УДК 622

Сенченко В.А.

магистрант

кафедра «Горное дело»

Казахский национальный исследовательский технический университет

им. К.И. Сатпаева

(г. Алматы, Казахстан)

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ ПРИ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Аннотация: *в статье рассматривается обоснование параметров буровзрывных работ при открытой разработке месторождений. Проведен сравнительный анализ параметров бурения и взрывания уступов высотой 5 и 10 м. Установлено, что при диаметре скважин 152 мм и удельном расходе ВВ 0,82 кг/м³ увеличение высоты уступа сопровождается изменением глубины скважин с 6 до 12 м, линии наименьшего сопротивления с 4,5 до 5,0 м и массы заряда с 50,1 до 111,9 кг. Обоснована необходимость опытных взрывов для уточнения расчетных параметров и оценки качества дробления горной массы.*

Ключевые слова: *буровзрывные работы, открытая разработка, скважинное бурение, диаметр скважины, высота уступа, дробление горной массы.*

Введение. Буровзрывные работы являются одним из основных технологических процессов открытой разработки месторождений. Их параметры определяют качество дробления горной массы, эффективность выемочно-погрузочных операций и производительность последующих технологических процессов (1-6).

Рациональный выбор диаметра скважин, высоты уступов, линии наименьшего сопротивления, расстояний между скважинами и удельного расхода взрывчатого вещества позволяет обеспечить требуемую степень

дробления горных пород и снизить затраты на вторичное разрушение негабарита.

В связи с этим актуальной задачей является анализ взаимосвязи основных параметров буровзрывных работ и их обоснование с учетом горно-геологических и производственных условий открытых горных разработок (7-15).

Материалы и методы исследования. Исследование основано на анализе проектных параметров буровзрывных работ для двух вариантов высоты уступов - 5 и 10 м. Рассмотрены характеристики скважинного бурения, параметры расположения скважин и показатели зарядки (рис.1.).

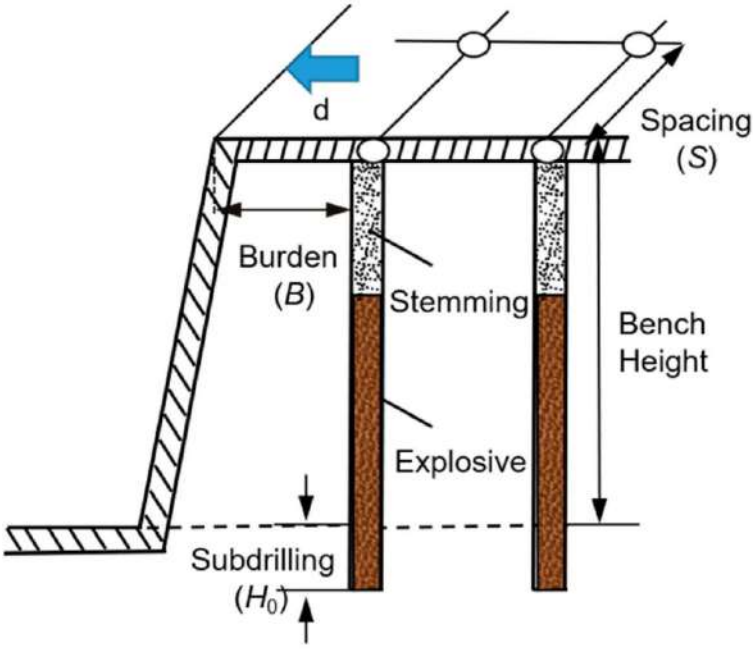


Рисунок 1. Параметры расположения скважин и показатели зарядки (рис.1.).

Для бурения предусматривается применение автономных дизельных станков ударно-вращательного бурения Epiroc D60/65, SWDE, ZEGA, DML, JK и FlexiROC D65. Оборудование используется для бурения технологических, буферных и контурных скважин.

В качестве основных расчетных показателей приняты диаметр скважины, глубина бурения, перебур, линия наименьшего сопротивления, расстояния между скважинами и рядами, масса заряда и длина забойки (15-19).

Результаты исследования и обсуждение.

Анализ параметров бурения. Для рассматриваемых вариантов высоты уступов принят диаметр скважин 152 мм. При высоте уступа 5 м глубина скважины составляет 6 м, при высоте 10 м - 12 м. Величина перебура соответственно составляет 1 и 2 м.

Основные геометрические параметры скважинной сети представлены в таблице 1.

Таблица 1. Геометрические параметры буровзрывных работ.

Показатель	**Ед. изм.**	**5 м**	**10 м**
Диаметр скважины	мм	152	152
Глубина скважины	м	6	12
Перебур	м	1	2
Линия наименьшего сопротивления	м	4,5	5,0
Расстояние между скважинами	м	3,3	3,5
Расстояние между рядами	м	3,7	3,9
Угол откоса уступа	град.	80	80

Сравнительный анализ показывает, что при увеличении высоты уступа в два раза глубина скважин также увеличивается в два раза. При этом расстояние между скважинами изменяется с 3,3 до 3,5 м, а между рядами - с 3,7 до 3,9 м.

Анализ параметров скважинных зарядов. Расчетный удельный расход взрывчатого вещества для обоих вариантов принят равным 0,82 кг/м³ при плотности ВВ 1,1 т/м³.

Вместимость одного погонного метра скважины составляет 19,96 кг/м. Основные характеристики скважинных зарядов приведены в таблице 2.

Увеличение высоты уступа сопровождается повышением массы скважинного заряда с 50,1 до 111,9 кг. При этом удельный расход взрывчатого вещества остается неизменным. Данное обстоятельство подчеркивает необходимость комплексного учета геометрических параметров скважинной сети и характеристик зарядов при проектировании буровзрывных работ.

Таблица 2. Характеристики скважинных зарядов.

Показатель	**Ед. изм.**	**5 м**	**10 м**
Удельный расход ВВ	кг/м³	0,82	0,82
Плотность ВВ	т/м³	1,1	1,1
Вместимость скважины	кг/м	19,96	19,96
Масса заряда	кг	50,1	111,9
Длина заряда	м	2,5	5,6
Длина забойки	м	3,5	6,4

Организация взрывных работ и вторичное дробление. Взрывание скважинных зарядов предусматривается осуществлять с применением электрической системы инициирования (20-27). Для производства работ используются взрывчатые вещества и материалы, допущенные к применению на территории Республики Казахстан.

Расчетная периодичность массовых взрывов составляет 3–4 дня в неделю. Для каждого массового взрыва разрабатывается соответствующая техническая документация с учетом конкретных горно-технических условий (28-32). Для уточнения проектных параметров необходимо проведение серии опытных взрывов с последующей оценкой качества дробления и выхода негабаритных кусков.

Проектный выход негабарита принят на уровне 5,5% от общего объема добываемой руды (32-38). Для его разрушения предусматривается применение самоходных механических бутобоев, а также шпурового метода вторичного дробления.

Заключение. Проведенный анализ позволил установить особенности изменения основных параметров буровзрывных работ при высоте уступов 5 и 10 м. При сохранении диаметра скважин 152 мм и удельного расхода ВВ 0,82 кг/м³ глубина бурения увеличивается с 6 до 12 м, а масса скважинного заряда — с 50,1 до 111,9 кг. Установлено, что увеличение высоты уступа сопровождается изменением геометрии скважинной сети, включая линию наименьшего сопротивления и расстояния между скважинами и рядами. Для повышения эффективности буровзрывных работ необходимо проведение опытных взрывов, инструментальный контроль гранулометрического состава горной массы и оценка фактического выхода негабарита. Полученные результаты могут служить основой для дальнейшего совершенствования параметров буровзрывных работ с учетом горно-геологических условий, производительности оборудования и требований к качеству подготовки горной массы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Hryhoriev Y., Lutsenko S., Systierov O., Kuttybayev A., Kuttybayeva A. Implementation of sustainable development approaches by creating the mining cluster: the case of MPP «Inguletskiy» // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2023. Vol. 1254. 012055. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1254/1/012055
2. Ракишев Б.Р., Кожантов А.У., Куттыбаев А.Е. Взаимосвязь между важнейшими параметрами и показателями системы открытой разработки полезных ископаемых // ГИАБ. 2005. Т. 10. № 10. С. 220–227
3. Ракишев Б.Р., Кожантов А.У., Куттыбаев А.Е. Влияние типоразмеров и расстановки выемочно-погрузочного оборудования на интенсивность развития открытых работ // ГИАБ. 2006. № 1. С. 221–226

4. Ракишев Б.Р., Саменов Г.К., Куттыбаев А.Е., Хамметова Ж.Н. Влияние высоты и числа уступов на параметры рабочей зоны // ГИАБ. 2007. № 2. С. 259–265

5. Куттыбаев А.Е., Кожантов А.У. Некоторые результаты горно-геометрического анализа модельного карьерного поля на поперечных сечениях // Международная научно-практическая конференция «Подготовка кадров для реализации программы развития горно-металлургического комплекса на 2012–2014 годы». 2011. С. 139–144

6. Завкиддин З., Эргашева З. В этой статье рассматриваются следующие вопросы // Международный журнал научных и прикладных исследований. 2024. Т. 1. № 2. С. 101–104

7. Ракишев Б.Р., Мухамеджанов Е.Б., Саменов Г.К., Куттыбаев А.Е. Установление границ применения экскаваторно-автомобильных комплексов различной мощности в глубоких карьерах // ГИАБ. 2012. № 7. С. 65–72

8. Куттыбаев А.Е., Куантай А.С. Циклично-поточная технология, оснащенная передвижным дробильно-перегрузочным комплексом // Труды университета. 2022. Т. 87. № 2. С. 116–122. https://doi.org/10.52209/1609-1825_2022_2_116

9. Құттыбаев А.Е. Бұрғылау станоктары. Қ.И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ, 2020. 132 с. ISBN 978-601-08-0263-68

10. Khaitov O., Gulmuradov D., Karamov A., Kuttybaev A., Shvets E. Theoretical study of priority technical and technological indicators of drilling rigs in the context of the mining industry of the Republic of Uzbekistan // Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences. 2024. Vol. 337, № 3 (2). P. 401–408. https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-337-3-61

11. Ракишев Б.Р., Куттыбаев А.А., Куттыбаев А.Е. Интеллектуальные системы технологий взрывной подготовки горных пород // Енергетика: економіка, технології, екологія. 2015. № 4. С. 11–16. ISSN 2308-7382

12. Adamaev M., Kuttybaev A., Auezova A. Dynamics of dry grinding in two-compartment separator mills // New Developments in Mining Engineering 2015: Theoretical and Practical Solutions of Mineral Resources Mining. 2015. P. 435–439 https://doi.org/10.1201/b19901-76

13. Исабек Т., Куттыбаев А. Научный подход к определению местоположения шахтного ствола // Горный журнал Казахстана. 2018. Т. 12. С. 4–8

14. Lutsenko S., Hryhoriev Y., Kuttybayev A., Imashev A., Kuttybayeva A. Determination of mining system parameters at a concentration of mining operations // Известия НАН РК. 2023. Т. 1. № 1 (457). С. 130–140. https://doi.org/10.32014/2023.2518-170x.264

15. Hryhoriev Y. et al. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2023. Vol. 1254. Article 012050. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1254/1/012050

16. Казангапов А.Е., Куттыбаев А.Е., Саменов Г.К., Петрунько А.Н. Зависимость производительности экскаватора от кусковатости взорванной породы на Житикаринском карьере // Вестник КазНТУ. 2006. № 2. С. 153–156

17. Rakishev B.R., Kozhantov A.U. Specifications of the rock massifs by the block sizes // Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. 2014. № 6. P. 22–27

18. Имашев А.Ж., Таханов Д.К., Мусин А.А., Куттыбаев А.Е. О проблеме разубоживания руды при отработке маломощных рудных тел системой подэтажного обрушения // Горный журнал Казахстана. 2019. № 8. С. 37–40

19. Ракишев Б.Р., Ракишева З.Б., Куттыбаев А.Е. Способ полного извлечения кондиционных руд из сложноструктурных блоков уступов. Патент РК на изобретение № 37180. МПК E21C 41/00 (2006.01). Заявка № 2023/0880.1. Бюл. № 6 от 07.02.2025

20. Куттыбаев А.Е., Ермеккали А.А. Сортировка угля на разрезе «Майкубен» // Труды университета. 2024. Т. 1. № 1 (94). С. 214–219

21. Matayev A., Zeitinova Sh., Mussin R., Doni D., Shaike N., Kuttybayev A., Iskakov R. Research into mechanical properties of ore and rocks in the ore deposits with assessment of the mass stress state natural field // Mining of Mineral Deposits. 2024. Vol. 18. No. 2. P. 71–82. https://doi.org/10.33271/mining18.02.071

22. Kovrov O., Babiy K., Rakishev B., Kuttybayev A. Influence of watering filled-up rock massif on geomechanical stability of the cyclic and progressive technology line // Mining of Mineral Deposits. 2016. Vol. 10. No. 2. P. 55–63. https://doi.org/10.15407/mining10.02.055

23. Hryhoriev Y., Lutsenko S., Shvets Y., Kuttybayev A., Mukhamedyarova N. Predictive calculation of blasting quality as a tool for estimation of production cost and

investment attractiveness of a mineral deposit development // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2024. Vol. 1415. No. 1. Article 012027. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1415/1/012027

24. Ракишев Б.Р., Куттыбаев А.Е., Ракишева З.Б., Ауэзова А.М. Аналитическое определение гранулометрического состава взорванной горной массы при скважинных зарядах дробления // Взрывное дело. 2015. № 113-70. С. 6–19

25. Umirova G., Sudakov A., Kuttybayev A., Sudakova D. Selection and justification of binding material for polymer-gravel composite of block type inverse gravel filter // Engineering for Rural Development. 2025. https://doi.org/10.22616/ERDev.2025.24.TF089

26. Kuttybayev A.E., Muratova S.K., Khomenko V.L., Pashchenko O.A., Meiram G. Development and implementation of a program for monitoring the stability of quarry excavation slopes in the Almala area // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM. 2025. Vol. 25. No. 1.1. P. 379–386. https://doi.org/10.5593/sgem2025/1.1/s04.46

27. Ratov B., Kosminov A., Kuttybayev A., Tabylganov M., Seksenbay M. Public-private partnership between Satbayev University and SK Geoservice LLP: Enhancing collaboration in technological innovation and production // E3S Web of Conferences. 2024. Vol. 525. Article 01007. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202452501007

28. Orinbaev B., Ratov B., Khomenko V., Tileuberdi N., Khayitov O., Umirzokov A., Seidaliyev A., Makyzhanova A., Kuttybayev A., Zahrytsenko A., Kamyshatskyi O. Comprehensive use of electrical inverse lateral and radioactive logging for strata properties investigation in Cased Wells // ES Materials & Manufacturing. 2025. https://doi.org/10.30919/mm1417

29. Umirzokov A., Nasirov U., Zairov S. et al. An IoT-enabled dispatch framework for dynamic ore grade blending in open-pit mines: a simulation-based performance analysis // Journal of Engineering and Applied Science. 2025. Vol. 72. Article 161. https://doi.org/10.1186/s44147-025-00751-4

30. Kuttybayev A., Khayitov O., Saidova L., Umirzokov A., Makhat Y. The influence of chloride ions on uranium sorption from productive solutions of sulfuric acid leaching of ores // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences. 2025. № 4 (472). P. 211–221. https://doi.org/10.32014/2025.2518-170X.540

31. Balpanova M.Zh., Kuttybayev A.E., Takhanov D.K., Zhienbayev A.B. Conditions of the overlaying stratum collapse with outcrop during remining the Zhaman-Aybat deposit // Горный журнал Казахстана. 2024. № 8. С. 34–40 https://doi.org/10.48498/minmag.2024.232.8.005

32. Kiriia R., Smirnov A., Zhyhula T., Mishchenko T., Kuttybayev A. Development of methods for calculating the parameters of steeply inclined belt conveyors used in open pit mining // Геотехнічна механіка. 2024. Вып. 169. С. 66–73. https://doi.org/10.15407/geotm2024.169.066

33. Зейтинова Ш.Б., Исабек Т.К., Имашев А.Ж., Куттыбаев А. Исследование напряженно-деформированного состояния массива горных пород вблизи вертикального ствола // Горный журнал Казахстана. 2018. № 10. С. 18–22

34. Ковров А.С., Ракишев Б.Р., Кожантов А.У., Куттыбаев А.Е. Моделирование устойчивости карьерных откосов на эквивалентных материалах. 2016. С. 83–91

35. Жайлиев А.О., Сейдалиев А.А., Куттыбаев А.Е., Гусманова А.Г., Табылганов М.Т., Ратов Б.Т. Подбор буровых растворов и регулирование их плотности // Нефть и газ. 2025. № 1 (145). С. 115–128 https://doi.org/10.37878/2708-0080/2025-1.06

36. Kotov I.A., Shvets D.V., Karabut N.O., Kuttybayev A. Intelligent computer-aided automation of operating state control for mining and metallurgical power complexes // Applied Aspects of Information Technology. 2026. Vol. 9, № 3. P. 465–479. https://doi.org/10.15276/aait.09.2026.31

37. Kotov I.A., Shvets D.V., Hryhoriev Y.I., Karabut N.O., Kuttybayev A. Applied heuristic information technologies for automating power system management in mining and metallurgical complexes // Herald of Advanced Information Technology. 2026. Vol. 9, № 3. P. 400–416. https://doi.org/10.15276/hait.09.2026.26

Senchenko V.A.
master's degree student
Department of Mining Engineering
Satbayev University
(Almaty, Kazakhstan)

JUSTIFICATION OF DRILLING AND BLASTING PARAMETERS IN OPEN-PIT MINING

Abstract: *this article examines the justification of drilling and blasting parameters in open-pit mining. Drilling and blasting parameters were compared for benches 5 and 10 m high. At a borehole diameter of 152 mm and a specific explosive consumption of 0.82 kg/m³, increasing bench height was found to increase borehole depth from 6 to 12 m, burden from 4.5 to 5.0 m, and charge mass from 50.1 to 111.9 kg. The need for trial blasts to refine calculated parameters and assess rock fragmentation quality is substantiated.*

Keywords: *drilling-blasting operations, open-pit mining, borehole drilling, borehole diameter, bench height, rock fragmentation.*