

Повышение надежности и долговечности буровых станков за счет понижения динамических нагрузок

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2021-5-32-36>**МУМИНОВ Р.О.**

Канд. техн. наук,
доцент кафедры
«Технология машиностроения»
Навоийского государственного
горного института,
210100, г. Навои, Узбекистан,
e-mail: rashid_81@mail.ru

**РАЙХАНОВА Г.Е.**

Канд. техн. наук,
декан горно-металлургического
факультета
филиала НИТУ «МИСиС» в г. Алмалык,
110104, г. Алмалык, Узбекистан,
e-mail: galiya82@inbox.ru

**КУЗИЕВ Д.А.**

Канд. техн. наук,
доцент кафедры
Горного оборудования,
транспорта и машиностроения
Горного института НИТУ «МИСиС»,
119049, г. Москва, Россия,
e-mail: da.kuziev@misis.ru

Объектом исследования является гидромеханический вращательно-подающий механизм буровых станков шарошечного бурения с нижним расположением вращателя. Цель работы: снижение уровня вибраций металлоконструкции, повышение надежности и долговечности буровых станков типа СБШ-250МНА-32 за счет интенсификации рабочего процесса. Одним из путей понижения динамических нагрузок в буровых станках является создание принципиально новых конструкций вращательно-подающего механизма, обладающего высокими предохранительными, виброзащитными свойствами, простотой исполнения, работоспособностью и долговечностью. В настоящей статье обоснованы и описаны конструкция и принцип действия гидромеханического вращателя, приведены результаты экспериментальных исследований опытного образца, проведенных в условиях Навоийского горно-металлургического комбината (Узбекистан), и рекомендации по совершенствованию вращательно-подающего механизма бурового станка типа СБШ-250МНА-32.

Ключевые слова: вибрация, эффективность, вращатель, работоспособность, гидроневмоаккумулятор, скорость бурения, производительность, виброизмерительная аппаратура.

Для цитирования: Муминов Р.О., Райханова Г.Е., Кузиев Д.А. Повышение надежности и долговечности буровых станков за счет понижения динамических нагрузок // Уголь. 2021. № 5. С. 32-36. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-5-32-36.

ВВЕДЕНИЕ

В Навоийском государственном горном институте (Узбекистан), на кафедре «Технология машиностроения», разработана конструкция гидромеханического вращательно-подающего механизма бурового станка, позволяющая за счет формирования рациональной динамической характеристики трансмиссии значительно снизить колебания, повысить долговечность и, как следствие, производительность станка [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8].

Данная работа направлена на дальнейшее совершенствование гидромеханического вращательно-подающего механизма, повышение его надежности и долговечности.

МЕТОДИКА И ПРОГРАММА ИССЛЕДОВАНИЙ, ПОДГОТОВКА АППАРАТУРЫ. ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЙ

Целью экспериментальных исследований станка СБШ-250МНА-32 с гидромеханическим вращателем, проводимых в условиях карьера «Урталик» рудника «Зармитан» Южного рудоуправления Навоийского горно-металлургического комбината, является:

- определение эффективности снижения уровня вибрации станка и динамических нагрузок в трансмиссии вращателя за счет введения корректирующего звена;
- проверка работоспособности и эффективности применения в качестве корректирующего звена гидромашины с гидропневмоаккумуляторами, работающей в тормозном режиме;
- установление возможности интенсификации режимов бурения при использовании гидромеханического вращателя и определения области рациональных режимных параметров;
- исследование работоспособности гидрофицированного вращательно-подающего механизма на базе гидромеханического вращателя;
- оценка влияния крутильных колебаний трансмиссии вращателя на вертикальные колебания станка;
- оценка влияния введения динамического корректирующего звена в трансмиссию вращателя на стойкость инструмента.

Результатом экспериментальных исследований должны стать рекомендации по расчету и проектированию вращателей и вращательно-подающих механизмов с динамическим корректирующим звеном, а также по выбору объемов и зарядных давлений гидропневмоаккумуляторов [1, 2, 4, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13].

Для достоверной оценки работоспособности и эффективности применения гидромеханического вращателя программой исследований предусматривается проведение испытаний в два этапа:

I этап. Подключение динамического корректирующего звена (гидромашины с гидропневмоаккумуляторами), (рис. 1).

Кинематическая схема гидравлического вращателя (см. рис. 1) включает электродвигатель 1 (ДПВ-52), шестерню 2 ($Z = 40$, $m = 3$), жестко установленную на его валу и связанную обоймой 3 с солнечным колесом 4 ($Z = 20$, $m = 5$) дифференциала, эпицикл 8 ($Z = 82$, $m = 5$) которого жестко соединен с шестерней 9 ($Z = 50$, $m = 6$), входящей в зацепление с колесом 10 ($Z = 50$, $m = 6$), находящимся на одном валу П-П с шестерней 11 ($Z = 19$, $m = 10$), и входящей в зацепление с колесом выходного шестигранника 13 ($Z = 46$, $m = 10$) через паразитную шестерню 12 ($Z = 47$, $m = 10$). Дроссель ДР с разгрузочным клапаном КР, установленный между линией подпитки гидравлической системы и обратными клапанами КО1 и КО2, предназначен для поддержания требуемого давления и расхода в сливной магистрали гидромашины тормоза 7;

II этап. Работа вращателя без динамического корректирующего звена (чисто механическая передача).

При этом необходимо, чтобы станок в период испытаний работал в идентичных горно-геологических породах. Для обеспечения этих требований конструкция опытного образца вращателя обеспечивает монтаж и демонтаж ги-

дромотора IMP2,5, а также его присоединение к напорной магистрали гидроцилиндров подачи без разборки основного редуктора и гидроблока [1, 2, 3, 4, 14].

ПРОВЕДЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ, ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ

При исследовании эффективности работы гидромеханического вращателя бурение велось во всем диапазоне режимов, обеспечиваемых технической характеристикой станка. Осевая нагрузка поддерживалась в пределах 6–14 т, что являлось оптимальным при бурении долотом диаметром 215,9 мм на приведенных выше породах.

Скорость вращения бурового инструмента изменялась от 60 до 158 об/мин. Замеры вибрации производились комплектом виброизмерительной аппаратуры типа VIBXPERT II (Топаз и Кварц) или ВИ6-6ТН. Регистрация изменения давлений в падающем механизме и в магистралях гидромашины IMP2,5 производилась датчиком давления типа ТМД и ТМГ. Регистрация числа оборотов бурового става и двигателя производилась VIBXPERT II (Топаз и Кварц) типа ТМГ-30. Запись показаний датчиков производилась через определенные интервалы глубины бурения на первой, второй и третьей штангах, в связи с чем было достигнуто полное совпадение физико-механических свойств буримых пород во всех скважинах в момент записи параметров осциллографом [4, 5, 6, 9, 11].

Во время испытаний были записаны 24 режима, из них 11 – без гидромашины с жестко закрепленным водилом планетарной передачи и 13 – с гидромашинной, вал которой соединен с водилом планетарной передачи, а магистрали снабжены пневмоаккумуляторами.

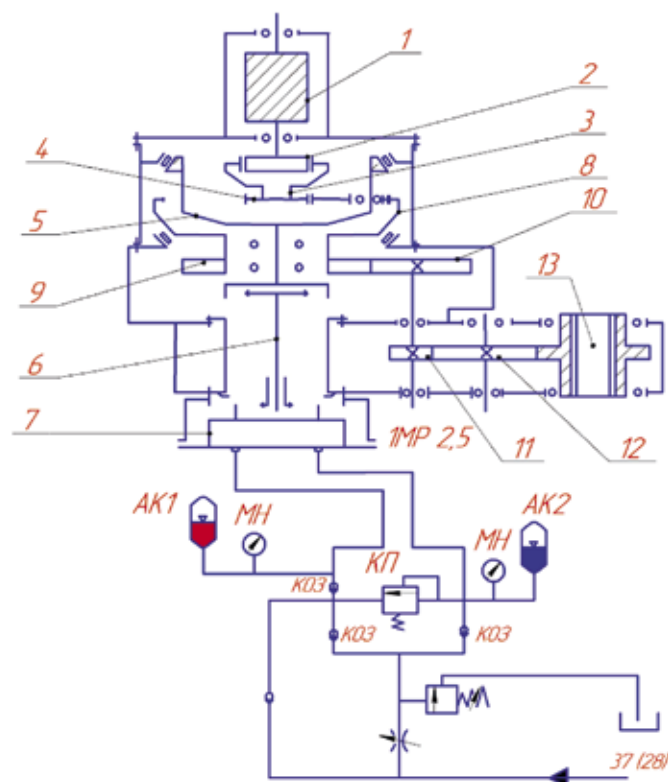


Рис. 1. Принципиальная схема гидромеханического вращателя бурового станка СБШ-250МНА-32

Предварительный анализ VIBXPERT II (Топаз и Кварц), фрагменты, которых представлены на рис. 2, 3, показал, что при введении в трансмиссию вращателя гидромашины, в магистралях которой установлены гидропневмоаккумуляторы с величинами жесткостных и демпфирующих параметров, установленными при аналитическом исследовании, характер исследуемых параметров резко изменился.

Процесс изменения виброускорений стал носить скорее случайный, непериодический характер, а колебания происходят в основном из-за неоднородности разрабатываемого горного массива.

Максимальные значения виброускорений основания мачты в вертикальной плоскости $Q_{\text{верт}}^z$ до установки гидромашины составляют (см. рис. 2) 0,2-0,9 g; при работе с гидромашинной (см. рис. 2, 3) – 0,2-0,5 g при тех же крутящем моменте, создаваемом электродвигателем, скорости вращения и усилии подачи бурового става.

Аналогично, в горизонтальной плоскости (поперек рамы станка) (см. рис. 2) максимальные значения виброускорений в первом случае составляют 0,06-0,27 g, а во втором случае – 0,04-0,1 g.

При работе без гидромашины ярко выражены колебания с частотами 2; 6,4; 58 Гц в горизонтальной плоскости и 1,1; 2; 16; 71 Гц в вертикальной плоскости. При бурении с гидромашинной отсутствуют частоты 2 Гц в горизонтальной плоскости и 1,1 и 2 Гц в вертикальной плоскости, что позволяет сделать вывод о смещении собственной частоты вращателя в диапазон более низких частот за счет введения дополнительной податливости и уменьшения от-

клика системы на возмущающие воздействия в диапазоне частот от 1 до 2 Гц.

Характерно относительное изменение тока нагрузки двигателя (см. рис. 2, кривая 6) и давления в напорной магистрали гидромашины (см. рис. 2, кривая 9) до установки гидромашины и давления в подпиточной магистрали (см. рис. 2, кривая 8) после установки гидромашины. При увеличении тока уменьшается давление, и наоборот, что объясняется тем, что в момент увеличения нагрузки на буровом стае и соответствующем увеличении тока двигателя гидромашинная проворачивается, что вызывает снижение давления в подпиточной магистрали. Частота изменения нагрузки составляет 1,8-2,6 Гц, что соответствует частоте вращения бурового става $n_{\text{ст}} = 108-156$ об/мин. При этом частота колебаний скорости бурения составляет 5,4-7,8 Гц, что соответствует утроенной частоте вращения бурового става вследствие перекачивания шарошки по трехволновому забою.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, введение в механическую трансмиссию вращателя податливого динамического звена в виде гидромашины с гидропневмоаккумуляторами с регулируемой в широких пределах жесткостью позволило значительно снизить собственную частоту привода и осуществить, таким образом, рассогласование собственной и возмущающей частот. В результате этого было достигнуто снижение амплитуды виброускорений при одинаковой нагрузке электродвигателя вращателя на 25-44% в вертикальной и на 33-62% в горизонтальной плоскостях.

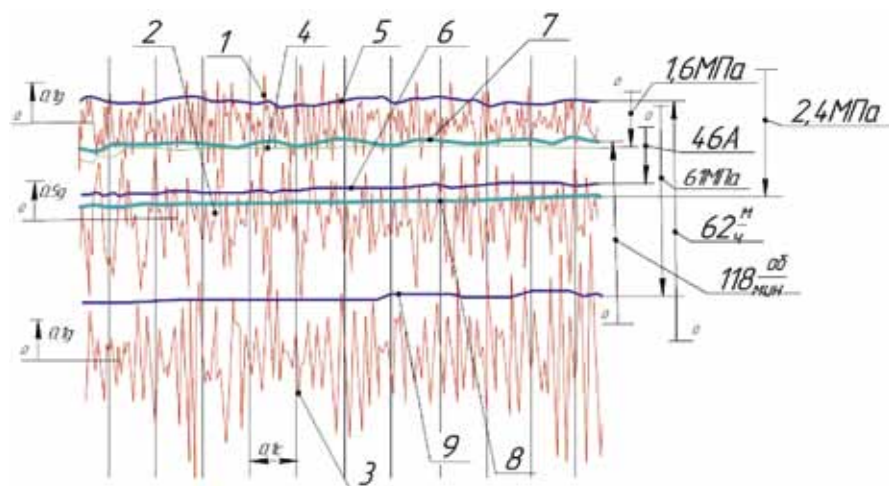


Рис. 2. VIBXPERT II работы бурового станка до установки гидромеханического вращателя: 1 – ускорение в горизонтальной плоскости (вдоль рамы); 2 – ускорение в вертикальной плоскости; 3 – ускорение в горизонтальной плоскости (поперек рамы); 4 – давление в поршневой плоскости гидроцилиндра подачи; 5 – скорость бурения; 6 – ток двигателя; 7 – частота вращения става; 8 – давление в подпиточной магистрали гидромашины; 9 – давление в напорной магистрали гидромашины

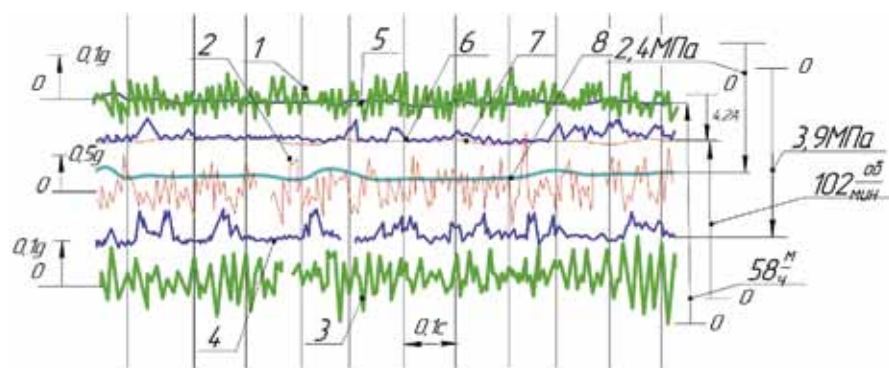


Рис. 3. VIBXPERT II работы бурового станка после установки гидромеханического вращателя: 1 – ускорение в горизонтальной плоскости (вдоль рамы); 2 – ускорение в вертикальной плоскости; 3 – ускорение в горизонтальной плоскости (поперек рамы); 4 – давление в поршневой полости гидроцилиндров подачи; 5 – скорость бурения; 6 – ток двигателя; 7 – частота вращения става; 8 – давление в подпиточной магистрали гидромашины

Список литературы

1. Подэрни Р.Ю. Механическое оборудование карьеров. М.: Издательство «Майнинг Медиа Групп», 2011. 640 с.
2. Кантович Л.И., Козлов С.В., Муминов Р.О. Обоснование и выбор параметров вращательно-подающего механизма карьерного бурового станка // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2011. № 5. С. 225-229.
3. Hoseinie S.H., Aghababaei H., Pourrahimian Y. Development of a new classification system for assessing of rock mass drillability index // Journal Rock Mech. Min. 2007. Vol. 45. P. 1-10.
4. Кантович Л.И., Подэрни Р.Ю., Муминов Р.О. Влияние параметров вращательно-подающего механизма бурового станка на его производительность // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2010. № 11. С. 396-399.
5. Kahraman S. Performance analysis of drilling machines using rock modulus ratio // Journal S Afr I Min Metall, 2003. Vol. 103. P. 515-522.
6. Research of Vibration Processes of Bearing Units of Mining Equipment / I.P. Egamberdiev, L. Atakulov, R.O. Muminov et al. // International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering. 2020. Vol. 9. No. 5. URL: <http://www.warse.org/IJATCSE/static/pdf/file/ijatcse125952020.pdf>. (дата обращения: 15.04.2021).
7. Muminov R.O. Research of the kinematic parameters of loading of the basic mechanisms of the drilling rig during drilling of the step // International Scientific Journal Theoretical & Applied Science. 2021. Vol. 93. Is. 01. P. 2308-4944. URL: <http://T-Science.org>. (дата обращения: 15.04.2021).
8. Алгоритм определения максимальной мощности привода подачи карьерного бурового станка / Д.А. Кузиев, И.Ю. Пятова, И.Н. Клементьева и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2019. № 1. С. 128-133.
9. Dynamic mechanical behavior of some carbonate rocks / S. Demirdag, K. Tufekci, R. Kayacan et al. // Journal Rock Mech. Min. 2010. Vol. 47. P. 307-312.
10. Muminov R.O., Boynazarov G.G. Analysis of dynamic and hardness parameters rotation and feeding systems of the drilling rig // International Scientific Journal Theoretical & Applied Science. 2020. Vol. 91. Is. 11. P. 2308-4944. URL: <http://T-Science.org>. (дата обращения: 15.04.2021).
11. Габов В.В., Задков Д.А., Линь Нгуен Кхак. Особенности формирования элементарных сколов в процессе резания углей и изотропных материалов эталонным резцом горных машин // Записки Горного института. 2019. Т. 236. С. 153-161.
12. Юнгмейстер Д.А., Крупенский И., Лавренко С.А. Анализ вариантов модернизации станков шарошечного бурения с погружным пневмоударником // Записки Горного института. 2018. Т. 231. С. 321. DOI: 10.25515/pmi.2018.3.321.
13. Фащиленко В.Н., Решетняк С.Н. Исследование резонансного режима работы электропривода горных машин // Горный журнал. 2017. № 7. С. 80-83.
14. Poderni R.Y., Chromoy M.R., Sandalov V.F. Blast hole drill rig with extendable mast / The 5-th International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection. Sao Paulo. Brazil. Proceedings, 2001. P. 387-393.

MINING EQUIPMENT

Original Paper

UDC 622.24.05 © R.O. Muminov, G.E. Rayhanova, D.A. Kuziev, 2021
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2021, № 5, pp. 32-36
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2021-5-32-36>

Title

EXPERIMENTAL RESEARCH AND ANALYSIS OF A QUARRY DRILLING RIG

Authors

Muminov R.O.¹, Rayhanova G.E.², Kuziev D.A.³

¹ Navoi State Mining Institute, Navoi, 210100, Uzbekistan

² The branch of National University of Science and Technology "MISIS" in Almalik, Almalik, 110104, Uzbekistan

³ National University of Science and Technology "MISIS" (NUST "MISIS"), Moscow, 119049, Russian Federation

Authors' Information

Muminov R.O., PhD (Engineering), Associate Professor of Mechanical Engineering Technology department, e-mail: rashid_81@mail.ru

Rayhanova G.E., PhD (Engineering), Dean of the Mining and Metallurgical Faculty, e-mail: galiya82@inbox.ru

Kuziev D.A., PhD (Engineering), Associate Professor of Mining Equipment, Transport and Mechanical Engineering department of Mining Institute, e-mail: da.kuziev@isis.ru

Abstract

The object of the research is the hydromechanical rotary-feed mechanism of rotary-cutter drilling rigs with the lower location of the rotator. The purpose of the work is to intensify the working process of drilling rigs of the SBSH-250MNA-32 type, and to reduce the vibration level of the machine metal structure, increase the reliability and durability. One of the ways to reduce the dynamic loads in drilling rigs is the creation of fundamentally new designs of the rotary-feed mechanism, which have high safety, vibration-proof proper-

ties, ease of execution, performance and durability. This paper substantiates and describes the design and principle of operation of a hydromechanical rotator, presents the results of experimental studies of a prototype carried out in the conditions of the Navoi Mining and Metallurgical Combine, a method for calculating the main parameters and recommendations for improving the rotary-feeding mechanism of a drilling rig of the SBSH-250MNA-32 type.

Keywords

Vibration, Efficiency, Rotator, Operability, Hydropneumatic accumulator, Drilling speed, Productivity, Vibration measuring equipment.

References

1. Poderni R.Yu. Mechanical equipment of quarries. Moscow, Mining Media Group Publ., 2011, 640 p. (In Russ.).
2. Kantovich L.I., Kozlov S.V. & Muminov R.O. Substantiation and selection of parameters of the rotary – feed mechanism of a quarry drilling rig. *Mining Information and Analytical Bulletin*, 2011. (5), pp. 225-229. (In Russ.).

3. Hoseinie S.H., Aghababaei H. & Pourrahimian Y. Development of a new classification system for assessing of rock mass drillability index. *Journal Rock Mech. Min.*, 2007, (45), pp. 1-10.
4. Kantovich L.I., Poderny R.Yu. & Muminov R.O. The influence of the parameters of the rotary – feeding mechanism of the drilling rig on its productivity. *Mining Informational and Analytical Bulletin*, 2010, (11), pp. 396-399. (In Russ.).
5. Kahraman S. Performance analysis of drilling machines using rock modulus ratio. *Journal S. Afr. Int. Min. Metall.*, 2003, (103), pp. 515-522.
6. Egamberdiev I.P., Atakulov L., Muminov R.O., Ashurov Kh.Kh. Research of Vibration Processes of Bearing Units of Mining Equipment. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, 2020, Vol. 9 (5). Available at: <http://www.warse.org/IJATCSE/static/pdf/file/ijatcse125952020.pdf> (accessed 15.04.2021).
7. Muminov R.O. Research of the kinematic parameters of loading of the basic mechanisms of the drilling rig during drilling of the step. *International Scientific Journal Theoretical & Applied Science*, 2021, Vol. 93 (01), pp. 2308-4944. Available at: <http://T-Science.org> (accessed 15.04.2021).
8. Kuziev D.A., Pyatova I.Yu., Klement'eva I.N., Pikhatorinsky D. Algorithm for the determination of maximum feed drive power of drilling rigs in open pit mining. *Mining Informational and Analytical Bulletin*, 2019, (1), pp. 128–133. (In Russ.).
9. Demirdag S., Tufekci K., Kayacan R., Yavuz H., Altindag R. Dynamic mechanical behavior of some carbonate rocks. *Journal Rock Mech. Min.*, 2010, (47), pp. 307-312.
10. Muminov R.O. & Boynazarov G.G. Analysis of dynamic and hardness parameters rotation and feeding systems of the drilling rig. *International Scientific Journal Theoretical & Applied Science*, 2020, Vol. 91 (11), pp. 2308-4944. Available at: <http://T-Science.org>. (accessed 15.04.2021).
11. Gabov V.V., Zadkov D.A. & Nguyen K.L. Features of elementary burst formation during cutting coals and isotropic materials with reference cutting tool of mining machines. *Journal of Mining Institute*, 2019, (236), pp. 153-161. DOI: 10.31897/pmi.2019.2.153
12. Yungmeister D.A., Krupenskii I. & Lavrenko S.A. Analysis of the options of modernization of roller-bit drilling machines with a submersible steamer. *Journal of Mining Institute*, 2018, (231), pp. 321-325. DOI: 10.25515/pmi.2018.3.321.
13. Fashchilenko V.N. & Reshetnyak S.N. Resonant behavior of electric drives of mining machines. *Gornyi Zhurnal*, 2017, (7), pp. 80–83. (In Russ.). DOI: 10.17580/gzh.2017.07.15.
14. Poderni R.Y., Chromoy M.R. & Sandalov V.F. Blast hole drill rig with extendable mast / The 5-th International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection. Sao Paulo. Brazil. Proceedings, 2001, pp. 387-393.

For citation

Muminov R.O., Rayhanova G.E. & Kuziev D.A. Experimental research and analysis of a quarry drilling rig. *Ugol*, 2021, (5), pp. 32-36. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-5-32-36.

Paper info

Received February 20, 2021

Reviewed March 11, 2021

Accepted April 15, 2021