Оригинальная статья

Original Paper

УДК 004.031:681.518.5 © А.А. Фадеев[1], Е.Н. Заборский[2], О.Е. Багдасарян✉[2], 2024

[1] АО «УК «Кузбассразрезуголь», 650054, г. Кемерово, Россия
[2] ООО «КРУ-Взрывпром», 650054, г. Кемерово, Россия
✉ e-mail:bagdasaryan@kruvp.kru.ru

UDC 004.031:681.518.5 © A.A. Fadeev[1], E.N. Zaborskiy[2], O.E. Bagdasaryan✉[2], 2024

[1] JSC "Management Company "Kuzbassrazrezugol", Kemerovo, 650054, Russian Federation
[2] LLC "KRU-Vzryvprom", Kemerovo, 650054, Russian Federation
✉ e-mail: bagdasaryan@kruvp.kru.ru

Цифровые решения буровзрывной деятельности как способ повышения эффективности, безопасности ведения работ при дроблении горной массы*

Digital solutions for drilling and blasting as a way to improve efficiency, safety of operations and reduce seismic impact during rock crushing

DOI: http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-12-99-102

На сегодняшний день производство буровзрывных работ осуществляется без применения цифровых технологий, что в свою очередь накладывает ограничения на снижение производственных затрат на комплекс буровзрывных работ, повышение операционной эффективности, управление рисками воздействия на окружающую среду. Создание производства с единой цифровой архитектурой, с рациональными решениями, ориентированными на повышение экономического эффекта предприятия позволяет оптимизировать процессы буровзрывной подготовки и поддерживать высокий уровень промышленной безопасности. Подтверждено снижение затрат на себестоимость кубического метра взорванный горной массы за счет применения высокоточного позиционирования на буровом оборудовании, а также снижение сейсмического воздействия при дроблении горной массы за счет снижения удельного расхода взрывчатого вещества при расчетах крепостных характеристик пород на основе энергоемкости бурения каждой скважины и внедрения автоматизированной системы управления смесительно-зарядными машинами для управления рисками.

Ключевые слова: *высокоточное позиционирование бурового оборудования, телеметрия бурения, сетка бурения скважин, угольный разрез, автоматизированная система управления буровым оборудованием, автоматизированная система управления смесительно-зарядным оборудованием.*

Для цитирования: Фадеев А.А., Заборский Е.Н., Багдасарян О.Е. Цифровые решения буровзрывной деятельности как способ повышения эффективности, безопасности ведения работ при дроблении горной массы // Уголь. 2024;(12):99-102. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-12-99-102.

ФАДЕЕВ А.А.
Технический директор
АО «УК «Кузбассразрезуголь»,
650054, г. Кемерово, Россия,
e-mail:fadeevaa@kru.ru

ЗАБОРСКИЙ Е.Н.
Начальник управления информационных технологий и цифровизации производства
ООО «КРУ-Взрывпром»,
650054, г. Кемерово, Россия,
e-mail:zaborsky@kruvp.kru.ru

БАГДАСАРЯН О.Е.
Главный технолог ООО «КРУ-Взрывпром»,
650054, г. Кемерово, Россия,
e-mail:bagdasaryan@kruvp.kru.ru

** Исследования проведены в рамках мероприятия № 1 Комплексной научно-технической программы полного инновационного цикла, утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 11 мая 2022 года № 1144-р.*

Abstract

Today, drilling and blasting operations are carried out without the use of digital technologies, which in turn imposes restrictions on reducing production costs for a complex of drilling and blasting operations, increasing operational efficiency, and managing environmental impact risks. Creating a production with a single digital architecture, with rational solutions aimed at increasing the economic effect of the enterprise, allows optimizing drilling and blasting preparation processes and maintaining a high level of industrial safety. The reduction in costs for the cost of a cubic meter of blasted rock mass has been confirmed due to the use of high-precision positioning on drilling equipment, as well as a reduction in seismic impact during crushing of rock mass due to a decrease in the specific consumption of explosives when calculating the strength characteristics of rocks based on the energy intensity of drilling each well and the introduction of an automated control system for mixing and charging machines for risk management.

Keywords

High-precision positioning of drilling equipment, drilling telemetry, well drilling grid, coal open pit, automated control system for drilling equipment, automated control system for mixing and charging equipment.

Acknowledgements

The research was performed as part of Activity No.1 of the Integrated Scientific and Technical Programme of the Full Innovation Cycle, approved by Order No. 1144-p of the Government of the Russian Federation as of May 11, 2022.

For citation

Fadeev A.A., Zaborskiy E.N., Bagdasaryan O.E. Digital solutions for drilling and blasting operations as a way to improve efficiency, safety of operations and reduce seismic impact during rock crushing. *Ugol'*. 2024;(12):99-102. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-12-99-102.

ВВЕДЕНИЕ

Проведенные исследования показали, что начальным процессом технологии добычи скальных пород являются их отделение от массива и дробление на куски определенных размеров. Трудоемкость буровзрывных работ составляет 10-20% общей трудоемкости добычи. Являясь начальным процессом технологии добычи, взрывание определяет эффективность всех последующих процессов: погрузки, транспортирования, механического дробления и переработки минерального сырья.

В настоящее время горные предприятия оснащаются мощным высокопроизводительным оборудованием, и для повышения эффективности и качества выполнения работ уже недостаточно опираться на техническую производительность. Современные тенденции диктуют использовать принципиально новые цифровые методы улучшения качества дробления горной массы, что влечет, повышение эффективности ведения горных работ, увеличение показателя выхода горной массы с кубометра ВГМ, снижение количества взрывчатого вещества в скважине за счет применения данных телеметрии (геология), снижение удельного расхода ВВ.

ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ БУРОВЫМИ РАБОТАМИ

Буровые работы, проводимые без современной системы высокоточного позиционирования и наведения на скважину по электронному проекту, накладывают ограничения на точность расчетов сетки скважин при проектировании буровых работ. Проект на бурение и отметка координат будущих скважин производятся с точностью до метра.

Точность расчетов взрывчатых материалов зависит от крепостных характеристик пород, отдаваемых геологической службой в целом по блоку на основе геологоразведочных скважин по максимальным крепостным характеристикам.

Внедрение «Автоматизированной системы управления буровзрывными работами» позволяет повысить эффективность работ:

1. Благодаря высокой точности навигации бурового оборудования до 10 см (*рис. 1*) бурение скважин проходит с максимальным соответствием проектным решениям. Точность расчета проекта на бурение повышается, в результате чего становится возможным бурение с расширением сетки скважин и получением экономического эффекта за счет сокращения объемов бурения при увеличении показателя выхода горной массы с куб. м без изменения параметров заряда взрывчатого вещества в скважине.

Рис. 1. Наведение на скважину по электронному проекту

Fig. 1. Well targeting using an electronic project

Рис. 2. Телеметрия бурения на панели машиниста

Fig. 2. Drilling telemetry on the operator's panel

2. Полученная по каждой скважине телеметрия бурения: осевое давление на забой, частота вращения, давление воздуха, момент вращения, скорость проходки (*рис. 2*) в последующем используется при расчете крепости породы и проектировании зарядов.

3. Крепостные характеристики пород, полученные на основе телеметрии бурения (*рис. 3*), позволяют осуществить индивидуальный расчет заряда скважины взрывчатым веществом.

ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ СМЕСИТЕЛЬНО-ЗАРЯДНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ

Внедрение «Автоматизированной системы управления смесительно-зарядными машинами» позволяет осуществить повышение качества зарядных и взрывных работ:

- Автоматизированное планирование на смену и учет работы СЗМ.
- Получение достоверной информации о проектных данных СЗМ по зарядке скважин, расходу ВВ, учету заряженных скважин по блоку, статусов оборудования, снижению рисков увеличения безопасных расстояний по разлету кусков породы.
- Повышение безопасности труда.
- Повышение эффективности ведения и качества взрывных работ (повышение производительности СЗМ, снижение удельного расхода ВВ, повышение качества взорванной горной массы, снижение расходов на экскавацию).
- Сокращение эксплуатационных расходов.

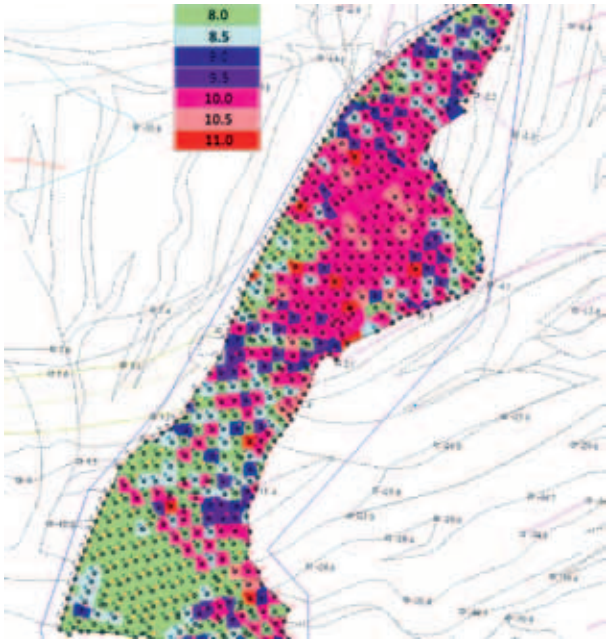

Рис. 3. Расчетные крепостные характеристики пород

Fig. 3. Estimated rock strength characteristics

Автоматическое определение фактической глубины заряжаемой скважины позволяет снизить трудозатраты на ручное измерение, производить автоматический расчет ВВ в зависимости от фактической глубины и, как следствие, уменьшить риск перезаряда скважин. Данные по величине заряда каждой скважины сохраняются автоматически.

Таблица 1

Экономический эффект от сокращения объемов бурения

Economic benefit from reducing drilling volumes

Экономический эффект от увеличения сетки скважин на примере блока №47, филиал «Кедровский угольный разрез»				
Наименование показателей	**Ед. изм.**	**Стандартная сетка**	**Расширенная сетка ФАКТ**	**Отклонение**
Объем ВГМ (расчетный)	тыс. м³	436	436	0
сетка (a)	м	**6,5**	**6,7**	0,2
сетка (b)	м	**6,5**	**6,7**	0,2
Ожидаемый выход ВГМ	м³/п.	42,3	44,9	2,6
Объем бурения (блок)	п.м.	10 317	9 710	-607
Средняя глубина скважин	м	15,7	15,7	0
Количество скважин на блоке	шт.	658	619	-39
Экономический эффект	**тыс.руб.**	**3 064**	**2 883**	**180**
Объем ВГМ (расчетный)	тыс. м³	89	89	0
сетка (a)	м	**7**	**7,2**	0,2
сетка (b)	м	**7**	**7,2**	0,2
Ожидаемый выход ВГМ	м³/п.	49,0	51,8	2,8
Объем бурения (блок)	п.м.	1818	**1** 718	-100
Средняя глубина скважин	м	11,8	11,8	0
Количество скважин на блоке	шт.	154	146	-8
Экономический эффект	**тыс. руб.**	**538**	**508**	**-29**
ВСЕГО ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ПО БЛОКУ	**тыс. руб.**	**3 601**	**3 392**	**-210**

без НДС

Справочно: расчет экономического эффекта выполнен в плановых ценах ТПФП ООО «КРУ-Взрывпром» на 2023 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

Автоматизированная система управления буровыми работами внедрена в АО «УК «Кузбассразрезуголь», филиалах «Кедровский угольный разрез» и «Бачатский угольный разрез».

В период апрель-май 2024 г. на «Кедровском угольном разрезе» проведены четыре экспериментальных взрыва с расширением сетки скважин на 20 см и заряжанием с учетом энергоемкости, получен экономический эффект 4800000 руб.

В *табл. 1* и *табл. 2* приведен пример экономического эффекта по блоку № 47, который составил 1640000 руб.

В табл. 3 приведен расчетный экономический эффект от сокращения объемов бурения за счет расширения сетки скважин без изменения объема ВГМ при внедрении АСУ БВР на всех филиалах АО «УК «Кузбассразрезуголь» за 2024 г.

В ходе цикла натурных исследований при выполнении прямых измерений воздействия взрыва по факторам сейсмического, ударно-волнового

(акустического) и пылегазового воздействия отклонений от действующих требований нормативной документации не зафиксировано.

Применение автоматизированных систем управления смесительно-зарядным оборудованием проводится в рамках пилотного проекта в филиале АО «УК «Кузбассразрезуголь» «Кедровский угольный разрез» в 2024 г., в дальнейшем планируется интеграция и других филиалов АО «УК «Кузбассразрезуголь».

ВЫВОДЫ

На промежуточном этапе исследования внедрение автоматизированной системы управления буровыми работами и смесительно-зарядными машинами позволяет создать производство с единой цифровой архитектурой, с рациональными решениями, ориентированными на повышение экономического эффекта предприятия, оптимизацию процессов буровзрывной подготовки и поддержание высокого уровня промышленной безопасности.

Таблица 2

Экономический эффект от расчета крепостных характеристик вмещающих пород на основе данных телеметрии бурения

Economic effect from calculating the strength characteristics of host rocks based on drilling telemetry data

Экономический эффект от заряда ВВ на основе энергоемкости на примере блока №47, филиал «Кедровский угольный разрез»				
Наименование показателей	**Ед. изм.**	**Стандартная сетка**	**Расширенная сетка ФАКТ**	**Отклонение**
Объем ВГМ (расчетный)	тыс. м³	436	436	0
сетка (a)	м	**6,5**	**6,7**	0,2
сетка (b)	м	**6,5**	**6,7**	0,2
Ожидаемый выход ВГМ	м³/п.	42,3	44,9	2,6
Расход ВМ всего	кг	290607	254861	-35746
Затраты на ВМ	тыс. руб.	9277	8146	-1131
Затраты на СИ	тыс. руб.	372	351	-22
Экономический эффект	**тыс. руб.**	**9649**	**8496**	**-1153**
Объем ВГМ (расчетный)	тыс. м³	89	89	0
сетка (a)	м	**7**	**7,2**	0,2
сетка (b)	м	**7**	**7,2**	0,2
Ожидаемый выход ВГМ	м³/п.	49,0	51,8	2,8
Расход ВМ всего	кг	57784	48848	-8936
Затраты на ВМ	тыс. руб.	1776	1502	-273
Затраты на СИ	тыс. руб.	64	61	-4
Экономический эффект	**тыс. руб.**	**1840**	**1 563**	**-277**
ВСЕГО ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ПО БЛОКУ	**тыс. руб.**	**11489**	**10 059**	**1430**

без НДС

Справочно: расчёт экономического эффекта выполнен в плановых ценах! ПФП ООО «КРУ-Взрывпром» на 2023 г.

Таблица 3

Экономический эффект от сокращения объемов бурения без изменения объема взорванной горной массы

Economic effect from reducing drilling volumes without changing the volume of blasted rock mass

Взорванная горная масса, тыс. м³	Выход горной массы (стандартная сетка), м³/м	Выход горной массы (расширенная сетка), м³/м	Количество блоков (стандартная сетка), шт.	Количество блоков (расширенная сетка), шт.	Объем бурения (стандартная сетка), м	Объем бурения (расширенная сетка), м	Отклонение (бурение), м	Экономический эффект, тыс. руб.
Итого по всем участкам – 55 427	33,10	35,32	1046	361	1674372	1569425	-104947	98801

Список литературы • References

1. Кутузов Б.Н. Разрушение горных пород взрывом: учебник для вузов. М.: Издательство МГИ, 1992. 516 с.
2. Ржевский В.В. Технология, механизация и автоматизация процессов на карьерах. М.: Недра, 1966. 648 с.
3. Репин Н.Я., Богатырев В.П., Буткин В.Д. Буровзрывные работы на угольных разрезах. М.: Недра, 1987. 254 с.
4. Взрывное дело. Выпуск № 104/58. М.: ЗАО «МВК по взрывному делу при АГН», 2009. 330 с.

Authors Information

Fadeev A.A. – Chief Engineer, JSC "Management Company "Kuzbassrazrezugol", Kemerovo, 650054, Russian Federation, e-mail: fadeevaa@k.kru.ru

Zaborskiy E.N. – Head of Information Technology and Digitalization of Production Department, LLC "KRU-Vzryvprom", Kemerovo, 650054, Russian Federation, e-mail:zaborsky@kruvp.kru.ru

Bagdasaryan O.E. – Chief Technologist, LLC "KRU-Vzryvprom", Kemerovo, 650054, Russian Federation, e-mail: bagdasaryan@kruvp.kru.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию: 1.11.2024
Поступила после рецензирования: 15.11.2024
Принята к публикации: 28.11.2024

Paper info

Received November 1, 2024
Reviewed November 15, 2024
Accepted November 28, 2024