

УДК 622.233.24
МРНТИ 52.13.07
<https://doi.org/10.31643/2018/6445.24>

Комплексное использование
минерального сырья. № 4. 2018.
ISSN 2616-6445 (Online), ISSN 2224-5243 (Print)

Е. К. ЕДЫГЕНОВ

*Филиал РГП «НЦ КПМС РК» Институт горного дела им. Д.А.Кунаева, Алматы, Казахстан,
e-mail: e.k.edigenov@rambler.ru*

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ МЕТОДОВ БЕЗВЗРЫВНОГО РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД

Received: 5 June 2018 / Peer reviewed: 5 September 2018 / Accepted: 8 October 2018

Резюме. В статье показано, что в настоящее время горнодобывающая отрасль испытывает определенные трудности, связанные с усложнением горно-геологических условий: переходом на добычу руд большой глубины; необходимостью вовлечения в переработку руд с низким содержанием ценных компонентов; увеличением удельного веса добычи руд из тонких и весьма тонких пластов, требующих селективную добычу ценных руд. В этих условиях эффективность буровзрывного способа добычи руд снижается, и необходимо развивать альтернативные методы и технологии безвзрывного способа разработки месторождений. Работы по повышению эффективности разрушения горных пород мощными ударными машинами ставят актуальные проблемы по усилению технологических и функциональных возможностей ударных машин, и расширения области применения безвзрывных технологий. Широкое распространение в качестве навесного оборудования получили гидромолоты, однако, у них снижается производительность при низких температурах, и они не способны адаптироваться к изменениям разрушаемой породы по крепости. В статье предлагается конструкция электромагнитного молота разработанного в Институте горного дела им. Д. А. Кунаева, у которой, приведенные выше недостатки как у гидромолота, отсутствуют. Приведены описания и результаты испытаний электромагнитного молота, которые определили, что предлагаемую конструкцию возможно изготавливать на отечественных заводах так как она проста в изготовлении и, вместе с тем, эта конструкция устойчиво работает при температурах от минус 40 °С до плюс 40 °С, а также регулирует энергию единичного удара в широком диапазоне. Показано, что организация производства электромагнитных молотов является одним из шагов, направленных на реализацию программы по развитию не сырьевых секторов экономики.

Ключевые слова: горнодобывающее производство, безвзрывное разрушение, машины ударного действия, электромагнитный молот.

Введение. В последние годы широкое применение получили машины ударного действия большой мощности. Такие машины эффективно работают в технологических процессах, требующих мощных концентрированных энергетических воздействий: в горной промышленности к таким процессам относятся разрушение горных пород и негабаритов, оборка кровли, выравнивание бортов и почвы горных выработок; в строительной – разработка мерзлых грунтов, разрушение бетонных и кирпичных кладок, забивка свай.

В этих условиях эффективность основного буровзрывного способа добычи полезных ископаемых снижается, необходимо развивать и шире использовать альтернативные методы и

технологии безвзрывного способа добычи полезных ископаемых.

В последние годы в производственной практике находят применение альтернативные методы разрушения скальных пород, из которых можно отметить гидравлический [1-4], физический, химический и получившие наибольшее распространение - механические методы [5-10].

Безвзрывные технологии разрушения горного массива позволяют снизить уровень потерь за счет более тщательной проработки контактных зон «порода-руда», осуществлять селективную выемку руды, обеспечить экологическую чистоту, вести горные работы не нарушая безопасность в близлежащих строениях, поселках, транспортных сетей.

Широкое применение получили машины ударного действия большой мощности. Применение машин ударного действия большой мощности позволяет производить селективную выемку полезных ископаемых со значительным снижением их потерь, вести непрерывный контроль за качеством добытой руды, а также снижает негативное воздействие горных работ на окружающую среду, улучшает качество труда и безопасность горнорабочих. Поэтому на сегодняшний день актуализируются работы по повышению технологических и функциональных возможностей ударных машин и расширения области применения безвзрывных технологий.

Обсуждение. В последние годы широкое распространение в качестве навесного оборудования получили гидромолоты с гидросистемой адекватной гидросистеме базовой машины [8, 11, 12].

Практическая эксплуатация показала эффективность применения гидромолотов как навесного оборудования. Однако при всех положительных моментах в гидромолотах электрическая энергия опосредовано преобразуется в механическую через энергию сжатого технического масла, что требует дополнительного оборудования - маслостанции и сети трубопроводов высокого давления. Гидромолоты резко снижают производительность при низких температурах, из-за повышения вязкости масла, не могут адаптироваться к изменениям разрушаемой породы по крепости, смена гидромолота по энергии удара требует смены базовой машины.

Эти недостатки отсутствуют у породоразрушающей машины – электромагнитного молота, разработанного в ИГД им. Д. А. Кунаева для применения в горнодобывающей и строительной индустрии [13].

В настоящее время изготовлен и испытан в полигонных условиях опытный образец электромагнитного молота [14-15].

Опытный образец электромагнитного молота (ЭММ) разработан как молот среднего класса на энергию удара до 2000 Дж, и изготовлен на АО «Машзавод им. С. М. Кирова» по инновационному гранту АО Национального агентства по технологическому развитию (рисунок 1).

Конструктивно ЭММ достаточно прост: отсутствуют детали, выполняемые по высокому классу точности; нет жестких требований к посадкам; для изготовления деталей не требуются дефицитные материалы и специальная оснастка.



Рисунок 1 – Опытный образец электромагнитного молота, установленный на колесном экскаваторе марки HYUNDAI 210

На рисунке 2 представлена зависимость силы тяги электромагнитного двигателя от величины силы тока [16, 17].

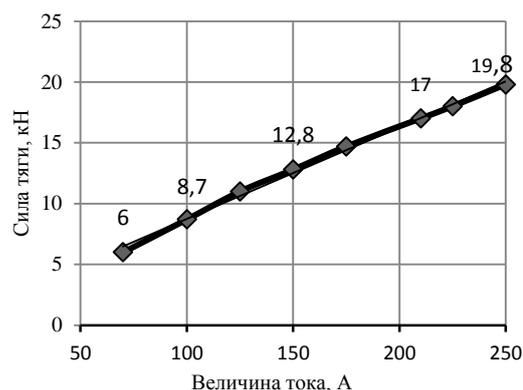


Рисунок 2 – Зависимость силы тяги электромагнита от величины тока

Возможность электромагнитных двигателей увеличивать тяговое усилие с повышением величины тока позволяет электромагнитному молоту регулировать энергию единичного удара, что расширяет его функциональные возможности, как показано на рисунке 3.

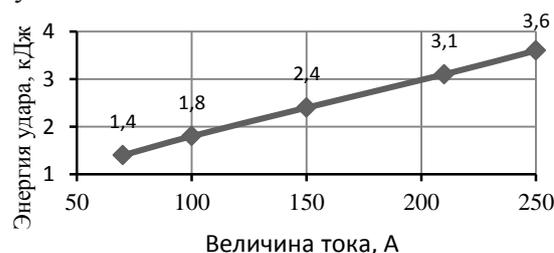


Рисунок 3 – Зависимость энергии единичного удара от величины тока

Комбинированная система регулирования процессом нагрева электромагнитных двигателей при их работе позволяет использовать ЭММ в условиях резко-континентального климата, когда температура колеблется от минус 40 °С до плюс 40 °С.

Техническая характеристика опытного образца ЭММ, полученная по результатам испытаний, представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Техническая характеристика опытного образца ЭММ

Наименование параметров	Единица измерения	Показатели
Энергия единичного удара	Дж	2000
Частота ударов	уд./мин	90
Энергия потребляемая	кВт	42
Габаритные размеры	мм	2458x918x450
Масса ЭММ в сборе	кг	1940

Испытания ЭММ в качестве навесного оборудования на экскаваторе показали не только его надежную работу, но и потенциальные возможности, позволяющие создать конкурентоспособный образец электромагнитного молота.

Для реализации этих возможностей совместно с АО «Машзавод им. С. М. Кирова» по инновационному гранту АО «НАТР» (Договор №211 от 14.10.2016 г.) была разработана конструкторская документация и изготовлен опытно-промышленный образец ЭММ, в котором расширен диапазон регулирования энергией единичного удара в пределах от 3000 Дж до 8000 Дж и применена комбинированная система охлаждения электромагнитного двигателя.

В таблице 2 приведены основные показатели гидромолотов [18] и опытно-промышленного образца ЭММ.

Анализируя данные таблицы видно, что увеличение мощности удара у гидромолотов ведет к росту их массы и массы экскаватора. Так, гидромолот МТВ 365 превосходит МТВ 215 по энергии удара на 44% и по массе на 40%, соответственно требуется большая масса экскаватора. В то же время, ЭММ, благодаря возможности варьировать энергией удара [12], может работать в диапазоне от 3000 Дж до 8000 Дж, не меняя экскаватор, и практически может заменить весь типоряд гидромолотов МТВ,

указанный в таблице, что является важным его конкурентным преимуществом.

Таблица 2 – Сравнение основных показателей гидромолотов и ЭММ

Наименование параметров	Наименование молотов				
	Гидромолоты тяжелого класса				ЭММ
	МТВ 215, Турция	МТВ 255, Турция	МТВ 285, Турция	МТВ 365, Турция	опытно-промыш. образец
Энергия удара, Дж	4500	5500	6000	8000	3000 ÷ 8000
Масса молота, кг	2200	2520	2950	3800	1800
Масса экскаватора, кг	25 000	29000	40000	90000	20000

Вывод. Опыт создания и результаты испытаний ЭММ определили, что предлагаемая конструкция проста в изготовлении, возможен ее выпуск на отечественных заводах. Конструкция может устойчиво работать при низких температурах и регулирует энергию единичного удара в широком диапазоне.

Таким образом, организация производства электромагнитных молотов является одним из шагов, направленных на реализацию программы по развитию не сырьевых секторов экономики

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Шумаков В.И. Разработка теории гидрорезания песчаников струями воды высокого давления // Горный информационно-аналитический бюллетень: сб. трудов. – Москва, Россия, 2001. – №3. – С. 200–202.
- 2 Булавкин А.А., Семешин И.М., Шеметов М.Г. Технологические комплексы на базе гидроагрегата УСВД-3500 для контурной резки камня // Горный информационно-аналитический бюллетень: сб. трудов. – Москва, Россия, – 2000. – №3. – С. 105-106.
- 3 Melamed Y, Kiselev A, Gelfgat M, Dreesen D and James B. Hydraulic Hammer Drilling Technology: Developments and Capabilities, J. Energy Resour. Technol. 1999; 122(1). – P. 1–7.
- 4 Tang JR, LU YY, Ge ZL, Xia BW, Wang JH. Combined drilling of hard rock with abrasive water jet and mechanical bit to improve drilling efficiency. // Journal of Mining & Safety Engineering. – 2013. – V 30(4). – P. 621–627.
- 5 Все о горном деле. Добывающая промышленность. (Электрон. ресурс) – 2018. URL: <http://industry-portal24.ru/razrushenie/>. (дата обращения: 12.05.2018).

6 Каркашадзе Г.Г. Механическое разрушение горных пород. – Москва: МГГУ, 2004. – 220 с.

7 Подэрни Р.Ю. Механическое оборудование карьеров. – Москва: МГГУ, 2003. – 420 с.

8 Холодныков Г.А., Лиготский Д.Н., Половинко А.В. Схемы работы гидравлического экскаватора с подвесным гидромолотом в забое при первичной отбойке породы // Горный информационно-аналитический бюллетень: сб. трудов. – Москва, Россия, 2012. – №4. – С. 248-251.

9 Deniz T, Shahabedin H. Predicting performance of impact hammers from rock quality designation and compressive strength properties in various rock masses. TUNN UNDERGR SP TECH, – 2016. – V 59. – P. 37–47.

10 Mishnaevsky JR. A brief review of Soviet theoretical approaches to dynamic rock failure. Int. J. Rock Mech. Min. Sc., – 1993. – V. 30(6). – P. 663–668.

11 Бексалов Е.Б., Абсаматов Э.Н., Гарипов Ф.Р., Дандыбаев М.Ж., Бексалов И.Е. Безвзрывная технология разрушения крепких пород на открытых работах и рекомендации по её применению. // Машиноведение: сб. трудов. – Бишкек, Кыргызская Республика, – 2008. – Вып.6. – С. 117-124.

12 Буткевич Г.Р. Взрывные и безвзрывные способы разрушения скальных пород на карьерах // Нерудные строительные материалы. – Москва, РФ. – 2011. – №1. – С. 33 -34.

13 Пат. №026610 ЕАП / Электромагнитный молот / Едыгенов Е.К. Оpubл. 28.04.2017. Бюл. №4.

14 Yedygenov Ye.K., Lyashkov V. Electromagnetic rock breaker for non-explosive rocks breaking // International Symposium on planning of mining and selection of equipment of MPES 2011 – Алматы. – 2011. – P. 1002-1012.

15 Едыгенов Е.К. Создание горных машин с электромагнитным приводом – шаг к импортозамещению // Инновации в комплексной переработке минерального сырья: матер. междунар. конф. Алматы. – 2016. – С. 116-120.

16 Едыгенов Е.К., Кораблев Г.А., Вагапов Р.В., Ляшков В.И. Результаты испытания привода электромагнитного молота. // Научно-техническое обеспечение горного производства. – 2014. – Т 86. – С. 176-183.

17 Едыгенов Е.К. Электромагнитный молот-конкурент гидромолоту // Горный журнал Казахстана — Алматы. – 2015. – № 8. – С. 42-46.

18 Модельный ряд МТВ. / Буклет. – Стамбул. – 2015. – 15 с.

REFERENCES

1 Shumakov V.I. *Razrabotka teorii gidrorezaniya peschanikov struyami vody vysokogo davleniya* (Development of the theory of hydraulic cutting of sandstones by high-pressure water jets) *Gornyy informatsionno-analiticheskij byulleten': sb. trudov.* (Mining information-analytical bulletin: coll. works). Moscow. **2001.** 3. 200-202. (in Russ.)

2 Bulavkin A.A., Semeshin I.M., Shemetov M.G. *Tekhnologicheskije komplekxy na baze gidroagregata*

USVD-3500 dlya konturnoj rezki kamnya. (Technological complexes on the basis of the hydraulic aggregate USVD-3500 for contour cutting of stone) *Gornyy informatsionno-analiticheskij byulleten': sb. trudov* (Mining information-analytical bulletin: coll. works). Moscow. Russia. **2000.** 3. 105-106. (in Russ.)

3 Melamed Y., Kiselev A., Gelfgat M., Dreesen D. and James B. Hydraulic Hammer Drilling Technology: Developments and Capabilities, J. Energy Resour. Technol. **1999.** 122(1). 1–7. (in Eng.)

4 Tang JR, LU YY, Ge ZL, Xia BW, Wang JH. Combined drilling of hard rock with abrasive water jet and mechanical bit to improve drilling efficiency. Journal of Mining & Safety Engineering. **2013.** 30(4). 621–627. (in Eng.)

5 *Vse o gornom dele Dobyvayushchaya promyshlennost'.* (All about mining. Extractive industry). (electronic resource) <http://industry-portal24.ru/razrushenie/> **2018.** (access date: 12.05.2018). (in Russ.)

6 Karkashadze G.G. *Mekhanicheskoye razrusheniye gornyykh porod.* (Mechanical destruction of rocks). Moscow. MGGU. **2004.** 220. (in Russ.)

7 Podehmi R.YU. *Mekhanicheskoye oborudovaniye kar'yerov.* (Mechanical equipment of quarries) Moscow. MGGU. **2003.** 420. (in Russ.)

8 Kholodnyakov G.A., Ligotskiy D.N., Polovinko A.V. *Skhemy raboty gidravlicheskogo ekskavatora s podvesnym gidromolotom v zaboye pri pervichnoy otboyce porody* (Schemes of operation of a hydraulic excavator with a pendant hydraulic breaker in the bottom during primary breakage of rock) *Gornyy informatsionno-analiticheskij byulleten': sb. trudov.* (Mining Information and Analytical Bulletin: Sat. works). Moscow. Russia. **2012.** 4. 248-251 (in Russ.)

9 Deniz T., Shahabedin H. Predicting performance of impact hammers from rock quality designation and compressive strength properties in various rock masses. TUNN UNDERGR SP TECH. **2016.** 59. 37–47. (in Eng.)

10 Mishnaevsky JR. A brief review of Soviet theoretical approaches to dynamic rock failure. Int. J. Rock Mech. Min. Sc. **1993.** 30(6). 663–668. (in Eng.)

11 Beksalov Ye.B., Absamatov E.N., Garipov F.R., Dandybayev M.ZH., Beksalov I.E. *Bezvzryvnaya tekhnologiya razrusheniya krepkikh porod na otkrytykh rabotakh i rekomendatsii po yeyo primeneniyu.* (Explosive technology for the destruction of hard rocks in open works and recommendations for its use). *Mashinovedeniye: sb. trudov.* (Machine Science: Sat. works.). Bishkek Kyrgyz Republic. **2008.** 6. 117-124. (in Russ.)

12 Butkevich G.R. *Vzryvnyye i bezvzryvnyye sposoby razrusheniya skal'nykh porod na kar'yerakh* (Explosive and non-explosive methods of destruction of rock on quarries). *Nerudnyye stroitel'nyye materialy.* (Nonmetallic building materials). Moscow. RF. **2011.** 1. 33 -34. (in Russ.)

13 Pat. №026610 YEAP. *Elektromagnitnyy molot* (Electromagnetic Hammer). Yedygenov Ye.K. published 28.04.2017. Byul. 4. (in Russ.)

14 Yedygenov Ye.K., Lyashkov V. Electromagnetic rock breaker for non-explosive rocks breaking. International Symposium on planning of mining

and selection of equipment of MPES 2011 – Almaty. **2011**. 1002-1012. (in Eng.).

15 Yedygenov Ye.K. *Sozdaniye gornyykh mashin s elektromagnitnym privodom – shag k importozameshcheniyu* (The creation of mining machines with an electromagnetic drive - a step to import substitution) *Innovatsii v kompleksnoy pererabotke mineral'nogo syr'ya: mater. mezhdunar. konf.* (Innovations in complex processing of mineral raw materials: mater. Intern. Conf.). Almaty, Kazakhstan. **2016**. 116-120. (in Russ.).

16 Yedygenov Ye.K., Korablev G.A., Vagapov R.V., Lyashkov V.I. *Rezultaty ispytaniya privoda*

elektromagnitnogo molota (Results of the electromagnetic hammer drive test.) *Nauchno-tekhnicheskoye obespecheniye gornogo proizvodstva.* (Scientific and technical support of mining.). Almaty. **2014**. 176-183. (in Russ.).

17 Yedygenov Ye.K. *Elektromagnitnyy molot-konkurent gidromolotu* (Electromagnetic hammer-competitor to hydraulic hammer). *Gornyy zhurnal Kazakhstana* (Mining magazine of Kazakhstan). Almaty. **2015**. 8. 42-46.. (in Russ.).

18 *Model'nyy ryad MTV.* (MTV series.). Buklet. Istanbul. Turkey. **2015**. 15. (in Russ.).

E. K. ЕДЫГЕНОВ

Д.А. Қонаев атындағы Тау-кен істері институтының «ҚР минералдық шикізатты кешенді қайта өңдеу жөніндегі ұлттық орталығы» РМК филиалы, Алматы, Қазақстан, e-mail:e.k.edigenov@rambler.ru

ТАУ-КЕН ЖЫНЫСТАРЫН ЖАРЫЛЫССЫЗ БҮЗУДЫҢ МЕХАНИКАЛЫҚ ӘДІСТЕРІН ДАМУ ТҮСІМДЕРІ

Түйіндеме. Қазіргі уақытта кен өндіру саласында тау-кеннің геологиялық жағдайлардың күрделенуімен, сонымен қатар кенді үлкен тереңдіктен өндіруімен, құрамындағы құнды құрауыштары төмен кендерді қайта өңдеуге тарту қажеттілігімен, құнды кендерді селекциялық өндіруді талап ететін жұқа және өте жұқа қыртыстардан кен шығарудың үлес салмағының ұлғаюымен байланысты белгілі қиындықтарға кезігіп отыр. Бұл жағдайларда кен өндірудің бұрғылап-жару жұмыс тәсілінің тиімділігі төмендейді, сонымен қатар кен орындарын игерудің баламалы әдістерін және жарылыссыз тәсіл технологияларын дамытуын қажет етеді. Тау-кен жыныстарын қуатты соққы машиналарымен қирату тиімділігі – соққы машиналарының технологиялық және функционалдық мүмкіндіктерін көтерудің және жарылыссыз технологияларды қолдану аясын кеңейтудің өзекті проблемасын ашып отыр. Гидробалға аспалы жабдық ретінде кеңінен таралып отыр, алайда төмен температураларда оның жұмыс өнімділігі төмендейді және олар беріктігі бойынша қиратылатын жыныстың өзгерістеріне бейімделуге қабілетті емес. Осыған байланысты бұндай кемшіліктерді жоюға бағытталған Д. А. Қонаев атындағы тау-кен институтында жасалған электрлік-магниттік балғада мін жоқ деп есептеуге болады. Мақалада, жасалған электрлік-магниттік балғаның жасау тәжірибесі және сынау нәтижелері келтірілген. Осындай электрлік-магниттік балғаның құрылымы қарапайым екені және отандық зауыттарда жасауға болатынын, сонымен қатар бұл құрылғы минус 40 °С-тан плюс 40 °С дейін температурада орнықты жұмыс істейтінін, кең ауқымда жалғыз-жарым соққының энергияны реттейтінін анықталды. Бұндай электрлік-магниттік балғаларды шығаруды ұйымдастыру – экономиканың шикізаттық емес секторларын дамыту жөніндегі бағдарламаларды іске асыруға бағытталған қадамдардың бірі болып табылатыны көрсетілген.

Түйін сөздер: кен өндіру саласы, жарылыссыз қирату, соққылық әрекет машиналары, электрлік-магниттік балға

Y. K. YEDYGENOV

*Branch of RSE “National Center on Complex Processing of Mineral Raw Materials of the Republic of Kazakhstan”
D.A. Kunayev Mining Institute. Almaty, Kazakhstan, e-mail:e.k.edigenov@rambler.ru*

FUTURE DEVELOPMENT OF MECHANICAL ROCKS DESTRUCTION METHODS WITHOUT BLASTING

Abstract. Currently, the mining industry is undergoing certain difficulties related to the mining and geological conditions became more complicated such as: to start mining at a great depth; the need to involve ores with the low valuable components into the processing; the specific gravity increase of ores mining out of low and extremely low bed seams requiring selective extraction of valuable ores. Under the circumstances the efficiency of ores mining by blasting and drilling methods decreases and the other methods and technologies of deposits development are to be worked out. To enlarge rocks destruction efficiency by powerful percussive machines claims increasing the technological and functional capabilities of this like machines, and expanding application range of technologies without blasting. Hydraulic hammers have become widespread as the attachments, however, their operating efficiency slows down at low temperatures, and they are not able to adapt to the rocks hardness change. The article proposes the design of an electromagnetic hammer developed at the Mining Institute after D.A. Kunayev, having no shortcomings as described above one. The descriptions and test results of the electromagnetic hammer are given which confirmed the possibility to manufacture it at the local factories since it is simple to manufacture and, at the same time, this design operates steadily at minus 40 ° C to plus 40 ° C temperatures, and also regulates energy of a single impact in a wide range. The arrangement of electromagnetic hammers manufacture is established to be one of the steps aimed at implementing the development program of non-commodity sectors of the economy.

Keywords: mining production, destruction without blasting, percussive machines, electromagnetic hammer.

Поступила 5.06.2018.