

Библиографический список

1. Matkarimov S. T., Berdiyarov B. T., Mukhametjanova Sh. A. Understanding the possibility of obtaining iron-bearing alloys from copper slags. *Tsvetnye Metally*. 2023. No. 9. pp. 31–2. Mukhamedzhanova Shoir, Matkarimov Sokhibjon Development of resource-saving technology for copper production at “Almalyk MMC” JSC, E3S Web of Conferences 525, 04001 (2024) GEOTECH-2024 DOI 10.1051/e3sconf/202452504001
3. Ismailov, J., Berdiyarov, B., Nosirkhujayev, S., Ochilidiyev, K., Nuraliyev, O. Possibilities for improving the technology of roasting zinc concentrates E3S Web of Conferences, 2024, 525, 040033. наша статья
4. Металлургия тяжелых цветных металлов [Электронный ресурс]: электронное учебное пособие / Н. В. Марченко, Е. П. Вершинина, Э. М. Гильдебрандт. – Электронные данные (6 Мб). – Красноярск: ИПК СФУ, 2009.
5. Mark E. Schlesinger; Kathrun C. Sole; William G. Davenport; Gerardo R.F. Alvear Flores. *Extractive Metallurgy of Copper*, Hardback ISBN: 9780128218754, 6th Edition – December 2, 2021
6. H. Jalkanen, J. Vehvilainen, and J. Poijarvi: *Scand. J. Metall.*, 2003, vol. 32, pp. 65–70.
7. R.H. Davies, A.T. Dinsdale, J.A. Gisby, J.A.J. Robinson, and S.M. Martin: *CALPHAD*, 2002, vol. 26, pp. 229–71
8. The International Centre for Diffraction Data: PDF-2 Database, Release 2014. <http://www.icdd.com/products/pdf2.htm>, 2014. Accessed 16 Nov 2015.

Information about authors:

Muxametjanova Shoir Abdusamatovna	– PhD, Associate professor of the department of Metallurgy; Tashkent State Technical University, 100095, Tashkent, University Str., 2, Republic of Uzbekistan ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6184-6443 shoira.muhamet@gmail.com
Matkarimov Sohijon Turdalievich	– DSc, professor of the department of Metallurgy; Tashkent State Technical University, 100095, Tashkent, University Str., 2, Republic of Uzbekistan ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2393-6576 , e-mail: sohibtm@gmail.com
Nosirxo'jayev Sardor Qodirjon o'g'li	– Head of the department of Metallurgy, PhD, Associate professor; Tashkent State Technical University, 100095, Tashkent, University Str., 2, Uzbekistan ORCID: 0000-0003-1651-5634 , sardornosirxojayev77@gmail.com
Ochilidiyev Qahramon Turdalievich	– PhD, Associate professor of the department of Metallurgy; Tashkent State Technical University, 100095, Tashkent, University Str., 2, Uzbekistan https://orcid.org/0000-0002-9891-7508 , qahramonochilidiyev@gmail.com
Saynazarov Abdukahhar Matibragimovich	– Head of the Technological Department, Central Office, Almalyk Mining and Metallurgical Complex JSC, Tashkent A.Temur Str., Republic of Uzbekistan e-mail: a.saynazarov@agmk.uz

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА НИЖНИХ ГОРИЗОНТАХ КАРЬЕРОВ С УЧЕТОМ ТЕХНИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

Ш.А.Очилов

Университет геологических наук, Ташкент, Узбекистан

Doi: 10.5281/zenodo.17338796

АННОТАЦИЯ

Получено:
14.07.2025Пересмотрено:
19.07.2025Пересмотрено:
03.08.2025Опубликовано:
10.10.2025

В статье рассмотрены ключевые факторы, определяющие выбор бурового оборудования и организацию буровзрывных работ (БВР) на нижних горизонтах карьеров. Представлена методика расчета производительности буровых станков с учетом геомеханических свойств массива, степени износа инструмента и энергетических характеристик бурения. Предложена система расчетов параметров скважин и зарядов с учетом удельной энергоемкости разрушения, а также взаимосвязь между технологическим циклом бурения и организацией работы экскавационного оборудования. Разработаны рекомендации по рациональному определению числа буровых станков, их резервированию и оптимизации взаимодействия в технологической цепи.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

карьер, уступ, бурение, буровой станок, скорость бурения, производительность, горные породы, энергоемкость бурения, шарошечное бурение, буровзрывные работы, трещиноватость, плотность, обводненность, термические напряжения.

Введение

При выборе типа бурового станка основное внимание уделяется таким факторам, как прочность горных пород, наличие трещин, уровень обводненности и требуемый диаметр скважины. Эффективность работы бурового станка в значительной степени определяется характеристиками разбуриваемой породы, состоянием и износом бурового инструмента, а также условиями выполнения бурения и уровнем организации технологического процесса.

В связи с изменчивостью свойств горных пород и износом бурового инструмента, для анализа эффективности бурения применяют показатель средней скорости, рассчитываемый на основе паспортных данных бурового станка и результатов хронометражных наблюдений. Этот подход позволяет учитывать реальные условия работы и корректировать параметры бурения в зависимости от специфики массива, состояния инструмента и внешних факторов. Для более точной оценки также рекомендуется периодически проводить мониторинг состояния оборудования и анализировать эффективность работы в ходе выполнения буровых операций.

Методы исследования

Сменная производительность (м/смену) рассчитывается с учетом ряда факторов, таких как скорость бурения, время, затраченное на замену рабочего инструмента, продолжительность спуско-подъемных операций, а также время, необходимое для перемещения бурового станка между скважинами и его последующую установку [1]. Этот расчет позволяет точно определить эффективность работы бурового оборудования за смену, учитывая все технологические процессы, которые влияют на общую производительность:

$$Q_{\text{см}} = P_{\text{в}} \cdot T_{\text{см}} \cdot k_{\text{в}} \cdot k_{\text{и}}, \quad (1)$$

где $P_{\text{в}}$ – техническая производительность бурового станка, м/ч согласно паспортной характеристике;

$T_{\text{см}}$ – продолжительность смены, ч;

$k_{\text{в}}$ – коэффициент, учитывающий вспомогательные операции ($k_{\text{в}}=0,15 \div 0,20$);

$k_{\text{и}}$ – коэффициент использования станка в течение смены ($k_{\text{и}}=0,5 \div 0,75$).

Число буровых станков можно определять как для всего карьера, так и для каждого экскаватора отдельно. Однако более эффективным является выбор последнего подхода, так как производительность всего технологического потока в значительной степени зависит от работы выемочно-погрузочной машины. Для обеспечения её бесперебойной работы важно точно согласовывать действия буровых станков с процессом работы экскаватора. Особенно это имеет значение на крупных карьерах, где расчет и подбор числа буровых станков для каждого

экскаватора позволяют более точно учитывать геологические и физико-механические свойства массива, который разрабатывает экскаватор. Такой подход способствует не только улучшению координации между оборудованием, но и повышению эффективности работы всей технологической цепочки.

Необходимое число буровых станков в целом для карьера может быть определено по формуле [2]:

$$N = \frac{\Pi \cdot k}{Q_{\text{см}} \cdot n_{\text{см}} \cdot n_{\text{год}} \cdot j}, \quad (2)$$

где Π – производительность карьера по горной массе, м³/год;

k – коэффициент резерва станков ($k=1,2 \div 1,25$);

$Q_{\text{см}}$ – производительность бурового станка, м/смену;

$n_{\text{см}}$ – число смен работы станков в сутки;

$n_{\text{год}}$ – число рабочих дней бурового станка в году;

j – выход горной массы с 1 м скважины, м³/м;

$$j = \frac{[W + b(n-1)]ha}{l_{\text{скв}} \cdot n}, \quad (3)$$

где a , b – расстояние соответственно между скважинами в ряду и между рядами, м;

h – высота уступа, м;

W – линия сопротивления по подошве, м;

n – число рядов скважин;

$l_{\text{скв}}$ – глубина скважины, м.

Необходимое количество буровых станков для одной выемочно-погрузочной машины рассчитывается, принимая во внимание месячную производительность экскаватора и количество рабочих дней бурового станка в месяц. В данном случае коэффициент резерва рекомендуется устанавливать в пределах от $k = 1,0$ до $1,15$, чтобы обеспечить оптимальную работу и учитывать возможные внеплановые простои или другие непредвиденные обстоятельства.

В формуле (1) скорость бурения является параметром, который сложно точно сопоставить с физико-механическими свойствами пород конкретного месторождения. В связи с этим для оценки производительности бурового станка целесообразно использовать энергоёмкость бурения и мощность привода вращателя. При предположении, что привод вращателя функционирует в номинальном режиме, техническую производительность станка можно рассчитать с помощью следующей формулы [3]:

$$Q_{\text{ст.ч}} = \frac{N_{\text{вр}} \cdot K_{\text{з.дв}}}{F_{\text{б}}}, \quad (4)$$

где $Q_{\text{ст.ч}}$ – техническая производительность бурового станка, м/ч;

$N_{\text{вр}}$ – мощность привода вращателя, кВт;

$F_{\text{б}}$ – удельные энергозатраты на бурение скважин, кВт.ч/м;

$K_{з,дв}$ – коэффициент загрузки двигателя вращателя, $K_{з,дв} = 0,7 \div 0,8$.

Энергозатраты на бурение скважин диаметром $D=0,25$ м с использованием шарошечного станка СБШ-250МН рассчитываются с помощью следующей формулы

$$F_6 = 0,6e^{0,017\sigma_{сж}}, \quad (5)$$

где $\sigma_{сж}$ – предел прочности пород на сжатие, МПа;

e – основание натурального логарифма ($e=2,73$).

При изменении диаметра скважины удельные энергозатраты изменяются пропорционально квадрату диаметра скважины:

$$\frac{F_6}{F_{6i}} = \frac{D^2}{D_i^2}; \text{ тогда } F_{6i} = \frac{F_6 \cdot D_i^2}{D^2}, \quad (6)$$

где F_{6i} – удельные энергозатраты на бурение скважин i -го диаметра, кВт.ч/м;

D – i -й диаметр скважины, м.

Подставив известные значения в формулу (4) и произведя необходимые преобразования, мы получаем:

$$Q_{ст,ч} = \frac{0,1N_{вр} \cdot K_{з,дв}}{e^{0,017\sigma_{сж}} \cdot D_i^2}, \quad (7)$$

Формула (7) применима при бурении скважин диаметром $D_i=0,16 \div 0,32$ м с использованием шарошечных станков типа СБШ в породах с прочностью на сжатие $\sigma_{сж} = 50\text{--}200$ МПа.

Эксплуатационную производительность бурового станка (выработку) $Q_{ст,см}$ (м/смену) можно рассчитать с использованием следующей формулы [4]

$$Q_{ст,см} = K_{и,ст} \cdot T_{см} \cdot Q_{ст,ч} = \frac{0,1K_{и,ст} \cdot T_{см} \cdot N_{вр} \cdot K_{з,дв}}{e^{0,017\sigma_{сж}} \cdot D_i^2}, \quad (8)$$

где $K_{и,ст}$ – коэффициент использования бурового станка в течение смены, $K_{и,ст} = 0,5 \div 0,7$;

$T_{см}$ – продолжительность смены, ч.

Диаметр скважины определяется по формуле [3]:

$$d = 28H \sqrt{\frac{K}{\Delta}}, \text{ мм} \quad (9)$$

где K – расчетный удельный расход ВВ, кг/м³.

Величина СПП определяется по формуле:

$$W = \sqrt{\frac{P}{K}}, \text{ м} \quad (10)$$

где P – вместимость 1 м скважины, кг.

Если известен фактический удельный расход ВВ q на разрушение 1 м³ породы в уступе при нормальных условиях рыхления, то W можно вычислить по следующей формуле:

$$W = 0,9 \sqrt{\frac{P}{q}}, \text{ м} \quad (11)$$

Величина СПП для наклонных скважинных зарядов определяется по формуле:

$$W_H = \frac{1}{\sin \alpha} \sqrt{\frac{P}{K}} \text{ или } W_H = \frac{0,9}{\sin \alpha} \sqrt{\frac{P}{q}}, \text{ м} \quad (12)$$

Величина перебура определяется по формулам:

$$l_{пер} = 0,5KW \text{ или } l_{пер} = (10 \div 15)d, \text{ м} \quad (13)$$

Длина скважины определяется по формуле:

$$l_{скв} = H + l_{пер}, \text{ м} \quad (14)$$

Длина наклонных скважин вычисляется по формуле:

$$l_{скв} = \frac{H}{\sin \alpha} + l_{пер}, \text{ м} \quad (15)$$

Определяется расстояние между зарядами в ряду по формулам:

$$a = mW \text{ или } a = \frac{Q}{qWH}, \text{ м} \quad (16)$$

где $m=0,8 \div 1,4$.

Величина СПП с учетом взаимодействия зарядов равна:

$$W_{вз} = W(1,6 - 0,5m), \text{ м} \quad (17)$$

Вес заряда определяют по формуле:

$$Q = qWaH, \text{ кг} \quad (18)$$

Закключение

В результате проведенного анализа факторов, влияющих на выбор и эффективность работы буровых станков, подтверждена важность комплексного подхода к оценке бурового процесса. Учет влияния климатических и экстремальных условий бурения позволяет повысить надежность и стабильность производственного процесса.

Разработанные и применяемые методики расчета сменной производительности бурового станка с учетом всех вспомогательных операций и коэффициентов использования обеспечивают более точное планирование и оптимизацию работы оборудования. Представленные формулы, основанные на энергоемкости бурения и мощности привода вращателя, позволяют объективно оценивать технические возможности станков в зависимости от диаметра и глубины скважин, а также физико-механических характеристик пород.

Особое внимание уделяется координации работы буровых станков с выемочно-погрузочной техникой, что является ключевым фактором повышения эффективности всего технологического процесса разработки карьера. Выбор количества буровых станков по каждому экскаватору с учетом геологических условий и параметров массива способствует снижению простоев и оптимизации затрат.

Таким образом, комплексный подход к расчету и анализу производительности бурового оборудования, основанный на реальных данных и современных методах мониторинга, позволяет существенно повысить эффективность горных работ и обеспечить устойчивое развитие добывающих предприятий.

TEXNIK-GEOLOGIK VA ENERGETIK PARAMETRLARNI HISOBGA OLGAN HOLDA KARYERLARNING QUYI GORIZONTLARIDA BURG'ILASH-PORTLATISH ISHLARI SAMARADORLIGINI OSHIRISH

Sh.A.Ochilov

Geologiya fanlari universiteti, Toshkent sh., O'zbekiston

ANNOTATSIYA

Kelib tushgan:
14.07.2025
Ko'rib chiqilgan:
19.07.2025
Qabul qilingan:
03.08.2025
Chop etilgan:
10.10.2025

Maqolada burg'ilash uskunalarini tanlash va karyerlarning quyi gorizontlaridagi burg'ilash-portlatish ishlarini (BPI) tashkil etishni belgilovchi asosiy omillar ko'rib chiqilgan. Massivning geomexanik xossalarini, asboblarning eskirish darajasini va burg'ilashning energetik xususiyatlarini hisobga olgan holda burg'ilash dastgohlarining unumdorligini hisoblash metodikasi keltirilgan. Skvajinalar va zaryadlarning parametrlarini hisoblash tizimi parchalanishning o'ziga xos energiya intensivligini, shuningdek, burg'ilashning texnologik sikli va qazish uskunalarini tashkil etish o'rtasidagi bog'liqlikni hisobga olgan holda taklif etilgan. Burg'ilash dastgohlari sonini ratsional aniqlash, ularni zahiraga qo'yish va texnologik zanjirdagi o'zaro ta'sirni optimallashtirish bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqilgan.

KALIT SO'ZLAR

karyer, pog'ona, burg'ilash, burg'ilash dastgohi, burg'ilash tezligi, ish unumdorligi, tog' jinslari, burg'ilashning energiya intensivligi, sharoshkali burg'ilash, burg'ilash-portlatish ishlar, darzdorlik, zichlik, suvlanganlik, termik kuchlanish.

INCREASING THE EFFICIENCY OF DRILLING AND BLASTING OPERATIONS AT THE LOWER LEVEL OF QUARRIES TAKING INTO ACCOUNT TECHNICAL, GEOLOGICAL AND ENERGY PARAMETERS

Sh.A.Ochilov

University of Geological Sciences, Tashkent, Uzbekistan

ABSTRACT

Received:
14.07.2025
Revised:
19.07.2025
Accepted:
03.08.2025
Published:
10.10.2025

The article considers the key factors determining the choice of drilling equipment and the organization of drilling and blasting operations (DBO) at the lower levels of quarries. A methodology for calculating the productivity of drilling rigs is presented, taking into account the geomechanical properties of the massif, the degree of tool wear and energy characteristics of drilling. A system for calculating the parameters of wells and charges is proposed, taking into account the specific energy intensity of destruction, as well as the relationship between the technological cycle of drilling and the organization of excavation equipment. Recommendations are developed for the rational determination of the number of drilling rigs, their reservation and optimization of interaction in the technological chain.

KEYWORDS

quarry, bench, drilling, drilling rig, drilling speed, productivity, rocks, drilling energy intensity, roller drilling, drilling and blasting operations, fracturing, density, water content, thermal stresses.

Библиографический список

1. Иванов С.А. Технология буровзрывных работ. – М.: Недра, 2015. – С. 68.
2. Петров В.Г. Производственные расчеты при открытых горных работах. – Екатеринбург: УрФУ, 2018. – С. 69–71.
3. Смирнов А.И. Горные машины: буровое оборудование. – М.: Горная книга, 2019. – С. 114–115.
4. Норов Ю.Д., Шеметов П.А. Новые технологии и безопасности при ведении взрывных работ. Курс лекций. – Навои, НГГИ, 2007. – 200 с.

Information about authors:

Ochilov Shuhratulla - DSc, Associate Professor, Head of the Department of Geological Exploration Techniques and Technology, University of Geological Sciences, 100164, Tashkent, Mirzo Ulugbek district, Olimlar Str., 64, Republic of Uzbekistan
ORCID: 0000-0002-4629-1734 e-mail: o.shuhrat@mail.ru