

Оригинальная статья / Original article

УДК: 622.233

DOI: 10.21285/2541-9455-2017-40-3-99-106

## АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕХНИКИ БУРЕНИЯ ВЗРЫВНЫХ СКВАЖИН НА КАРЬЕРАХ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ И РЕСПУБЛИКИ ХАКАСИИ

© К.А. Бовин<sup>а</sup>, А.В. Гилев<sup>б</sup>, А.О. Шигин<sup>с</sup>, И.С. Плотников<sup>д</sup>

<sup>а-д</sup>Сибирский федеральный университет,

Российская Федерация, 660025, г. Красноярск, пр. Красноярский рабочий, 95.

**РЕЗЮМЕ.** Цель. Анализ эффективности эксплуатации горной техники с целью снижения затрат на бурение взрывных скважин. **Методы.** Собраны эксплуатационные данные на карьерах Красноярского края и Хакасии. Проведены их статистические исследования. **Результаты.** Сделан анализ эффективности эксплуатации буровой техники ряда горнодобывающих предприятий Сибирского региона, выполненный на основе промышленных исследований: ПАО «ПОЛЮС», АО «РУСАЛ Ачинск», Горьевский ГОК, а также Черногорский, Восточно-Бейский и Изыхский угольные разрезы (Республика Хакасия). **Выводы.** Отечественные буровые станки с электрическим приводом менее мобильны и производительны, чем зарубежные аналоги. Однако этот недостаток перекрывается значительно меньшей стоимостью техники и низкими удельными затратами на бурение 1 п.м скважины.

*Ключевые слова:* буровой станок; шарошечное долото; техника бурения; удельные затраты; эффективность бурения; стойкость бурового долота.

**Формат цитирования:** Бовин К.А., Гилев А.В. Шигин А.О., Плотников И.С. Анализ эксплуатации техники бурения взрывных скважин на карьерах Красноярского края и Республики Хакасии // Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, разведка и разработка месторождений полезных ископаемых. 2017. Т. 40. № 3. С. 99–106. DOI: 10.21285/2541-9455-2017-40-3-99-106

## OPERATION ANALYSIS OF BLAST HOLE DRILLING EQUIPMENT IN KRASNOYARSK REGION AND KHAKASSIA OPEN PITS

K.A. Bovin, A.V. Gilev, A.O. Shigin, I.S. Plotnikov

Siberian Federal University,

95 Krasnoyarskiy Rabochiy pr., Krasnoyarsk 660025, Russian Federation

**ABSTRACT.** The **Purpose** of the article is to analyze the operation efficiency of mining equipment in order to reduce the cost of blast hole drilling. **Methods.** Operating data collected in the open-pits of the Krasnoyarsk region and Khakassia have been given a statistical research. **Results.** Based on industrial researches the operation efficiency of drilling equipment of a number of mining enterprises of the Siberian region including "Polyus" JSC, "RUSAL-

---

<sup>а</sup>Бовин Константин Анатольевич, аспирант кафедры горных машин и комплексов, e-mail: koct.91@mail.ru  
Konstantin A. Bovin, Postgraduate student of the Department of Mining Machines and Complexes,  
e-mail: koct.91@mail.ru

<sup>б</sup>Гилев Анатолий Владимирович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой горных машин и комплексов, e-mail: anatoliy.gilev@gmail.com  
Anatoly V. Gilev, Doctor of technical sciences, Professor, Head of the Department of the Mining Machines and Complexes, e-mail: anatoliy.gilev@gmail.com

<sup>с</sup>Шигин Андрей Олегович, доктор технических наук, профессор кафедры горных машин и комплексов, e-mail: shigin27@rambler.ru  
Andrey O. Shigin, Doctor of technical sciences, Professor of the Department of Mining Machines and Complexes, e-mail: shigin27@rambler.ru

<sup>д</sup>Плотников Иван Сергеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры горных машин и комплексов, e-mail: bigiv89@ya.ru  
Ivan S. Plotnikov, Candidate of technical sciences, Associate Professor of the Department of Mining Machines and Complexes, e-mail: bigiv89@ya.ru

Achinsk JSC, Gorevsky Mining and Processing Plant as well as Chernogorsky, East-Beysky and Izykhsky open casts (Republic of Khakassia) has been analyzed. **Conclusion.** Domestic drilling rigs with an electric drive are less mobile and efficient than their foreign analogues. However, significantly lower cost of equipment and low specific drilling cost of 1 linear meter of a hole counterbalances this drawback.

*Keywords: drilling ring; roller bit; drilling equipment; specific costs; drilling efficiency; drilling bit durability*

**For citation:** Bovin K.A., Gilev A.V., Shigin A.O., Plotnikov I.S. Operation analysis of blast hole drilling equipment in Krasnoyarsk region and Khakassia open pits. Proceedings of the Siberian Department of the Section of Earth Sciences of the Russian Academy of Natural Sciences. Geology, Exploration and Development of Mineral Deposits, 2017, vol. 40, no. 3, pp. 99–106. (In Russian). DOI: 10.21285/2541-9455-2017-40-3-99-106

### Введение

Базисом всего промышленного производства является горная отрасль, осуществляющая добычу полезных ископаемых и обеспечивающая сырьевые потребности не только России, но и других стран. Основные объемы горной массы подготавливаются к выемке буровзрывным способом, одним из главных производственных процессов которого является бурение взрывных скважин [1].

Из применяемых на карьерах России основных способов бурения – шарошечного, вращательного резанием и ударно-вращательного – преобладает шарошечный способ, на долю которого приходится 80–85% всех объемов бурения. На карьерах железорудных и цветных металлов, представленных в основном крепкими породами, шарошечный способ занимает 90–95%, на угольных разрезах – около 60%.

В ближайшее десятилетие в России ожидаемые годовые объемы бурения на открытых горных, земляных и строительных работах превысят 60–70 млн м, освоение же при устаревших существующих способах бурения потребует списочного состава буровых станков более 1,5–2 тыс. ед. и годового расходования 160–200 тыс. бурового инструмента. Ежегодные эксплуатационные затраты могут достигнуть более 6 млрд руб., из которых примерно 60–65% составят буровые долота.

Столь значительные затраты объясняются большой стоимостью и относительно невысокой стойкостью сложных шарошечных долот, недостаточной

эффективностью разрушения забоя скважины и несовершенством процесса эвакуации бурового шлама из зоны работы долота [2–3].

На карьерах применяют буровые станки типа СБШ (станок буровой шарошечный), СБР (станок бурения резанием), СБУ (станок буровой ударно-вращательного действия), и СБУШ (станок комбинированный), рассчитанные на использование шарошечных, режущих, пневмоударных и других буровых инструментов.

На сегодняшний день сложилось мнение, что станки Atlas Copco, Tamrock, Reedrill и других западных фирм более предпочтительны в сравнении с СБШ-250МНА-32 за счет применения дизельного привода, что делает их независимыми от отключения энергии на карьере и позволяет уменьшить затраты при перемещении станка с одного бурового блока на другой [4].

### Материалы

Для получения объективной информации о работе техники бурения в реальных условиях проведены промышленные исследования на примере горнодобывающих предприятий Красноярского края и Хакасии.

Преобладающим способом бурения взрывных скважин на исследуемых предприятиях является шарошечный с применением отечественных и зарубежных буровых станков и инструментов. На протяжении последнего десятилетия на этих предприятиях применяют буровую технику и инструменты, представленные в таблице [5–8].

Технико-экономические показатели бурения взрывных скважин  
на исследуемых горнодобывающих предприятиях  
Technical and economic parameters of blast hole drilling  
at mining enterprises under investigation

f	Буровые станки / Drilling rigs	Q <sub>см</sub> , м/смену / Q <sub>sm</sub> , m/shift	C <sub>1</sub> , руб./м / C <sub>1</sub> , rub/m	Буровой инструмент / Drilling tools	L, м / L, m	C <sub>2</sub> , руб./м / C <sub>2</sub> , rub/m	C <sub>3</sub> , руб./м / C <sub>3</sub> , rub/m
Черногорский угольный разрез / Chernogosky open pit							
6-10	СБШ-250/270-60 / SBSH-250/270-60	296,3	217,37	UNJIN-269	12436,5	12,92	227,95
	СБШ-250-МНА-32 / SBSH-250-МНА-32	308,7	177,41	Atlas Copco-269	6820	21,22	195,27
	СБШ-250Д / SBHS-250D	368,4	207,13	ТКЗ-ПВ-269 / TKZ-PV-269	2488,4	20,31	233,27
	Atlas Copco DML	430,1	233,25	Atlas Copco-229	12990,5	9,04	246,47
Изыхский и Восточно-Бейский угольные разрезы / Izykhsky and East-Beysky open pit							
6-10	СБШ-250-МНА-32 / SBSH-250-МНА-32	316,1	173,26	ТКЗ-ПГВ-250,8 / TKZ-PGV-250,8	6228	78,19	249,92
				МГПВ-250,8 / MGPV-250,8	3183,5	120,68	293,10
	Atlas Copco DML	331,9	302,26	JUNJIN 632Y-215,9	9800	77,82	381,46
				JUNJIN SA-SM635-215	11000	79,05	382,59
				ТЗ-ПГВ-215,9 / TZ-PGV-215,9	6899	66,55	372,97
АО «РУСАЛ Ачинск» / RUSAL-Achinsk JSC							
8-10	СБШ-250-МНА-32 / SBSH-250-МНА-32	257,5	212,09	ТКЗ-ПГВ-244,5 (ГлуБур) / TKZ-PGV-244,5 (GluBur)	517,4	70,58	281,93
				ТКЗ-ПГВ-244,5 (Гормаш) / TKZ-PGV-244,5 (Gormash)	951,7	36,73	248,08
				ТЗ-ПВ-215,9 (УралБурмаш) / TZ-PV-215,9 (Uralburmash)	866,2	19,16	229,16
				ТКЗ-ПГВ-215,9 (Гормаш) / TKZ-PGV-215,9 (Gormash)	1541,8	36,79	246,79
Горьевский ГОК / Gorevsky Mining and Processing Plant							
10-12	СБШ-250-МНА-32 / SBSH-250-МНА-32	255,9	88,52	ТКЗ-ПГВ Ш2.35УМН-244,5 / TKZ-PGV SH2.35UMN-244,5	1000	48,90	137,33
	Atlas Copco DML	443,3	123,24	ТЗ-ПГВ-125 / TKZ-PGV-125	1531,3	30,59	154,39
ПАО «ПОЛЮС» / POLYUS JSC							
9-15	СБШ-250-МНА-32 / SBSH-250-МНА-32	383,8	56,40	ТКЗ-ПВ Ш2.36УНА-244,5 / TKZ-PV V SH2.36UNA-244,5	760,8	82,94	139,43
				ТКЗ-ПВ V-ACS62X-R1381-244,5 / TKZ-PV V-ACS62X-R1381-244,5	839,1	83,60	139,85
				ТКЗ-ПГВ-244,5 / TKZ-PGV-244,5	573,3	118,74	175,07
				ТКЗ-ПГВ Ш2.35УМУР1-244,5 / TKZ-PGV SH2.35UMUR1-244,5	815,1	87,0	143,49
				AIRP632 (R981)-244,5	776	91,08	122,71
				AIR632 (R981)-244,5	733,4	93,65	149,98
				AIR637 (R976)-244,5	1814	36,97	92,93
				AIR63 (R2029)-244,5	1278	52,88	108,84
				AIRP637 (R2029)-244,5	1346	51,26	107,22
				AIR637 (R982)-244,5	1627	42,43	98,26
	Atlas Copco DML	411,2	133,63	ТКЗ-ПВ-Ш20.01УН-215,9 / TKZ-PV-SH20.01UN-215,9	1105,2	46,43	182,24
				ТКЗ-ПВ Ш20У-215,9 / TKZ-PV SH20U-215,9	1594,81	35,11	169,66
				ТКЗ-ПВ Ш1.44УНЛ-215,9 / TKZ-PV SH1.44UNL-215,9	287,5	39,73	175,54

Atlas Copco Pit Viper 235	456,8	133,19	TKЗ-ПВ V-ACS62X-R1336-215,9 / TKZ-PV V-ACS62X-R1336-215,9	1311,3	41,21	175,77
			TKЗ-ПГВ Ш19У-215,9 / TKZ-PGV SH19U-215,9	1697,3	29,82	167,52
			TKЗ-ПГВ Ш19.01У-215,9 / TKZ-PGV SH19.01U-215,9	1920,3	27,03	155,62
			AIR632 (R980)-215,9	2584,7	27,65	156,25
			AIRP632 (R980)-215,9	2199,3	34,32	162,92
			TKЗ-ПВ V-ACS62X-R1381 / TKZ-PV V-ACS62X-R1381	839,1	84,41	217,35
			TKЗ-ПВ Ш2.36УНА-244,5 / TKZ-PV V SH2.36UNA-244,5	760,8	83,75	217,02
			AIRP727 (R976)-250,8	2238,5	36,39	168,54
			TKЗ-ПГВ Ш2.35УМР1-244,5 / TKZ-PGV SH2.35UMUR1-244,5	815,1	87,81	220,75
			AIRP637 (R982)-244,5	1283	55,70	184,22
AIR637 (R982)-244,5	1627	42,30	187,85			

*Примечание.*  $F$  – коэффициент крепости горных пород по шкале М.М. Протодияконова;  $Q_{см}$  – сменная производительность бурового станка, м/см;  $C_1$  – удельные затраты, приходящиеся на эксплуатацию бурового станка, руб./м;  $L$  – средняя проходка (стойкость) бурового долота, м;  $C_2$  – удельные затраты на буровой инструмент, отнесенные к 1 п.м пробуренной скважины, руб./м;  $C$  – удельные затраты на бурение 1 п.м взрывных скважин, руб./м.

*Note.*  $F$  – coefficient of rock strength by M.M. Protodiakonov's scale;  $Q_{sm}$  – drilling rig productivity per shift, m/cm;  $C_1$  – drilling machine operation costs, rub/m;  $L$  – average life (durability) of a drill bit, m;  $C_2$  – drilling tool specific costs per 1 linear meter of a drilled borehole, rub/m;  $C$  – specific drilling costs of 1 linear meter of blast holes, rub/m.

В качестве критерия оценки эффективности эксплуатации техники бурения приняты удельные затраты на 1 п.м взрывных скважин, определяемые по формуле [4]:

$$C = C_1 + C_2 = \frac{C_{mc}}{Q_{cm}} + \frac{C_d}{l_d} + \frac{C_w}{l_w} \text{ руб./м,}$$

где  $C_1$  – удельные затраты на эксплуатацию бурового станка, отнесенные к 1 п.м пробуренной скважины, руб./м;  $C_2$  – удельные затраты на буровой инструмент, отнесенные к 1 п.м пробуренной скважины, руб./м;  $C_{mc}$  – стоимость машино-смены бурового станка, руб./см;  $Q_{cm}$  – сменная производительность бурового станка, м/см;  $C_d$  – стоимость шарошечного долота, руб.;  $l_d$  – стойкость шарошечного долота, м;  $C_w$  – стоимость буровой штанги, руб.;  $l_w$  – стойкость буровой штанги, м.

Удельные затраты на эксплуатацию бурового станка, отнесенные к 1 п.м. пробуренной скважины, определяли по формуле

$$C_1 = \frac{C_{mc}}{Q_{cm}} \text{ руб./м.}$$

Стоимость машино-смены бурового станка определяли по формуле

$$C_{mc} = C_{з.п} + C_{ам} + C_э + C_{т.р} + C_m \text{ руб.,}$$

где  $C_{з.п}$  – затраты на заработную плату экипажа бурового станка, руб./смену;  $C_{ам}$  – амортизационные отчисления, руб./смену;  $C_э$  – затраты на электроэнергию или дизельное топливо, руб./смену;  $C_{т.р}$  – затраты на техническое обслуживание и ремонт бурового станка, руб./смену;  $C_m$  – затраты на вспомогательные материалы, используемые при бурении, руб./смену.

Удельные затраты на буровой инструмент, отнесенные к 1 п.м. пробуренной скважины, определяли по формуле [4]:

$$C_2 = \frac{C_d}{l_d} + \frac{C_w}{l_w} \text{ руб./м,}$$

где  $C_d$  и  $l_d$  соответственно – стоимость, руб., и стойкость, м, бурового долота;  $C_w$  и  $l_w$  – стоимость, руб., и стойкость, м, буровой штанги.

Результаты расчета удельных затрат на эксплуатацию буровых станков, отнесенные к 1 п.м. пробуренной скважины, показывают, что основными статьями расходов являются амортизационные отчисления, расходы на электроэнергию или дизельное топливо, расходы

на техническое обслуживание и ремонт буровых станков. Проведенный анализ показал, что затраты на энергоносители (электроэнергия и дизельное топливо) являются наибольшими. Так, удельные затраты на амортизационные отчисления, расходы на электроэнергию или дизельное топливо, расходы на техническое обслуживание при эксплуатации отечественных буровых станков с потреблением электроэнергии и зарубежных с потреблением дизельного топлива свидетельствуют о целесообразности применения отечественных буровых станков с электрическим приводом (рисунок).

Например, на рассматриваемых предприятиях буровые станки (типа СБШ-250 с электрическим приводом имеют в 2,5–2,8 раза меньшую стоимость машино-смены, чем зарубежные аналоги с дизельным приводом.

Из таблицы следует следующее:

1. В условиях Черногорского угольного разреза полученные результаты

свидетельствуют о предпочтительном выборе бурового станка СБШ-250-МНА-32 с долотом Atlas Copco-229, что связано с меньшими затратами на энергоносители у отечественных буровых станков с электрическим приводом, чем у зарубежных аналогов с дизельным приводом.

2. В условиях Изыхского и Восточно-Бейского угольных разрезов полученные результаты свидетельствуют о предпочтительном выборе бурового станка СБШ-250-МНА-32 с долотом ТЗ-ПГВ для скважин диаметром 215,9 мм и долотом ТКЗ-ПГВ для скважин диаметром 250,8 мм, что связано с меньшими затратами на энергоносители у отечественных буровых станков с электрическим приводом, чем у зарубежных аналогов с дизельным приводом.

3. В условиях АО «РУСАЛ Ачинск» полученные результаты свидетельствуют о предпочтительном выборе бурового станка СБШ-250-МНА-32 с долотом ТЗ-ПВ для скважин диаметром 215,9 мм и долотом ТКЗ-ПГВ для скважин

$$C_{mc} = 21645,37 \text{ руб./смену}$$

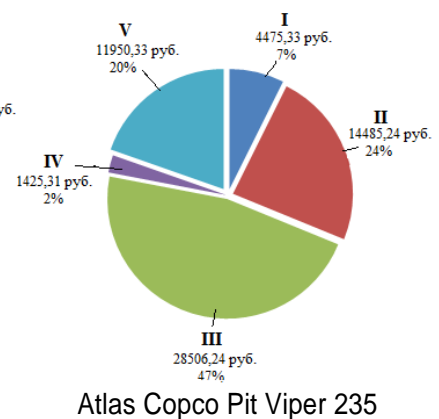
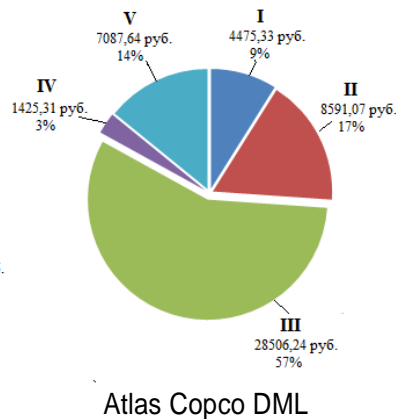
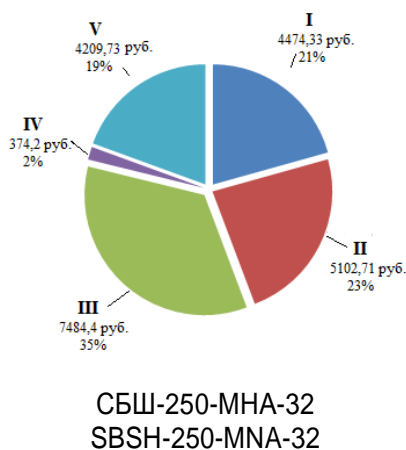
$$C_{ms} = 21645,37 \text{ rub/shift}$$

$$C_{mc} = 50085,85 \text{ руб./смену}$$

$$C_{ms} = 50085,85 \text{ rub/shift}$$

$$C_{mc} = 60842,45 \text{ руб./смену}$$

$$C_{ms} = 60842,45 \text{ rub/shift}$$



**Структура стоимости машино-смены бурового станка на исследуемых предприятиях:**

I – сменная заработная плата руб./смену; II – сменные амортизационные отчисления, руб./смену; III – расходы на электроэнергию или дизельное топливо, руб./смену; IV – расходы на вспомогательные материалы, используемые при бурении, руб./смену; V – расходы на ТО и Р, руб./смену

**Cost structure of a drilling rig operation shift at the enterprises under investigation:**

I – salary per shift, rub /shift; II – depreciation per shift, rub/shift; III – energy or diesel costs, rub/shift; IV – costs of auxiliary drilling materials, rub/shift; V – maintenance and repair costs, rub/shift

диаметром 244,5 мм, что связано с меньшими удельными затратами, отнесенными к 1 п.м. пробуренной скважины, для приведенного бурового инструмента.

4. В условиях Горьевского ГОКа полученные расчеты свидетельствуют о предпочтительном выборе бурового станка СБШ-250-МНА-32 с долотом ТЗ-ПГВ-125, что связано с меньшими затратами на энергоносители отечественных буровых станков с электрическим приводом, чем зарубежные аналоги с дизельным приводом, и меньшими удельными затратами, отнесенными к 1 п.м. пробуренной скважины, для приведенного бурового инструмента.

5. В условиях ПАО «ПОЛЮС» полученные расчеты свидетельствуют о предпочтительном выборе бурового станка СБШ-250-МНА-32 с долотом ТКЗ-ПГВ Ш19.01У для скважин диаметром 215,9 мм и долотом AIR637 (R976) для скважин диаметром 244,5 мм, что связано с меньшими затратами на энергоносители у отечественных буровых станков с электрическим приводом, чем у зарубежных аналогов с дизельным приводом.

### Результаты

Результаты исследований позволяют сделать следующие общие выводы.

1. Преимущество по производительности на всех исследуемых предприятиях имеют зарубежные станки Atlas Copco DML, которые более мобильны и не зависимы от электросети карьера.

2. Производительность отечественного станка СБШ-250Д (АО «Рудгор-маш») с дизельным приводом уступает зарубежным незначительно (14–15%). Однако этот недостаток существенно перекрывается более низкими стоимостью техники и затратами на ТО и ремонт.

3. Стоимость машино-смены у отечественных буровых станков значительно ниже, чем у зарубежных аналогов. Так, на всех горнодобывающих предприятиях наименьшую стоимость машино-смены имеют станки СБШ-250-МНА-32, а

наибольшую – буровые станки Atlas Copco DML.

4. Наименьшие удельные затраты на буровой инструмент, отнесенные к 1 п.м. пробуренной скважины, среди отечественных производителей имеют долота диаметром 244,5 мм – ТКЗ-ПВ и ТКЗ-ПГВ, диаметром 215,9 мм – ТКЗ-ПГВ-Ш19.01У и AIR632(R980); среди зарубежных производителей – долота Atlas Copco и JUN-JIN всех диаметров.

5. Зарубежные шарошечные долота имеют в два и более раза большую стоимость и стойкость в отличие от отечественных буровых инструментов. В значительной мере это обусловлено более качественным процессом изготовления бурового инструмента и применением высокопрочных материалов.

6. Наименьшие удельные затраты на бурение 1 п.м. скважины на всех исследуемых предприятиях наблюдаются при эксплуатации отечественного бурового станка СБШ-250-МНА-32, а самые высокие – у зарубежных аналогов Atlas Copco DML, на что в большей мере влияют высокие стоимость машино-смены и стоимость приобретения бурового станка.

7. Увеличение производительности отечественных буровых станков возможно достигнуть заменой электрического привода на дизель-электрический. Так, во время перегона бурового станка от одного уступа к другому может работать дизельный двигатель, а во время бурения – электрический.

8. Большое значение в эффективности бурения взрывных скважин имеют стойкость и стоимость бурового инструмента. Поэтому следует разрабатывать новые экономичные и высокопрочные типы буровых долот. С учетом того, что шарошечные долота в основном выходят из строя по причине отказов опор, целесообразно проектировать и изготавливать буровой инструмент ремонтпригодным, с многократным применением рабо-

чих элементов, совершенствовать разборные буровые инструменты режущего вращательного действия, обеспечиваю-

щие режим резания, скалывания и сдвига породы в забое скважины.

### Библиографический список

1. Гилев А.В., Бовин К.А., Шигин А.О., Белозеров И.Р. Анализ проходки шарошечных долот в условиях Олимпиадинского ГОКа ЗАО «ПОЛЮС» // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2-1 [Электронный ресурс]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=20398> (дата обращения: 22.06.2017).

2. Гилев А.В., Шигин А.О., Доронин С.В., Гилёва Н.Н. Методы расчетов прочности при проектировании рабочих органов буровых станков // Современные наукоемкие технологии. 2011. № 1. С. 132–134.

3. Гилев А.В., Шигин А.О. Теория рабочего процесса электромагнитного привода вращательно-подающего механизма бурового станка при бурении сложноструктурных горных массивов // Фундаментальные исследования. 2012. № 9-2. С. 375–380.

4. Гилев А.В., Шигин А.О., Чесноков В.Т., Белозеров И.Р. Повышение эффективности эксплуатации буровой техники на горных предприятиях: монография. Красноярск: Изд-во СФУ, 2013. 372 с.

5. Авращенко А.С., Гилев А.В., Бовин К.А. Анализ эффективности эксплуа-

тации отечественного и зарубежного бурового инструмента на карьерах АО «ПОЛЮС»: материалы науч. конф., посвящ. году образования Независимых Государств [Электронный ресурс]. Красноярск: Изд-во СФУ, 2016. С. 4–5.

6. Килин Д.Е., Гилев А.В., Бовин К.А. Анализ эффективности эксплуатации бурового инструмента на Мазульском известняковом руднике: материалы науч. конф., посвящ. году образования Независимых Государств. Красноярск: Изд-во СФУ, 2016. С. 25–27.

7. Миранов А.И. Анализ эффективности эксплуатации бурового инструмента на Черногорском угольном разрезе: материалы науч. конф., посвящ. году образования Независимых Государств. Красноярск: Изд-во СФУ, 2016. С. 28–30.

8. Прокопчук В.А., Гилев А.В., Бовин К.А. Анализ эффективности эксплуатации отечественного и зарубежного бурового оборудования на карьерах АО «ПОЛЮС»: материалы науч. конф., посвящ. году образования Независимых Государств. Красноярск: Изд-во СФУ, 2016. С. 39–40.

### References

1. Gilev A.V., Bovin K.A., Shigin A.O., Belozеров I.R. Analysis of penetration of drill bits in terms Olimpiadinskiy GOK ZAO «POLYUS». *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education], 2015, no. 2-1. Available at: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=20398> (accessed: 22 June 2017). (In Russian).

2. Gilev A.V., Shigin A.O., Doronin S.V., Gileva N.N. *Metody raschetov*

*prochnosti pri proektirovanii rabochikh organov burovyykh stankov* [Strength calculation methods in drilling rig operating body design]. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii* [Modern high technologies], 2011, no. 1, pp. 132–134. (In Russian).

3. Gilev A.V., Shigin A.O. Working out of idealised model of drilling of rocks with various physicomechanical properties by roller bit chisels. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental researches], 2012, no.

9-2, pp. 375–380. (In Russian).

4. Gilev A.V., Shigin A.O., Chesnokov V.T., Belozеров I.R. *Povyshenie effektivnosti ekspluatatsii burovoi tekhniki na gornyykh predpriyatiyakh* [Improving drilling equipment efficiency at mining enterprises]. Krasnoyarsk: Siberian Federal University Publ., 2013, 372 p.

5. Avrashchenko A.S., Gilev A.V., Bovin K.A. *Analiz effektivnosti ekspluatatsii otechestvennogo i zarubezhnogo burovogo instrumenta na kar'erakh AO «POLYUS»: materialy nauch. konf., posvyashch. godu obrazovaniya Nezavisimyykh Gosudarstv* [Analysis of operation efficiency of domestic and foreign drilling equipment at the open-cast mines of "POLYUS" JSC: Materials of the Scientific Conference dedicated to the first anniversary of the formation of Independent States]. Krasnoyarsk: Siberian Federal University Publ., 2016, pp. 4–5.

6. Kilin D.E., Gilev A.V., Bovin K.A. *Analiz effektivnosti ekspluatatsii burovogo instrumenta na Mazul'skom izvestnyakovom rudnike: materialy nauch. konf., posvyashch. godu obrazovaniya Nezavisimyykh Gosudarstv* [Analysis of operation efficiency of drilling equipment at Mazulsky

limestone mine: Materials of the Scientific Conference dedicated to the first anniversary of the formation of Independent States]. Krasnoyarsk: Siberian Federal University Publ., 2016, pp. 25–27.

7. Miranov A.I. *Analiz effektivnosti ekspluatatsii burovogo instrumenta na Chernogorskom ugol'nom razreze: materialy nauch. konf., posvyashch. godu obrazovaniya Nezavisimyykh Gosudarstv* [Analysis of operation efficiency of drilling equipment at Chernogorsky coal mine: Materials of the Scientific Conference dedicated to the first anniversary of the formation of Independent States]. Krasnoyarsk: Siberian Federal University Publ., 2016, pp. 28–30.

8. Prokopchuk V.A., Gilev A.V., Bovin K.A. *Analiz effektivnosti ekspluatatsii otechestvennogo i zarubezhnogo burovogo oborudovaniya na kar'erakh AO «POLYUS»: materialy nauch. konf., posvyashch. godu obrazovaniya Nezavisimyykh Gosudarstv* [Analysis of operation efficiency of domestic and foreign drilling equipment at the open-cast mines of POLYUS JSC: Materials of the Scientific Conference dedicated to the first anniversary of the formation of Independent States]. Krasnoyarsk: Siberian Federal University Publ., 2016, pp. 39–40.

### Критерии авторства

Бовин К.А. собрал и обработал полученные материалы, построил и обработал таблицу, написал и подготовил текст статьи. Гилев А.В., Шигин А.О. и Плотников И.С. собрали материал, приняли участие в написании рукописи.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила 20.04.2017 г.

### Authorship criteria

Bovin K.A. has collected and analyzed the obtained materials, constructed and processed a spreadsheet, wrote and prepared the manuscript for publication. Gilev A.V., Shigin A.O. and Plotnikov I.S. have collected the materials and participated in writing of the manuscript.

### Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interests regarding the publication of this article.

The article was received 20 April 2017