

www.rudmet.ru

ISSN 0017-2278



# ГОРНЫЙ ЖУРНАЛ

197 лет

Издается с 1825 года  
(№ 2305)

12.2022

*С Новым Годом!*



# СОДЕРЖАНИЕ

## ГЕОЛОГИЯ, ПОИСК И РАЗВЕДКА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

**Керимова К. А., Халилова Л. Н.** Уточнение границ горизонтов и свит с использованием количественных признаков промыслово-геофизических параметров . . . . . 4

**Гасанов А. Б., Гурбанов В. Ш., Аббасова Г. Г.** Вариации коллекторских свойств продуктивных горизонтов морских месторождений Азербайджана . . . . . 10

## ФИЗИКА ГОРНЫХ ПОРОД И ПРОЦЕССОВ

**Багаудинов И. И., Беляков Н. А., Севрюков В. В., Рассказов М. И.** Применение модели упрочняющегося грунта для прогноза зоны пластических деформаций массива слабоустойчивых пород Яковлевского железорудного месторождения . . . . . 16

**Уразбаев Т. Р., Аксенов А. А., Мулев С. Н., Минзаринов Р. Г.** Изменение сейсмоактивности и удароопасности при ведении очистных работ на Кальинском месторождении АО «СУБР» . . . . . 21

## РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ

**Орынбаев Б. А., Юсупов Х. А., Алиев С. Б., Рустемов С. Т.** Повышение эффективности взрывной отбойки с предварительным разупрочнением массива . . . . . 27

**Мисников О. С., Купорова А. В.** Технологические основы добычи гидрофобно-модифицированного кускового торфа . . . . . 34

## ПЕРЕРАБОТКА И КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

**Бардовский А. Д., Герасимова А. А., Басыров И. И.** Оценка эффективности работы пневмокласификаторов для процесса сухого разделения мелких фракций нерудного сырья . . . . . 40

## ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

**Богавлёв М. А., Нефедов А. В., Чиченев Н. А.** Модернизация привода вертикальной молотковой дробилки ВМД-105 в АО «Оренбургские минералы» . . . . . 45

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

**Шевырева Н. Ю.** Влияние активного выпрямителя напряжения с релейным контуром тока на искажение формы напряжения сети . . . . . 49

## АВТОМАТИЗАЦИЯ

**Захаров В. Н., Каплунов Д. Р., Клебанов Д. А., Радченко Д. Н.** Методические подходы к стандартизации сбора, хранения и анализа данных при управлении горнотехническими системами . . . . . 55

## ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ОХРАНА ТРУДА

**Гавришин А. И., Иванов И. В.** Анализ возможного влияния химического состава реголитов на условия разработки полезных ископаемых на Луне . . . . . 62

## ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

**Кожобаев К. А., Тотубаева Н. Э., Шайкиева Н. Т., Оторова С. Т.** Влияние разработки Кара-Кечинского бурогоугольного месторождения на состав и свойства вод реки Кара-Кече . . . . . 68

## ПОДГОТОВКА КАДРОВ

**Волков А. Ф.** Инновационная система подготовки квалифицированных кадров для горнодобывающей промышленности Дальневосточного федерального округа на примере Хабаровского края . . . . . 73

## К 200-летию «ГОРНОГО ЖУРНАЛА»

**Гунгер Ю. В.** Евграф Степанович Федоров в Богословском горном округе . . . . . 81

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

**Буткевич Г. Р.** Комплексное освоение минеральных ресурсов . . . . . 87

## НОВАЯ ЛИТЕРАТУРА

**Ульрих Д. В.** О книге И. В. Зенькова «Цементная промышленность России по данным дистанционного зондирования Земли из космоса. Открытые горные работы и цементные заводы» . . . . . 90

**Кривовичев С. В., Остапенко С. П.** О книге Цзяньхуа Ченя, Цинхе Сю, Е. Ченя «Особенности электронного строения поверхностей сульфидных минералов. Теория функционала плотности и приложения» . . . . . 91

## ЮБИЛЕИ

Соколову Игорю Владимировичу – 60 лет . . . . . 61

## ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Якутск – город трудовой доблести . . . . . 92

Итоги XXV сессии Межправительственного совета стран СНГ по разведке, использованию и охране недр . . . . . 93

Памяти Стрельцова Владимира Ивановича . . . . . 26

Содержание журнала за 2022 год . . . . . 94

## РЕКЛАМА

На обложке:

АО «Союзцветметавтоматика им. В. П. Топчаева»  
«Mining World Russia-2023» – 27-я Международная выставка машин и оборудования для добычи, обогащения и транспортировки полезных ископаемых

**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 – VNIPIpromtehnologii (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,  
Editor-in-Chief: **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****GEOLOGY, SEARCH AND EXPLORATION OF MINERALS**

**Kerimova K. A., Khalilova L. N.** Delineation of horizons and suites based on quantitative indicators of oil-field geophysical parameters . . . . . **4**

**Gasnov A. B., Gurbanov V. Sh., Abbasova G. G.** Variation in reservoir properties of productive strata in offshore fields of Azerbaijan . . . . . **10**

**PHYSICS OF ROCKS AND PROCESSES**

**Bagautdinov I. I., Belyakov N. A., Sevryukov V. V., Rasskazov M. I.** Hardening soil model in prediction of plastic deformation zone in soft rock mass of Yakovlevo iron ore deposit . . . . . **16**

**Urazbaev T. R., Aksenov A. A., Mulev S. N., Minzaripov R. G.** Change in seismic activity and rockburst hazard in stoping at SUBR’s Kalia deposit . . . . . **21**

**DEVELOPMENT OF DEPOSITS**

**Orynbaev B. A., Yusupov Kh. A., Aliev S. B., Rustemov S. T.** Improvement of blasting efficiency with pre-softening of rock mass . . . . . **27**

**Misnikov O. S., Kuporova A. V.** Technological framework for hydrophobically modified sod peat extraction . . . . . **34**

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

**Bardovsky A. D., Gerasimova A. A., Basyrov I. I.** Efficiency of air classifiers in dry separation of nonmetallic mineral fines . . . **40**

**EQUIPMENT AND MATERIALS**

**Bogavlev M. A., Nefedov A. V., Chichenev N. A.** Modernization of drive of vertical hammer crusher VMD-105 at Orenburg Minerals . . . . . **45**

**POWER SYSTEM MANAGEMENT**

**Shevyreva N. Yu.** Influence of active rectifier with relay current circuit on supply voltage distortion . . . . . **49**

**AUTOMATION**

**Zakharov V. N., Kaplunov D. R., Klebanov D. A., Radchenko D. N.** Methodical approaches to standardization of data acquisition, storage and analysis in management of geotechnical systems . . . . . **55**

**INDUSTRY SAFETY AND LABOUR PROTECTION**

**Gavrishin A. I., Ivanov I. V.** Potential effect of lunar soil chemistry on mineral mining conditions on the Moon . . . . . **62**

**ENVIRONMENTAL PROTECTION**

**Kozhobaev K. A., Totubaeva N. E., Shaikieva N. T., Otorova S. T.** Impact of Kara-Keche lignite mining on the Kara-Keche River water composition and properties . . . . . **68**

**TRAINING OF PERSONNEL**

**Volkov A. F.** Innovative training of highly qualified personnel for the mining industry in the Far East Federal District: A case-study of the Khabarovsk Krai . . . . . **73**

УДК 622.732:621.926.46

# МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРИВОДА ВЕРТИКАЛЬНОЙ МОЛОТКОВОЙ ДРОБИЛКИ ВМД-105 В АО «ОРЕНБУРГСКИЕ МИНЕРАЛЫ»

**М. А. БОГАВЛЁВ**<sup>1</sup>, студент

**А. В. НЕФЕДОВ**<sup>1</sup>, зам. директора, доцент, канд. пед. наук,  
cosnovotr@rambler.ru

**Н. А. ЧИЧЕНЕВ**<sup>2</sup>, проф., д-р техн. наук

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

<sup>2</sup>НИТУ «МИСиС», Москва, Россия

## Введение

АО «Оренбургские минералы» – российская горнодобывающая компания, основной деятельностью которой является добыча хризотил-асбеста и производство хризотилового волокна (г. Ясный, Оренбургская обл.). Годовая проектная мощность предприятия – 500 тыс. т готовой продукции, при этом на экспорт направляется более 60 %. АО «Оренбургские минералы» производит хризотил 3–7-й групп с различной длиной волокна в соответствии с ГОСТ 12871–2013 «Хризотил. Общие технические условия». Кроме стандартных марок хризотила, комбинат предлагает смеси марок хризотилового волокна с требуемыми потребителями показателями качества.

Производственно-техническим отделом комбината была выполнена оценка технологических режимов работы обогатительного оборудования и проведено сравнение технико-экономических и качественных показателей производства [1–4]. Анализ показал, что дальнейшее наращивание объемов невозможно без запуска четвертой секции. Все работы по монтажу оборудования четвертой секции и вводу ее в эксплуатацию выполняли собственными силами. Запуск данной секции позволил обеспечить повышение качества выпускаемой продукции и увеличить объемы производства.

Добычей и подачей руды на обогатительную фабрику занимается горнотранспортный комплекс, включающий в себя горный, железнодорожный и автотранспортный цеха. Хризотиловая руда поступает на обогатительную фабрику, которая является высокоавтоматизированным предприятием, способным перерабатывать до 10 млн т руды в год. Фабрика состоит из дробильно-сортировочного комплекса и цеха обогащения. Технологическая схема дробильно-сортировочного комплекса предусматривает три стадии дробления, четыре стадии классификации, сушку руды и функционирует по условиям максимально возможного сохранения природной текстуры, длины и физико-механических свойств волокна [5–11].

С увеличением объема производства готовой продукции возникла необходимость повышения производительности процесса дробления на вертикальных молотковых дробилках (24 ед.), установленных на стадиях мелкого дробления.

Приведены краткие сведения о российской горнодобывающей компании «Оренбургские минералы», основной деятельностью которой является добыча хризотил-асбеста и производство хризотилового волокна. Отмечено, что с увеличением объемов производства возникла необходимость повышения производительности процесса дробления на вертикальных молотковых дробилках, установленных на стадии мелкого дробления. С этой целью предложена модернизация привода вертикальной молотковой дробилки ВМД-105.

**Ключевые слова:** добыча хризотил-асбеста, обогатительная фабрика, производительность процесса, дробление хризотилового волокна, вертикальная молотковая дробилка

**DOI:** 10.17580/gzh.2022.12.08

## Методика исследований

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 [12–21].

В статье рассмотрены вопросы модернизации повышения производительности вертикальной молотковой дробилки с целью увеличения ее производительности.

Вертикальная молотковая дробилка ВМД-105 предназначена для всех стадий мелкого дробления асбестовых руд и для распушки асбеста (рис. 1). Дробилки установлены в цехе обогащения на высоких фундаментах и имеют следующие технические характеристики:

Производительность теор/факт., т/ч	60/53
Степень дробления	1,5–2
Крупность исходного материала, мм	30
Диаметр ротора, мм	1060
Длина ротора, мм	1130
Внутренний диаметр рабочей камеры, мм	1120
Окружная скорость молотков на операции дробления, м/с	30
Мощность электродвигателя, кВт	160
Частота вращения вала электродвигателя, мин <sup>-1</sup>	985
Габаритные размеры, мм	4020×1650×2275
Масса дробилки, кг	7850

Дробилка включает вертикально установленный цилиндрический корпус 7, загрузочный 6 и разгрузочный 11 патрубки. По оси корпуса 2 расположен ротор 8 с закрепленными на нем молотками 10 и отбойниками 9; ротор установлен на подшипниковых опорах 5 и 12, расположенных в верхней и нижней частях устройства соответственно. Вал ротора приводится во вращения от асинхронного электродвигателя 2 с помощью клиноременной передачи 4,

снабженной защитным кожухом 3. Регулирование натяжения ремней осуществляется путем перемещения плиты электродвигателя 1 относительно рамы 13 дробилки с помощью винтового натяжного устройства 14.

Исходный материал через загрузочный патрубок 6 поступает в многоярусную рабочую зону цилиндрического корпуса 7, где происходит его измельчение за счет ударного действия рабочих элементов, в качестве которых используются шарнирно закрепленные молотки 10. Между рядами молотков на внутренней поверхности корпуса установлены отражатели, предотвращающие прохождение неизмельченного материала вдоль стенок корпуса.

Содержание и ремонт оборудования на обогатительной фабрике обеспечивается службой сервисного обслуживания и ремонта. Внутрисменное техническое обслуживание оборудования осуществляют дежурный и эксплуатирующий оборудование персонал. Состояние и работоспособность оборудования отражают в специальных журналах. Данные журналы являются исходными для определения объема и содержания работ по устранению неисправностей. Профилактические осмотры оборудования проводят механики, электрики и энергетики участков.

Основные неполадки молотковых дробилок при эксплуатации связаны с интенсивным износом молотков, бронеплит и колосниковой решетки. С целью равномерного износа всех сторон молотков и prolongирования срока их эксплуатации следует переставлять молотки на рабочих осях. Для этого разбирают ротор, отмечают расположение осей в отверстиях крайних дисков и поочередно переставляют молотки. Необходимо, чтобы каждый молоток был установлен на прежнее место для сохранения балансировки ротора. При срабатывании всех четырех рабочих кромок молотки заменяют. Допускается выравнять массу молотков на каждой из рабочих осей ротора путем снятия части металла вдоль длинных сторон. С целью повышения срока службы дробилки применяют шахматную расстановку молотков, которая защищает вал от прямого воздействия кусков горной породы.

Раз в неделю выполняют плановый ремонт дробилки. В ремонте задействованы два человека. В плановый ремонт осуществляют замену молотков и футеровки. Один раз в три месяца проводят текущий ремонт дробилки, при котором задействованы три человека. Во время проведения текущего ремонта выполняют замену вала ротора, верхнего подшипника и ремней клиноременной передачи, а также устраняют дебаланс молотков. При попадании постороннего предмета в дробилку (металла, труднодробимого материала и т. д.) сгорают подшипники, выходят из строя молотки и футеровка. В этом случае осуществляют аварийный ремонт, при котором задействованы три человека. Плановый, текущий и аварийный ремонты дробилки занимают в среднем 8 ч.

Для увеличения объема выпуска готовой продукции предложено модернизировать привод вертикальной молотковой дробилки ВМД-105 с целью повышения частоты вращения ротора путем уменьшения передаточного числа клиноременной передачи, что позволит увеличить производительность дробилки примерно на 10 %. При этом планируется использовать существующую конструкцию базовых деталей и, в частности, сохранить межосевое расстояние клиноременной передачи. Поэтому предлагаемая модернизация позволит избежать конструктивных изменений корпусных деталей и тем самым обеспечить достаточно простую и эффективную замену привода.

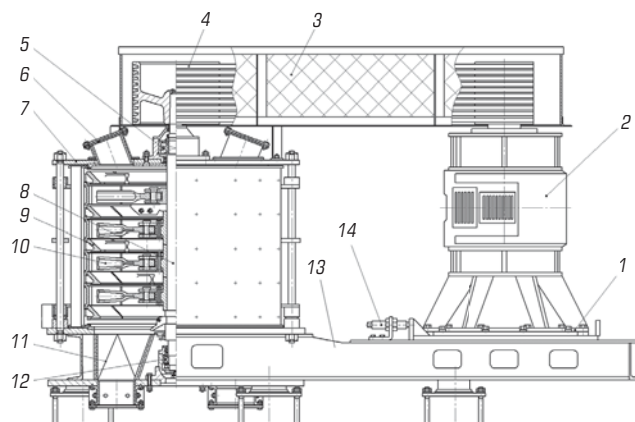


Рис. 1. Вертикальная молотковая дробилка ВМД-105

### Результаты исследований

Для увеличения объема выпуска готовой продукции на 10 % производительность вертикальной молотковой дробилки после модернизации должна составлять  $P_{\text{мод}} = P_0 \cdot 1,1 = 60 \cdot 1,1 = 66$  т/ч, где  $P_0$  – производительность молотковой дробилки до модернизации, т/ч.

Мощность молотковой дробилки определяют по формуле [22–24]  $P_{\text{мод}} = w_{\text{др}} \cdot P_{\text{мод}} \cdot (i - 1) / h_{\text{св}} \cdot \rho \cdot \eta_{\text{др}} \cdot \eta_{\text{рем}}$ , где  $w_{\text{др}}$  – энергетический показатель дробления, для хризотила  $w_{\text{др}} = 0,044$  кВт ч/м<sup>2</sup>;  $i$  – степень дробления, для молотковой дробилки ВМД-105  $i = 2$ ;  $h_{\text{св}}$  – средневзвешенный размер кусков исходного материала,  $h_{\text{св}} = 0,03$  м;  $\rho$  – объемная масса дробимого материала т/м<sup>3</sup>;  $\eta_{\text{др}}$  – КПД дробилки, для молотковой дробилки ВМД  $\eta_{\text{др}} = 0,73$ ;  $\eta_{\text{рем}}$  – КПД клиноременной передачи,  $\eta_{\text{рем}} = 0,94$ .

После подстановки указанных значений получим:  $P_{\text{мод}} = 0,044 \cdot 66 \cdot (2 - 1) / 0,03 \cdot 2,5 \cdot 0,73 \cdot 0,94 = 141$  кВт.

Таким образом, существующий электродвигатель мощностью 160 кВт подходит для модернизированной дробилки.

Производительность молотковой дробилки определяют по формуле [22–24]  $P_{\text{м}} = 1,66 D_p L_p^2 n_2 \rho$ , где  $D_p$  – диаметр ротора, м;  $D_p = 1,06$  м;  $L_p$  – длина ротора, м,  $L_p = 1,13$  м;  $n_2$  – частота вращения ротора, мин<sup>-1</sup>;  $\rho$  – объемная масса дробимого материала, т/м<sup>3</sup>, для хризотил-асбеста  $\rho = 2,5$  т/м<sup>3</sup>.

Отсюда можно определить частоту вращения ротора модернизированной дробилки:

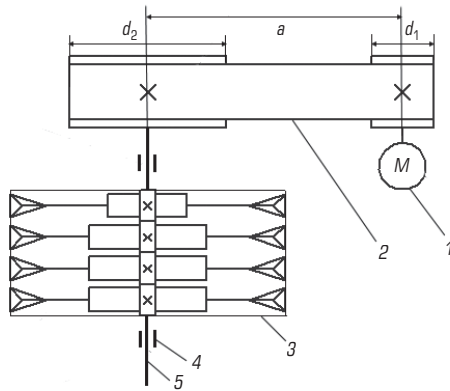
$$n_2 = \frac{P_{\text{м}}}{1,66 D_p L_p^2 \rho} = \frac{66}{1,66 \cdot 1,06 \cdot 1,13^2 \cdot 2,5} = 705 \text{ мин}^{-1}.$$

Таким образом, передаточное число клиноременной передачи должно быть:  $i = n_1 / n_2 = 985 / 705 \approx 1,4$ , где  $n_1$  – частота вращения малого шкива, мин<sup>-1</sup>.

Кинематическая схема вертикальной молотковой дробилки ВМД-105 изображена на рис. 2. Основная цель модернизации заключается в изменении диаметров шкивов клиноременной передачи:

- диаметр ведущего шкива увеличен с 335 до 355 мм;
- диаметр ведомого шкива уменьшен с 550 до 500 мм.

Межосевое расстояние остается без изменения. В результате уменьшается передаточное число клиноременной передачи, что



**Рис. 2. Кинематическая схема вертикальной молотковой дробилки ВМД-105:**

1 – электродвигатель; 2 – клиноременная передача; 3 – ротор; 4 – подшипник; 5 – вертикальный вал

приводит к увеличению частоты вращения ротора дробилки и, соответственно, росту ее производительности.

В зависимости от передаваемой мощности ( $P = 160$  кВт) и частоты вращения ( $n_1 = 985$  мин<sup>-1</sup>) малого шкива по ГОСТ 1284.1–89 выбираем ремень D(Г) [25].

Диаметр ведущего шкива принимают в соответствии со следующими рекомендациями [26]:  $d_1 \approx (3-4)^3 \sqrt{T_1}$ , где  $T_1$  – крутящий момент на валу ведущего шкива, Н·м, определяемый по формуле  $T_1 = 30P/\pi n_1 = 30 \cdot 160/\pi \cdot 985 = 1552$  Н·м.

Следовательно, диаметр ведущего шкива находится в диапазоне 347–463 мм. По ГОСТ Р 50641–94 [27] принимаем  $d_1 = 355$  мм.

Тогда диаметр ведомого шкива будет равен  $d_2 = d_1 i (1 - \epsilon) = 355 \cdot 1,4 \cdot (1 - 0,02) = 487$  мм, где  $\epsilon = 0,02$  – коэффициент упругого скольжения.

По ГОСТ Р 50641–94 [27] принимаем  $d_2 = 500$  мм.

Уточненное передаточное число клиноременной передачи  $i = d_2/d_1 = 500/355 = 1,41$ , что практически не отличается от заданного значения.

Расчеты показали, что требуемая долговечность клиноременной передачи обеспечивается при числе ремней  $z_{hcv} > 8,5$ ; принимаем  $z_{hcv} = 10$ . В качестве материала для изготовления шкивов использован чугун марки СЧ15 по ГОСТ 1412–85 [28], а конфигурация обода шкивов и минимальные размеры канавок выполнены по ГОСТ Р 50641–94 [27].


В результате модернизации вертикальной молотковой дробилки ВМД-105 в АО «Оренбургские минералы» были достигнуты следующие экономические показатели: удельная себестоимость 1 т хризотила 5-й группы снизилась на 0,94 %; производительность труда увеличилась на 2,95 %; чистая прибыль возросла на 0,67 %; показатель фондоотдачи увеличился на 2,21 %. Поскольку капитальные вложения, составляющие около 8 млн руб., окупаются в течение 6,5 мес, затраты на модернизацию вертикальной молотковой дробилки ВМД-105 можно считать оправданными и эффективными.

### Заключение

Модернизация привода вертикальной молотковой дробилки ВМД-105 позволила увеличить ее производительность на 10 % путем изменения передаточного отношения клиноременной передачи с 1,64 до 1,4 за счет замены шкивов (диаметр ведущего шкива увеличен с 335 до 355 мм, диаметр ведомого шкива уменьшен с 550 до 500 мм). При этом использована существующая конструкция базовых деталей, в частности, сохранено межосевое расстояние клиноременной передачи. Поэтому предлагаемая модернизация позволяет избежать конструктивных изменений корпусных деталей и тем самым обеспечить достаточно простую и эффективную замену привода. Расчеты показывают, что реализация проектных решений приводит к снижению себестоимости 1 т добытой руды на 0,94 %, увеличению рентабельности производства продукции на 5,19 % и повышению производительности труда на 2,95 %. Дополнительные капитальные затраты на модернизацию всех 24 вертикальных молотковых дробилок, установленных на стадиях мелкого дробления, составляют около 8 млн руб. и окупаются менее чем за 6,5 мес. Проект является эффективным, быстроокупаемым и рекомендуется к внедрению не только в АО «Оренбургские минералы», но и на других предприятиях отрасли.

### Библиографический список

- Norazirah A. N., Fuad S. H. S., Hazizan M. H. M. The Effect of Size and Shape on Breakage Characteristic of Mineral // *Procedia Chemistry*. 2016. Vol. 19. P. 702–708.
- Wan-zhong Yin, Yuan Tang. Interactive effect of minerals on complex ore flotation: A brief review // *International Journal of Minerals, Metallurgy, and Materials*. 2020. Vol. 27. No. 5. P. 571–583.
- Mazighny D. B., Lichter J., Schneider C. L., Galéry R., Russo J. F. C. Vertical stirred mill scale-up and simulation: Model validation by industrial samplings results // *Minerals Engineering*. 2017. Vol. 103–104. P. 127–133.
- Akbari H., Ackah L. A., Mohanty M. K. Development of a new fine particle dry separator // *Minerals & Metallurgical Processing*. 2018. Vol. 35. Iss. 2. P. 77–86.
- Газалеева Г. И. Методы улучшения качества асбеста. – Екатеринбург : Изд-во УГТУ, 2005. – 152 с.
- Giustetto R., Seenivasan K., Belluso E. Asbestiform sepiolite coated by aliphatic hydrocarbons from Perletoa, Aosta Valley Region (Western Alps, Italy): characterization, genesis and possible hazards // *Mineralogical Magazine*. 2014. Vol. 78. Iss. 4. P. 919–940.
- Кочнев Д. В. Определение зависимости технологических показателей работы обогащательной фабрики от состава поступающей руды в условиях ОАО «Ураласбест» // *Горный журнал*. 2012. № 9. С. 107–111.
- Кочнев Д. В., Цыпин Е. Ф. Управление номенклатурой продукции в условиях ОАО «Ураласбест» // *Известия вузов. Горный журнал*. 2012. № 7. С. 90–93.
- Богданов В. С., Раков А. М. Исследование режимов работы вертикальной молотковой дробилки // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова*. 2012. № 3. С. 80–83.
- Je Roux J. D., Olivier L. E., Naidoo M. A., Padhi R., Craig I. K. Throughput and product quality control for a grinding mill circuit using non-linear MPC // *Journal of Process Control*. 2016. Vol. 42. P. 35–50.
- Carrasco C., Keeney L., Napier-Munn T. J., Bode P. Unlocking additional value by optimising comminution strategies to process Grade Engineering® streams // *Minerals Engineering*. 2016. Vol. 103–104. P. 2–10.
- 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.
- Нефедов А. В., Свичарь В. В., Чиченева О. Н. Реинжиниринг скипового подъемника для загрузки печи литейного отделения ЗАО «РИФАР» // *Сталь*. 2020. № 7. С. 50–53.
- Горбатюк С. М., Зарапин А. Ю., Чиченев Н. А. Модернизация вибрационного грохота горнорудного общества «Катока» (Ангола) // *ГИАБ*. 2018. № 1. С. 143–149.

15. Горбатюк С. М., Зарипин А. Ю., Чиченев Н. А. Реинжиниринг спирального классификатора горнорудного общества «Катока» (Ангола) // ГИАБ. 2018. № 2. С. 215–221.
16. 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
17. Жарекен А. Ж., Джумалиев А. С. Реконструкция контура охлаждения обжиговой печи // Горный журнал. 2018. № 5. С. 34–35.
18. Bardovsky A. D., Gerasimova A. A., Basyrov I. I. Constructive solutions for upgrading of the drive of processing equipment // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 709. No. 2. 022015. DOI: 10.1088/1757-899X/709/2/022015
19. Неведов А. В., Новикова Ю. В., Чиченева О. Н. Манипулятор для подачи короба с жидким раствором для ремонта чугуновозных ковшей в доменном цехе АО «Уральская сталь» // Черные металлы. 2021. № 8. С. 4–9. DOI: 10.17580/chm.2021.08.01
20. Чиченев Н. А., Шкитов В. С. Реинжиниринг привода вентилятора электросталеплавильного цеха АО «Уральская сталь» // Черные металлы. 2020. № 2. С. 57–61.
21. 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/cisr.2016.02.07
22. Барбашкин В. П. Молотковые и роторные дробилки. – 2-е изд., доп. и перераб. – М.: Наука, 1973. – 143 с.
23. Роторные дробилки: исследование, конструирование, расчет и эксплуатация / под ред. В. А. Баумана. – М.: Машиностроение, 1973. – 271 с.
24. Соловьев С. Ю., Антимонов С. В. Расчет молотковых дробилок: метод. указания. – Оренбург: ОГУ, 2019. – 33 с.
25. ГОСТ 1284.1–89. Ремни приводные клиновые нормальных сечений. Основные размеры и методы контроля. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. – 11 с.
26. Коновалов А. Б., Гребенникова В. М. Ременные передачи: учеб. пособие. – СПб.: СПбГТУРП, 2011. – 106 с.
27. ГОСТ Р 50641–94 (ISO 4183–89). Шкивы с канавками для обычных и узких клиновых ремней. Система, основанная на исходной ширине. – М.: Изд-во стандартов, 1994. – 20 с.
28. ГОСТ 1412–85. Чугун с пластинчатым графитом для отливок. Марки. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2004. – 5 с. 

«GORNYI ZHURNAL», 2022, № 12, pp. 45–48  
DOI: 10.17580/gzh.2022.12.08

#### Modernization of drive of vertical hammer crusher VMD-105 at Orenburg Minerals

##### Information about authors

M. A. Bogavlev<sup>1</sup>, Student

A. V. Nefedov<sup>1</sup>, Deputy Director, Associate Professor, Candidate of Pedagogical Sciences, cosnovotr@rambler.ru

N. A. Chichenev<sup>2</sup>, Professor, Doctor of Engineering Sciences

<sup>1</sup>NUST MISIS' Division in Novotroitsk, Novotroitsk, Russia

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

##### Abstract

The authors inform briefly about the Russian mining company—JSC Orenburg Minerals, which produces chrysotile asbestos and chrysotile fiber. With an increase in production volume, it became necessary to increase productivity of crushing process on vertical hammer crushers (24 pcs.) installed at the stages of fine crushing. For this purpose, modernization of the drive of vertical hammer crusher VMD-105 was proposed, which allowed to increase its productivity by 10% owing to changed gear ratio of the V-belt transmission from 1.64 to 1.4 after replacement of pulleys (the diameter of the drive pulley was increased from 335 mm to 355 mm, and the diameter of the driven pulley was reduced from 550 mm to 500 mm). At the same time, the existing design of the basic parts was used and, in particular, the axial distance of the V-belt transmission was preserved. Thus, the proposed modernization avoids structural changes to the body parts and, thereby, provides a fairly simple and efficient replacement of the drive. The calculations show that the implementation of the design solutions enables a reduction in the cost of one ton of mined ore by 0.94%, an increase in the profitability of products by 5.19% and an increase in the labor productivity by 2.95%. Additional capital costs for the modernization of all 24 vertical hammer crushers installed at the stages of fine crushing amount to about 8 million rubles and pay off in less than 6.5 months. The project is effective, pays off quickly and is recommended for the implementation at JSC Orenburg Minerals and other mining companies.

**Keywords:** mining, chrysotile asbestos extraction, processing plant, chrysotile ore crushing, vertical hammer crusher.

##### References

1. Norazirah A. N., Fuad S. H. S., Hazizan M. H. M. The Effect of Size and Shape on Breakage Characteristic of Mineral. *Procedia Chemistry*. 2016. Vol. 19. pp. 702–708.
2. Wan-zhong Yin, Yuan Tang. Interactive effect of minerals on complex ore flotation: A brief review. *International Journal of Minerals, Metallurgy, and Materials*. 2020. Vol. 27, No. 5. pp. 571–583.
3. Mazzinghy D. B., Lichter J., Schneider C. L., Galéry R., Russo J. F. C. Vertical stirred mill scale-up and simulation: Model validation by industrial samplings results. *Minerals Engineering*. 2017. Vol. 103–104. pp. 127–133.
4. Akbari H., Ackah L. A., Mohanty M. K. Development of a new fine particle dry separator. *Minerals & Metallurgical Processing*. 2018. Vol. 35, Iss. 2. pp. 77–86.
5. Gazaleeva G. I. Asbestos quality improvement methods. Yekaterinburg: Izdatelstvo UGGU, 2005. 152 p.
6. Giustetto R., Seenivasan K., Belluso E. Asbestiform sepiolite coated by aliphatic hydrocarbons from Perletoa, Aosta Valley Region (Western Alps, Italy): characterization, genesis and possible hazards. *Mineralogical Magazine*. 2014. Vol. 78, Iss. 4. pp. 919–940.

7. Kochnev D. V. Identification of dependence of technological parameters of processing plant's operation from the structure of delivered ore at Uralasbest JSC. *Gornyi Zhurnal*. 2012. No. 9. pp. 107–111.
8. Kochnev D. V., Tsypin E. F. Management of the range of products in JSC Uralasbest. *Izvestiya vuzov. Gornyi zhurnal*. 2012. No. 7. pp. 90–93.
9. Bogdanov V. S., Rakov A. M. Analysis of operating conditions of vertical hammer crusher. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V. G. Shukhova*. 2012. No. 3. pp. 80–83.
10. le Roux J. D., Olivier L. E., Naidoo M. A., Padhi R., Craig I. K. Throughput and product quality control for a grinding mill circuit using non-linear MPC. *Journal of Process Control*. 2016. Vol. 42. pp. 35–50.
11. Carrasco C., Keeney L., Napier-Munn T. J., Bode P. Unlocking additional value by optimising comminution strategies to process Grade Engineering® streams. *Minerals Engineering*. 2016. Vol. 103–104. pp. 2–10.
12. 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.
13. Nefedov 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.
14. Gorbatyuk S. M., Zarapin A. Yu., Chichenev N. A. Retrofit of vibrating screen of Catoca Mining Company (Angola). *GIAB*. 2018. No. 1. pp. 143–149.
15. Gorbatyuk S. M., Zarapin A. Yu., Chichenev N. A. Reengineering of spiral classifier of Catoca Mining Company Ltd., Angola. *GIAB*. 2018. No. 2. pp. 215–221.
16. 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
17. Zhareken A. Zh., Dzhumaliev A. S. Burning furnace cooling circuit refitting. *Gornyi Zhurnal*. 2018. No. 5. pp. 34–35.
18. Bardovsky A. D., Gerasimova A. A., Basyrov I. I. Constructive solutions for upgrading of the drive of processing equipment. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020. Vol. 709, No. 2. 022015. DOI: 10.1088/1757-899X/709/2/022015
19. Nefedov A. V., Novikova Yu. V., Chicheneva O. N. Manipulator for feeding a box with liquid solution for repair of cast iron buckets at blast furnace shop of JSC Ural Steel. *Chernye Metally*. 2021. No. 8. pp. 4–9. DOI: 10.17580/chm.2021.08.01
20. Chichenev N. A., Shkitov V. S. Reengineering of a fan drive of the JSC Ural Steel electric steelmaking workshop. *Chernye Metally*. 2020. No. 2. pp. 57–61.
21. Rumyantsev 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/cisr.2016.02.07
22. Barabashkin V. P. Hammer and rotary crushers. 2nd enlarged and revised edition. Moscow: Nauka, 1973. 143 p.
23. Bauman V. A. (Ed.). Rotary crushers: Research, engineering, design and operation. Moscow: Mashinostroenie, 1973. 271 p.
24. Solovykh S. Yu., Antimonov S. V. Hammer crusher design: Guide. Orenburg: OGU, 2019. 33 p.
25. GOST 1284.1–89. V-belts of standard cross-sections. Basic dimensions and control methods. Moscow: IPK Izdatelstvo standartov, 2001. 11 p.
26. Konovalov A. B., Grebennikova V. M. Drive belting: Tutorial. Saint-Petersburg: SPbGTURP, 2011. 106 p.
27. GOST R 50641–94 (ISO 4183–89). Grooved pulleys for classical and narrow V-belts. System based on datum width. Moscow: Izdatelstvo standartov, 1994. 20 p.
28. GOST 1412–85. Flake graphite iron for castings. Grades. Moscow: IPK Izdatelstvo standartov, 2004. 5 p.