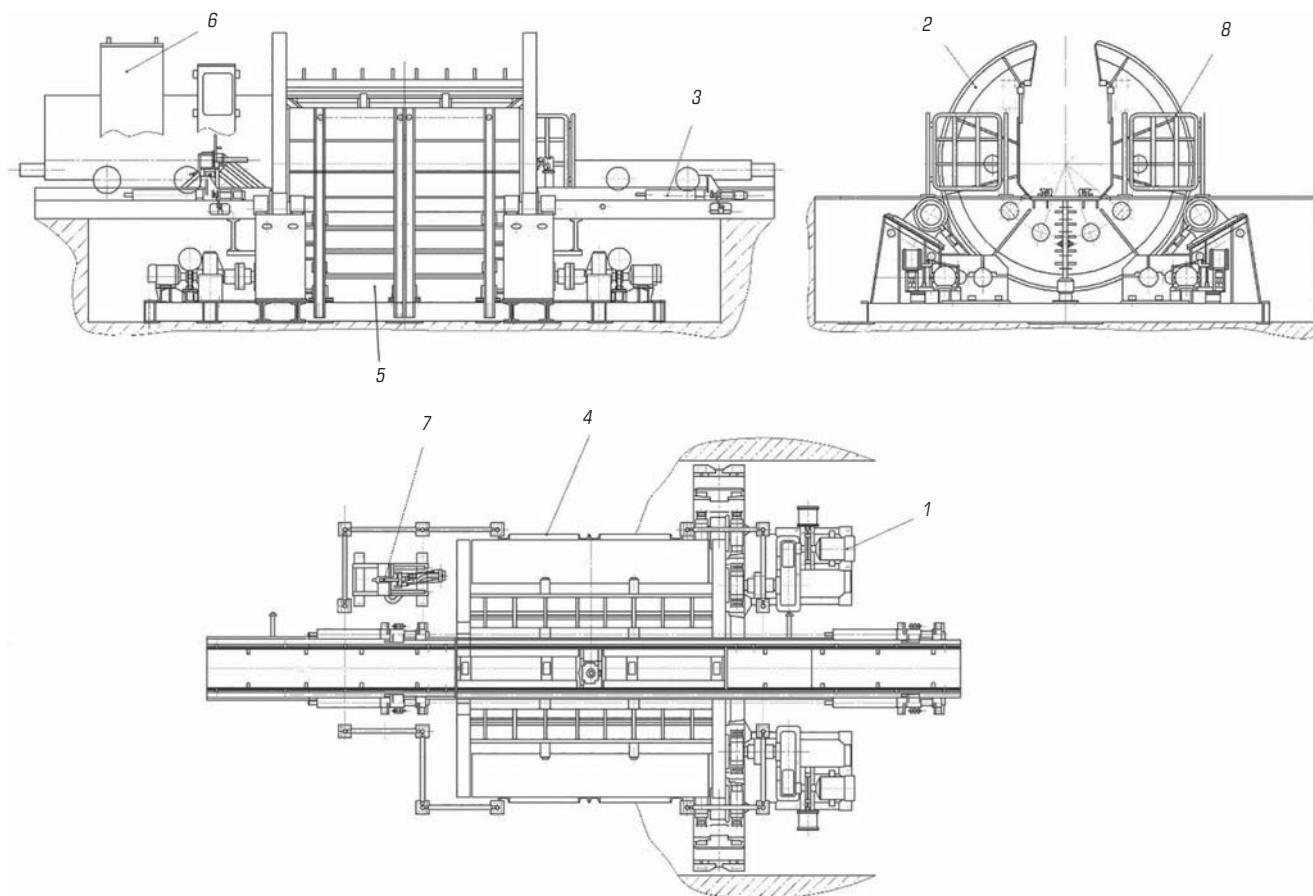
Донской ГОК – филиал АО «ТНК «Казхром», разрабатывает месторождения хромовых руд, которые по объемам запасов занимают второе место в мире, а по высокому качеству не имеют аналогов в мире [2, 3]. Руду поставляют на ферросплавные заводы в Казахстане и России, часть руды экспортируют в страны дальнего зарубежья, главным потребителем является Китай.

Рассмотрена конструкция опрокидывателя рудных вагонеток кругового типа ОКЭ2-4,5-750А, применяемых на шахте «Десятилетие независимости Казахстана» Донского ГОКа ТНК «Казхром». Показано, что эксплуатация оборудования в экстремальных условиях часто приводит к нарушению работоспособности электропривода. Для повышения эксплуатационной надежности и увеличения ресурса привода опрокидывателя предложена его модернизация путем замены четырех приводов вращения барабана на два привода с электродвигателями большей мощности.

**Ключевые слова:** горное дело, горные предприятия, добыча нерудных полезных ископаемых, подземная добыча руд, опрокидыватель рудных вагонеток, электрический привод  
**DOI:** 10.17580/gzh.2022.08.07

В Казахстане подземным способом добывают около 60 % металлических руд и горно-химического сырья, на подземных работах занято значительно большее число трудящихся, чем на открытых. Это объясняется тем, что подземным способом разрабатывают менее мощные залежи, но более качественные по составу руды. Кроме того, глубокозалегающие месторождения – это еще и более ценные руды. При этом важное значение приобретают проблемы транспортирования руды от очистного забоя до ствола шахты с последующим ее перемещением по поверхности в соответствии с принятой технологической схемой переработки полезного ископаемого [4–6].

© Нефедов А. В., Танчук А. В., Чиченев Н. А., 2022



**Рис. 1. Опрокидыватель рудных вагонеток до модернизации**

Повышение требований к качеству технологических машин и оборудования в целях снижения материальных, трудовых и финансовых затрат на техническое обслуживание и ремонт обуславливает необходимость модернизации и реконструкции оборудования [7–16].

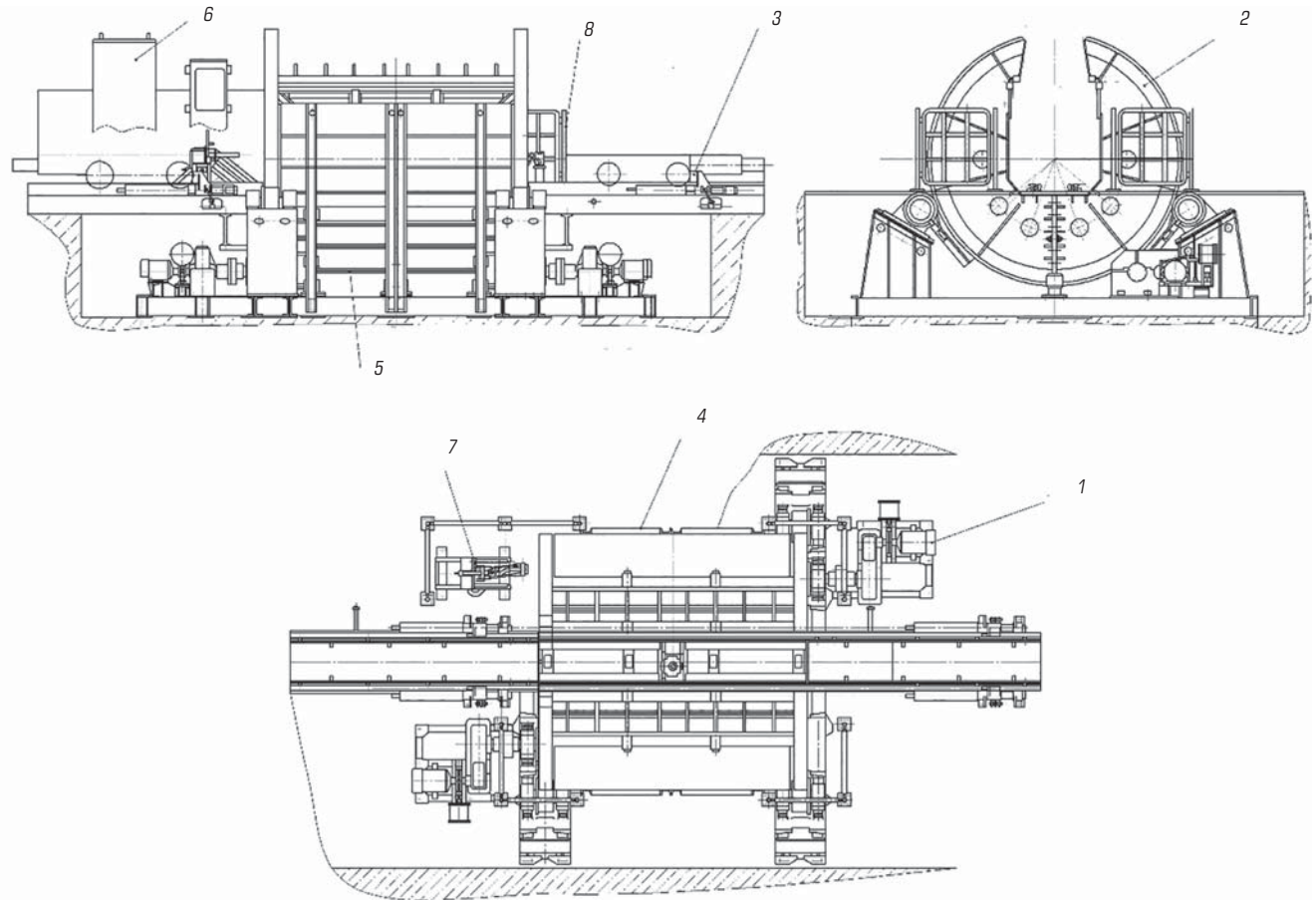
#### Проведенные исследования

Рассмотрены возможности повышения эксплуатационной надежности опрокидывателей рудных вагонеток, которые применяют на шахте «Десятилетие независимости Казахстана» Донского ГОКа. Для разгрузки вагонеток с глухим кузовом используют круговые опрокидыватели ОКЭ2-4,5-750А [17, 18], обеспечивающие разгрузку находящихся в составе нерасцепленных вагонеток. При нормальном режиме работы в сутки обрабатывают 70–80 составов, каждый из которых содержит 8 вагонеток [6].

Конструкция рудничного опрокидывателя вагонеток, который эксплуатируется в настоящее время на шахтах Донского ГОКа, показана на **рис. 1**. Одним из основных элементов опрокидывателя является барабан 2, опирающийся на приводные и опорные ролики. Внутри барабана находится рельсовая платформа, на которой располагается и закрепляется посредством стопора 3 вагонетка с грузом. Поворот барабана 2 вокруг оси, которая совпадает с осью вращения сцепки вагонеток, осуществляют с

помощью электромеханического привода 6, который фактически состоит из четырех независимых приводов 1 – по два привода с входной и выходной сторон опрокидывателя. Элементы привода (электродвигатель, редуктор, муфты, электромагнитный тормоз, приводные ролики и др.), а также опорные и упорные ролики установлены на раме. Для направления потока разгружаемой руды в бункер предусмотрены щиты 4 и 5. Фиксацию положения рудной вагонетки в опрокидывателе осуществляют с помощью стопора 3, который приводится в действие пневматической системой 7. Защита обслуживающего персонала в процессе работы опрокидывателя обеспечивается установкой ограждения 8. Кроме того, опрокидыватель включает электрооборудование, систему орошения, кабину для размещения оператора и др.

Опрокидыватель работает следующим образом. Электровоз с груженым составом протягивает вагонетки через опрокидыватель. При достижении вагонеткой зоны опрокидывания датчик положения состава подает сигнал в пневмосистему 7, которая фиксирует вагонетку с помощью стопора 3. Посредством привода 1 барабан 2 опрокидывателя поворачивается на 180° и останавливается; после этого включается вибрационный ударник, способствующий полному высыпанию материала и работающий в течение 10–40 с. Для направления потока материала служат ограждающие барабан щиты 4 и 5. Далее происходит поворот опрокидывателя до



**Рис. 2. Опрокидыватель рудных вагонеток после модернизации:**

1 – привод; 2 – барабан; 3 – стопор; 4 – щит; 5 – щит отбойный; 6 – электрооборудование; 7 – пневмосистема; 8 – ограждение

исходного положения. Электровоз протягивает состав, и в зону опрокидывания попадает следующая вагонетка; цикл повторяется, пока не будут разгружены все вагонетки.

Основные технические характеристики кругового рудничного опрокидывателя ОКЭ2-4,5-750А приведены ниже.

Техническая характеристика опрокидывателя ОКЭ2-4,5-750А	
Тип разгружаемых вагонеток .....	ВГ-4,5
Колея, мм .....	750 (900)
Число одновременно разгружаемых вагонеток, ед. ....	1 или 2
Время одного оборота, с .....	13
Габаритные размеры, м .....	12,5×6,3×4,5
Масса ролика, т .....	50

### Полученные результаты

Опыт эксплуатации опрокидывателей рудничных вагонеток показал, что тяжелые условия работы часто приводят к нарушению работоспособности электропривода, который включает четыре асинхронных электродвигателя с короткозамкнутым ротором и релейную систему управления. Каждый электродвигатель имеет мощность 11 кВт и работает с относительно высокой продолжительностью включения ПВ (до 50 %), что при наличии значительных вращающихся масс вагонетки и насыпного груза

приводит к высокой нагруженности электропривода и снижению его надежности.

При выходе из строя одного из двигателей работа опрокидывателя обеспечивается оставшимися двигателями, что обуславливает их перегрузку, а так как мощность небольшая, то происходит разрушение изоляции статорных обмоток из-за тепловых нагрузок, а также воздействия значительных электродинамических сил и преждевременный износ электрических и механических компонентов электродвигателя, ведущий к выходу механизма из строя.

Другим недостатком конструкции опрокидывателя является то, что электропривод работает в различных экстремальных условиях (повышенной влажности, запыленности, смены температур, загазованности, попаданием на поверхность приводного ролика различных инородных веществ, пыли, горной породы, грязи), которые приводят к проскальзыванию опорных роликов и дополнительным нагрузкам на другие двигатели. Частые выходы из строя двигателя приводят к простоям в технологическом процессе, отставанию от плановых показателей по добыче, потере прибыли, большим затратам на ремонт и доставку оборудования до места назначения.

В последнее время надежность технологических машин и оборудования становится одной из основных инженерных проблем и для горно-металлургического производства приобретает

все более важное значение. Недостаточная надежность технологических машин и входящих в них элементов и устройств не только приводит к значительным простоям оборудования, но и существенно удорожает стоимость их эксплуатации. Повышение требований к качеству технологических машин и оборудования в целях снижения материальных, трудовых и финансовых затрат на техническое обслуживание и ремонт обуславливает необходимость модернизации и реконструкции оборудования. При этом большое внимание уделяется оборудованию на подготовительных процессах для обогащения полезных ископаемых [19–26].

Основная цель модернизации — замена четырех приводов вращения барабана на два привода с электродвигателями большей мощности для повышения надежности и увеличения ресурса опрокидывателей. Для улучшения условий проведения технического обслуживания и ремонта рациональнее разместить приводы по диагонали барабана (рис. 2). Одной из основных причин неравномерной выработки ресурса является имеющее место различие фрикционных связей между приводными роликами и барабаном, что приводит к проскальзыванию отдельных роликов (особенно при пуске) и, соответственно, неравномерному распределению нагрузки между электроприводами, но размещение приводов по диагонали позволит решить эту проблему.

В качестве приводных электродвигателей используют обычные асинхронные или крановые двигатели с относительной продолжительностью включения ПВ = 35–40 %. Выбираем электродвигатель серии 4АН160РНУ2 мощностью 22 кВт с частотой вращения 1500 мин<sup>-1</sup> рудничного исполнения, который предназначен для работы в подземных выработках, на карьерах и обогатительных фабриках в условиях невзрывоопасной окружающей среды, содержащей агенты коррозии, при запыленности воздуха до 100 мг/м<sup>3</sup>.

Замена электродвигателей на более мощные позволяет более эффективно эксплуатировать данное оборудование, снижает число возможных ремонтов и незапланированных остановок технологического процесса. В результате в 2 раза сокращается число механического и электрического оборудования; упрощаются осмотр, ревизия, ремонт и наладка оборудования; сокращаются объемы закупки запасных частей.

После демонтажа двух приводов освободившуюся площадь можно будет использовать для технического обслуживания и

ремонта оборудования, так как работа опрокидывателя осуществляется в стесненных условиях.

Повышение производительности и улучшение условий эксплуатации подземного оборудования косвенно влияют на улучшение экологической обстановки, так как разработка полезных ископаемых открытым способом оказывает негативное воздействие на окружающую среду в части загрязнения атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, изъятия земельных ресурсов и т. д. Поэтому, несмотря на то, что открытая разработка характеризуется более эффективными технико-экономическими показателями (высокой степенью извлечения, большей производственной мощностью и др.) по сравнению с шахтной добычей, в последнее время более интенсивно развивают подземные способы разработки месторождений.

На Донском ГОКе открытый способ добычи был основным в течение первых 44 лет и доминирующим до 1995 г. [23]. За 80 лет отработано 20 карьерных участков, добыто более 208 млн т хромовой руды. В настоящее время после реконструкции карьера «Южный» добычу открытым способом будут осуществлять только до 2022 г., далее месторождение планируют отработать подземным способом.

### Заключение

В результате модернизации привода опрокидывателя рудных вагонеток удалось упростить его конструкцию и уменьшить трудоемкость технического обслуживания и ремонта на 20 ч в год. Замена четырех приводов вращения барабана на два привода с электродвигателями большей мощности повышает надежность их работы, позволяет увеличить межремонтный период эксплуатации и тем самым снизить эксплуатационные расходы. Расчеты показывают, что реализация проектных решений приводит к снижению себестоимости одной тонны добытой руды на 1,32 %, увеличению рентабельности производства продукции на 5,19 % и повышению производительности труда на 0,36 %. Дополнительные капитальные затраты не превышают 200 тыс. руб. и окупаются менее чем за 2 мес.

Проект является эффективным, быстрокупаемым и рекомендуется к внедрению не только в АО «ТНК «Казхром» но и на других предприятиях горнодобывающей отрасли.

### Библиографический список

1. О компании / АО «ТНК «Казхром», 2022. URL: <https://www.kazchrome.com/ru/about-us/history/> (дата обращения: 26.04.2022).
2. Донской горно-обогатительный комбинат / АО «ТНК «Казхром», 2022. URL: <https://www.kazchrome.com/ru/business-overview/divisions/donskoj/> (дата обращения: 26.04.2022).
3. Неудахин С. Д., Соснина Н. А. Руда и люди Хромтау: о Донском горно-обогатительном комбинате. — Алма-Ата, 1988. — 38 с.
4. Кантович Л. И., Гетопанов В. Н. Горные машины: учебник. — М.: Недра, 1989. — 304 с.
5. Татаренко А. М., Максецкий И. П. Рудничный транспорт: учеб. пособие. — М.: Недра, 1984. — 263 с.
6. Клорикьян С. Х., Косоруков Н. Д., Лантев А. Г., Лебедев А. Д., Маршак С. А. и др. Машины и оборудование для шахт и рудников: справочник. — 7-е изд. — М.: Изд-во МГГУ, 2002. — 471 с.
7. Бардовский А. Д., Горбатюк С. М., Керопян А. М., Бибииков П. Я. Оценка параметров разгонных дисков центробежной мельницы с учетом характера движения частиц материала по их рабочим поверхностям // Трение и износ. 2018. Т. 39. № 4. С. 409–414.
8. Горбатюк С. М., Морозова И. Г., Наумова М. Г. Разработка рабочей модели процесса реиндустриализации производства термической обработки штамповых сталей // Известия вузов. Черная металлургия. 2017. Т. 60. № 5. С. 410–415.
9. Keropyan A., Gorbatyuk S., Gerasimova A. Tribotechnical Aspects of Wheel-Rail System Interaction // Procedia Engineering. 2017. Vol. 206. P. 564–569.
10. Герасимова А. А., Керопян А. М., Гирия А. М. Исследование системы колесо-рельс карьерных локомотивов в режиме тяги // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2018. № 1. С. 39–42.
11. Rumyantsev M. I. Some approaches to improve the resource efficiency of production of flat rolled steel // CIS Iron and Steel Review. 2016. Vol. 12. P. 32–36. DOI: 10.17580/cisir.2016.02.07



12. Нefeldov A. B., Svichkar V. B., Chicheneva O. N. Реинжиниринг скипового подъемника для загрузки печи литейного отделения ЗАО «РИФАР» // *Сталь*. 2020. № 7. С. 50–53.
13. Жильцов А. П., Вишнеvский Д. А., Козачишен В. А., Бочаров А. В. Разработка алгоритма и компьютерной программы для расчета надежности оборудования и производственного риска в металлургической отрасли // *Черные металлы*. 2018. № 11. С. 27–33.
14. Чиченеv Н. А. Импортозамещающий реинжиниринг привода роликов промежуточного рольганга блюмовой МНЛЗ // *Металлург*. 2014. № 10. С. 57–59.
15. Ke Yang, Shuiqing Zhou, Yinjie Hu, Huaxin Zhou, Weiya Jin. Energy Efficiency Optimization Design of a Forward-Swept Axial Flow Fan for Heat Pump // *Frontiers in Energy Research*. 2021. Vol. 9. 700365. DOI: 10.3389/fenrg.2021.700365
16. Concli F., Maccioni L., Gorla C. Development of a computational fluid dynamics simulation tool for lubrication studies on cycloidal gear sets // *International Journal of Computational Methods and Experimental Measurements*. 2020. Vol. 8. Iss. 3. P. 220–232.
17. Опрокидыватели вагонеток ОК, ОКЭ / Завод имени М. И. Калинина, 2022. URL: <https://tdzik.ru/produkcija/sredstva-mekhanizacii-gornogo-transporta/oprokidyvateli-vagonetok-ok-okeh.html> (дата обращения: 26.04.2022).
18. Опрокидыватели вагонеток круговые / Поволжский завод промышленного оборудования. URL: <https://p-zpo.ru/catalog/oborudovanie-dlya-razgruzki-vagonetok/oprokidyvateli-vagonetok-krugovye.html> (дата обращения: 26.04.2022).
19. Горбатюк С. М., Заралин А. Ю., Чиченеv Н. А. Модернизация вибрационного грохота горнорудного общества «Катока» (Ангола) // ГИАБ. 2018. № 1. С. 143–149.
20. Горбатюк С. М., Заралин А. Ю., Чиченеv Н. А. Реинжиниринг спирального классификатора горнорудного общества «Катока» (Ангола) // ГИАБ. 2018. № 2. С. 215–221.
21. Арабаджи Я. Н., Оленников А. С., Курчуков А. М., Лихачева Т. А. Реконструкция оборудования отделения сгущения Талнахской обогатительной фабрики по технологии HRT компании Outotec // *Цветные металлы*. 2018. № 6. С. 38–43. DOI: 10.17580/tsm.2018.06.05
22. Jones H. G., Norgren S. M., Kritikos M., Mingard K. P., Gee M. G. Examination of wear damage to rock-mining hardmetal drill bits // *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*. 2017. Vol. 66. P. 1–10.
23. Jian-guo Li, Kai Zhan. Intelligent Mining Technology for an Underground Metal Mine Based on Unmanned Equipment // *Engineering*. 2018. Vol. 4. Iss. 3. P. 381–391.
24. Жарекен А. Ж., Джумалиев А. С. Реконструкция контура охлаждения обжиговой печи // *Горный журнал*. 2018. № 5. С. 34–35.
25. Калинин Ю. Н., Каменев А. А., Митькин А. В., Кирееvков А. Н. Реконструкция обжиговых машин фабрики окомкования // *Горный журнал*. 2017. № 5. С. 67–69. DOI: 10.17580/gzh.2017.05.15
26. Тиль В. В. Донскому ГОКу – 80 лет // *Горный журнал*. 2018. № 5. С. 6–12. **ПЖ**

«GORNYI ZHURNAL», 2022, № 8, pp. 52–56  
DOI: 10.17580/gzh.2022.08.07

**Modification of car tippler drive at Donskoy Ore Mining and Processing Plant**

**Information about authors**

**A. V. Nefeldov**<sup>1</sup>, Associate Professor, Candidate of Pedagogical Sciences

**A. V. Tanchuk**<sup>1</sup>, Student

**N. A. Chicheneva**<sup>2</sup>, Professor, Doctor of Engineering Sciences, [chich38@mail.ru](mailto:chich38@mail.ru)

<sup>1</sup>NUST MISIS Branch in Novotroitsk, Novotroitsk, Russia

<sup>2</sup>NUST MISIS, Moscow, Russia

**Abstract**

Severization of quality standards imposed on process machines and equipment toward reduction in the material, labor and financial expenditures connected with maintenance and repair dictates reengineering to be undertaken.

The article presents the design analysis of round car tippler model OKE2-4.5-750A in service at the 10th Anniversary of Independence of Kazakhstan Mine of Donskoy Mining and Processing Plant, Kazchrome. It is shown that extreme operating conditions (increased dampness, dustiness, temperature changes, gas contamination, foreign substances, dust, rocks, and dirt hitting the surface of drive rollers) often lead to a malfunction of the electric drive. To increase the operational reliability and service life of the tippler drive, it is proposed to modernize it by switching from four drives for rotation of the drum to two drives with electric motors of higher capacity, with placement of the drives along the diagonal of the drum. As a result of the car tippler drive modernization, it was succeeded to simplify its design, and to reduce the labor intensity of maintenance and repair by 20 hours per year. Replacement of four drives for drum rotation by two drives with electric motors of higher capacity increases their reliability, allows extending the turnaround time and thereby reducing the operating costs. The calculations show that the implementation of the design solutions leads to a decrease in the production cost of one ton of ore by 1.32 %, to an increase in the product profitability by 5.19 % and to an increase in the labor productivity by 0.36 %. The additional capital costs do not exceed 200 thousand rubles and the pay-off period is less than 2 months.

**Keywords:** mining, mines, mining of non-metallic minerals, underground ore mining, car tippler, electric drive.

**References**

1. About us. TNC Kazchrome JSC, 2022. Available at: <https://www.kazchrome.com/ru/about-us/history/> (accessed: 26.04.2022).
2. Donskoy Ore Mining and Processing Plant. TNC Kazchrome JSC, 2022. Available at: <https://www.kazchrome.com/ru/business-overview/divisions/donskoy/> (accessed: 26.04.2022).
3. Neudakhin S. D., Sosnina N. A. Ore and people of Khromtau : Donskoy Mining and Processing Plant. Alma-Ata, 1988. 38 p.
4. Kantovich L. I., Getopanov V. N. Mining machines : Textbook. Moscow : Nedra, 1989. 304 p.
5. Tatarenko A. M., Maksetskiy I. P. Mine transport : Tutorial. Moscow : Nedra, 1984. 263 p.
6. Klorikyan S. Kh., Kosorukov N. D., Laptev A. G., Lebedev A. D., Marshak S. A. et al. Machines and equipment for mines: reference book. 7th ed. Moscow : Izdatelstvo MGGU, 2002. 471 p.
7. Bardovskiy A. D., Gorbatyuk S. M., Keropyan A. M., Bibikov P. Ya. Assessing Parameters of the Accelerator Disk of a Centrifugal Mill Taking into Account Features of Particle Motion on the Disk Surface. *Journal of Friction and Wear*. 2018. Vol. 39, No. 4. pp. 326–329.

8. Gorbatyuk S. M., Morozova I. G., Naumova M. G. Reindustrialization Principles in the Heat Treatment of Die Steels. *Steel in Translation*. 2017. Vol. 47, No. 5. pp. 308–312.
9. Keropyan A., Gorbatyuk S., Gerasimova A. Tribotechnical Aspects of Wheel-Rail System Interaction. *Procedia Engineering*. 2017. Vol. 206. pp. 564–569.
10. Gerasimova A. A., Keropyan A. M., Giry A. M. Study of the Wheel–Rail System of Open-Pit Locomotives in Traction Mode. *Journal of Machinery Manufacture and Reliability*. 2018. Vol. 47, No. 1. pp. 35–38.
11. Rummyantsev M. I. Some approaches to improve the resource efficiency of production of flat rolled steel. *CIS Iron and Steel Review*. 2016. Vol. 12. pp. 32–36. DOI: 10.17580/cisir.2016.02.07
12. Nefeldov A. V., Svichkar V. V., Chicheneva O. N. Revamping of the skip hoist for charging the furnace of the foundry division of the CJSC “Rifar”. *Steel in Translation*. 2020. No. 7. pp. 50–53.
13. Zhiltsov A. P., Vishnevsky D. A., Kozachishen V. A., Bocharov A. V. Development of the algorithm and computer program for calculating the equipment reliability and production risk in the metallurgical industry. *Chemye Metally*. 2018. No. 11. pp. 27–33.
14. Chichenev N. A. Import-replacing re-engineering of the drive of the rollers in the intermediate roller table of a continuous bloom caster. *Metallurgist*. 2015. Vol. 58, No. 9–10. pp. 892–895.
15. Ke Yang, Shuiqing Zhou, Yinjie Hu, Huaxin Zhou, Weiya Jin. Energy Efficiency Optimization Design of a Forward-Swept Axial Flow Fan for Heat Pump. *Frontiers in Energy Research*. 2021. Vol. 9. 700365. DOI: 10.3389/fenrg.2021.700365
16. Concli F., Maccioni L., Gorla C. Development of a computational fluid dynamics simulation tool for lubrication studies on cycloidal gear sets. *International Journal of Computational Methods and Experimental Measurements*. 2020. Vol. 8, Iss. 3. pp. 220–232.
17. Car tippler models OK and OKE. Kalinin Machine Building Plant, 2022. Available at: <https://tdzik.ru/produkcija/sredstva-mekhanizacii-gornogo-transporta/oprokidyvateli-vagonetok-ok-okeh.html> (accessed: 26.04.2022).
18. Round car tipplers. Povolzhsky Industrial Equipment Plant. Available at: <https://p-zpo.ru/catalog/oborudovanie-dlya-razgruzki-vagonetok/oprokidyvateli-vagonetok-krugovye.html> (accessed: 26.04.2022).
19. Gorbatyuk S. M., Zаралин А. Ю., Чиченеv Н. А. Retrofit of vibrating screen of Catoca Mining Company (Angola). *GIAB*. 2018. No. 1. pp. 143–149.
20. Gorbatyuk S. M., Zаралин А. Ю., Чиченеv Н. А. Reengineering of spiral classifier of Catoca Mining Company Ltd, Angola. *GIAB*. 2018. No. 2. pp. 215–221.
21. Arabadzhi Ya. N., Olennikov A. S., Kurchukov A. M., Likhachova T. A. Thickening equipment modernization with supaflo process (Outotec) at Talnakh Concentrator. *Tsvetnye Metally*. 2018. No. 6. pp. 38–43. DOI: 10.17580/tsm.2018.06.05
22. Jones H. G., Norgren S. M., Kritikos M., Mingard K. P., Gee M. G. Examination of wear damage to rock-mining hardmetal drill bits. *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*. 2017. Vol. 66. pp. 1–10.
23. Jian-guo Li, Kai Zhan. Intelligent Mining Technology for an Underground Metal Mine Based on Unmanned Equipment. *Engineering*. 2018. Vol. 4, Iss. 3. pp. 381–391.
24. Zhareken A. Zh., Dzhumaliev A. S. Burning furnace cooling circuit refitting. *Gornyi Zhurnal*. 2018. No. 5. pp. 34–35.
25. Kalinenko Yu. N., Kamenev A. A., Mitkin A. V., Kirienvkov A. N. Reengineering of roasting machines at pelletizing factory. *Gornyi Zhurnal*. 2017. No. 5. pp. 67–69. DOI: 10.17580/gzh.2017.05.15
26. Til V. V. Donskoy Ore Mining and Processing Plant celebrates its 80th anniversary. *Gornyi Zhurnal*. 2018. No. 5. pp. 6–12.