

Код МРНТИ 52.35.29

Э.К. Каржауова

Казахский университет технологии и бизнеса (г. Нур-Султан, Казахстан)

ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПРОБЛЕМЫ ПОДГОТОВКИ ГОРНЫХ ПОРОД К ВЫЕМКЕ ВЗРЫВАНИЕМ В УСЛОВИЯХ ОТРАБОТКИ УВЕЛИЧЕННЫМИ УСТУПАМИ

Аннотация. В статье изложены современные проблемы ведения вскрышных работ на угольных разрезах увеличенными уступами. Обосновывается, что данный подход является одним из путей существенного улучшения технико-экономических показателей на угольных разрезах. Представлен анализ факторов, обеспечивающих при этом повышение эффективности их применения на открытых разработках, а также дано обоснование целесообразности применения эмульсионных взрывчатых веществ, представлен комплекс расчетов по процессу взрывания. В качестве результатов проведенной научно-исследовательской работы представлены разработанные методы и средства управления взрывом при отработке высоких вскрышных уступов, изложены результаты исследования возможностей повышения эффективности применяемых промышленных взрывчатых веществ при взрывании высоких уступов разрезов с применением эмульсионных взрывчатых веществ, характеристики которых максимально соответствуют разрушаемому горным породам.

Ключевые слова: открытая разработка, увеличенные уступы, взрывание, эффективность, эмульсионные взрывчатые вещества, вскрышные работы.

Тау-кен қазбалары жағдайында тау жыныстарын жару арқылы қазуға дайындаудың негізгі бағыттары мен мәселелері

Аңдатпа. Мақалада көмір разрездерінде кеңейтілген кертпелермен аршу жұмыстарын жүргізудің қазіргі заманғы проблемасының орындалған тұжырымы баяндалған. Бұл тәсіл көмір разрездеріндегі техникалық-экономикалық көрсеткіштерді айтарлықтай жақсарту жолдарының бірі болып табылатыны негізделді. Бұл ретте оларды ашық әзірлемелерде қолдану тиімділігін арттыруды қамтамасыз ететін факторларға талдау ұсынылған, сондай-ақ оларды жару үшін эмульсиялық жарылғыш заттар қолданудың орындылығына негіздеме берілген, жару процесі бойынша есептеулер кешені ұсынылған. Жүргізілген ғылыми-зерттеу жұмысының нәтижелерінің бірі ретінде жоғары аршу кемерлерін өңдеу кезінде жарылысты басқарудың әзірленген әдістері мен құралдары ұсынылған, сипаттамалары жойылатын тау жыныстарына барынша сәйкес келетін эмульсиялық жарылғыш заттарды қолдана отырып, разрездердің жоғары кемерлерін жару кезінде қолданылатын өнеркәсіптік жарылғыш заттардың тиімділігін арттыру мүмкіндіктерін зерттеу нәтижелері баяндалған.

Түйінді сөздер: ашық игеру, үлкейтілген кертпештер, жару, тиімділік, эмульсиялық жарылғыш заттар, аршу жұмыстары.

The main trends and problems of preparing rocks for excavation by blasting in the conditions of mining with increased ledges

Abstract. The article presents the completed formulation of the modern problem of conducting stripping operations at coal mines with enlarged ledges. It is proved that this approach is one of the ways to significantly improve the technical and economic indicators at coal mines. An analysis of the factors ensuring an increase in the efficiency of their use in open-pit mining is presented, as well as a justification for the expediency of using emulsion explosives for their blasting, a set of calculations for the blasting process is presented. As one of the results of the conducted research, the developed methods and means of explosion control are presented when working out high overburden ledges, the results of the study of the possibilities of increasing the efficiency of industrial explosives used when blasting high ledges of sections using emulsion explosives, the characteristics of which correspond to the destroyed rocks as much as possible.

Key words: open-pit mining, increased ledges, blasting, efficiency, emulsion explosives, stripping operations, coal mine, technical and economic indicators, research work, methods and means.

Введение

Актуальность. Открытый способ отработки месторождений полезных ископаемых был и остается одним из наиболее широко используемых в настоящее время и перспективных в ближайшем будущем. Одним из направлений, обеспечивающих его эффективность в условиях устойчивого понижения горных работ, является увеличение одного из базовых горно-геометрических параметров, каковым является уступ.

Увеличение высоты вскрышного уступа на разрезах позволяет исключить ряд принципиальных трудностей, неразрешимых в рамках традиционной технологии. Основное преимущество технологии отработки вскрыши увеличенными (более 12 м) уступами заключается в возможности управления углом откоса рабочего борта разреза, что обеспечивает снижение величины текущего коэффициента вскрыши, сокращение количества транспортных горизонтов, задействованных транспортных средств, затрат на буровзрывные работы, уменьшение объема и

повышение эффективности горнотранспортных работ^{1, 2}. В связи с этим обоснование параметров и разработка технологии эффективного перехода к отработке мощных угольных месторождений высокими уступами представляет собой важную социально-экономическую проблему, так как способствует повышению полноты освоения месторождений более дешевым и безопасным открытым способом при сокращении экологического воздействия, продлению сроков эксплуатации месторождений.

Разработка угольных месторождений на современном этапе характеризуется дальнейшим ухудшением горнотехнической обстановки, связанной с переходом горных работ на глубокие горизонты, возрастанием коэффициентов вскрыши, ограниченностью рабочего пространства угольных разрезов, а также физическим и моральным износом оборудования и иных производственных фондов. Все это в существенной мере отражается на ухудшении технико-экономических показателей освоения угольных месторождений^{3, 4}.

¹Арсентьев А.И. Вскрытие и система разработки карьерных полей. – М.: Недра, 1981. – 280 с.

²Арсентьев А.И. Определение главных параметров карьеров. – М.: Недра, 1976. – 213 с.

³Баулин А.В. Обоснование параметров технологии отработки вскрышных пород высокими уступами при транспортной системе разработки на угольных разрезах. / Автореф. канд. дисс. – М., 2002. – 23 с.

⁴Репин Н.Я., Богатырев В.П., Буткин В.Д. и др. Буровзрывные работы на угольных разрезах. – М., Недра, 1987. – 254 с.

Решение указанной проблемы связано с повышением качества и совершенствованием проектирования параметров буровзрывных работ на разрезах с высокими уступами, основанных на адекватном учете изменяющихся с глубиной и высотой отработки физико-механических и горно-технологических свойств пород, характеристик применяемых средств взрывания и взрывчатых веществ (ВВ).

Очевидно, что экономическая эффективность взрывных работ определяется характеристиками применяемых ВВ и возможностью максимальной механизации процессов, связанных с их изготовлением и применением⁵. Этот вид работ, и без того выделяющийся своей повышенной опасностью, с повышением уровня их механизации и увеличением производительности может стать еще более опасным.

В основе решения указанной задачи лежит выполнение не всегда совместимых между собой требований: повышение эффективности взрывания промышленных ВВ, рост уровня механизации, а также технологической безопасности при их изготовлении и применении.

Цель исследования – обоснование и разработка способа ведения взрывных работ на высоких уступах с использованием эмульсионных взрывчатых веществ (ЭВВ) в глубоких карьерах с учетом закономерностей изменения физико-механических и горнотехнологических свойств массива горных пород.

Задачи исследования:

- создание и систематизация технологических схем отработки месторождений с применением увеличенных уступов и определение основных тенденций и перспектив роста эффективности открытых горных работ;
- исследование влияния основных факторов на параметры технологических процессов формирования и эксплуатации высоких уступов и определение условий эффективного перехода на работу высокими вскрышными уступами;
- разработка методов и средств управления взрывом при отработке высоких вскрышных уступов;
- повышение эффективности применяемых промышленных взрывчатых веществ при взрывании высоких уступов разрезов с применением эмульсионных взрывчатых веществ, характеристики которых максимально соответствуют разрушаемому горным породам.

Методы исследования

Выполнение буровзрывных работ (БВР) является первым в цепи технологических процессов горного производства и в значительной мере определяет себестоимость добычи полезных ископаемых. На крупных карьерах затраты на БВР достигают 30% от общего расхода на добычу, и ожидается их увеличение по мере понижения горных работ.

Изыскание путей снижения затрат на БВР связано с определением свойств горных пород в естественном залегании⁶. Поэтому разработка экспресс-методик

уточнения физико-механических свойств горных пород, их буримости и взрываемости является весьма актуальной задачей, имеющей высокую научно-практическую значимость. Для повышения эффективности БВР требуется найти общий показатель трудности разрушения горных пород в процессах бурения и взрывания. Ввиду того, что механизмы разрушения пород в этих процессах различны, общий показатель трудности разрушения горного массива может быть установлен только посредством изучения взаимосвязи между энергетическими характеристиками указанных процессов, поскольку единственным фактором, их объединяющим, является энергия, которая тратится на разрушение горных пород.

По мере отработки месторождения для сокращения затрат на добычу параметры БВР совершенствуются согласно развитию научно-технического прогресса^{4, 7}. В настоящее время для совершенствования параметров БВР на горных предприятиях проводятся научные исследования по следующим направлениям:

- технологии изготовления ВВ в местах потребления;
- свойства ВВ, изготавливаемых в местах потребления;
- схемы взрывания, средства инициирования и конструкции зарядов;
- методы проектирования взрывов в увязке с разрушаемой средой.

Результаты исследования

По мере увеличения высоты уступа снижаются затраты на подготовку скальных пород к выемке и транспортирование взорванной горной массы, соответственно, это влияет на себестоимость извлечения горной массы и рентабельность освоения месторождения в целом. Одновременно возрастает вероятность образования «козырьков» и «нависей» в забоях, увеличиваются потери и разубоживание полезных ископаемых, снижаются интенсивность и безопасность разработки месторождения. В связи с этим в процессе обоснования, на начальном этапе следует рассматривать ряд возможных значений h , отвечающих требованиям безопасного ведения выемочно-погрузочных работ, а затем, для каждого из значений установить производительность карьера, характер изменения во времени годовых объемов вскрыши и определить экономический эффект с использованием традиционных критериев оценки. Вариант с наилучшими общими технико-экономическими показателями работы карьера и с учетом качества освоения запасов месторождений будет соответствовать оптимальной высоте уступа.

Высота уступа оказывает существенное влияние на скорость углубления карьера, которая чаще ограничивается продолжительностью работ по вскрытию и подготовке горизонтов, а не скоростью перемещения фронта верхних рабочих уступов.

Известна тенденция увеличения высоты уступов для повышения интенсивности отработки месторождения.

⁵Вовк А.А., Черный Г.И. Взрывные работы в горных породах. – Киев: Техника, 1973. – 164 с.

⁶Друкованный М.Ф., Ефремов Э.И. и др. Взрывание высоких уступов. – М.: Недра, 1964. – 108 с.

⁷Ракишев Б.Р. Прогнозирование технологических параметров взорванных пород на карьерах. – Алма-Ата: Наука, 1983. – 239 с.

Для проверки условия неизменности интенсивности отработки используют выражение:

$$Q_2/[h_2L_{\theta_2}(ctga_2 + ctg\beta)] \leq Q_1/[h_1L_{\theta_1}(ctga_1 + ctg\beta)],$$

где Q_1 и Q_2 – производительность экскаваторов, соответственно, при меньшей h_1 и большей h_2 высоте уступа, м³/год;

L_{θ_1} и L_{θ_2} – соответственно, длина экскаваторных блоков, м;

α_1 и α_2 – углы наклона борта карьера при меньшей и большей высоте уступа, град;

β – угол наклона залежи, град.

Повышение экономической эффективности взрывных работ и их безопасности, наметившееся в последние два десятилетия, связано с появлением взрывчатых веществ простейшего состава и водосодержащих ВВ.

Важное место в этом ряду занимает эмульсионные взрывчатые вещества, основными достоинствами которых являются более высокий уровень безопасности производства и применения, возможность полной механизации процесса заряжания, регулирования энергетических характеристик, а также доступность и дешевизна сырья [1]. В составе этих ВВ не содержится индивидуальных взрывчатых соединений, следовательно, снимаются проблемы, сопутствующие перевозке и хранению опасных грузов.

Значимая особенность ЭВВ заключается в том, что сам состав не является взрывчатым веществом без принудительного регулирования объемной концентрации энергии заряда ЭВВ, достижения восприимчивости его к инициирующему импульсу и изменения критического диаметра детонации, что достигается изменением плотности ЭВВ за счет введения в него химических агентов (химическая газогенерация) или механических добавок (стеклосфера, перлит, низкоплотные полимеры). Кроме того, ЭВВ могут содержать гранулированную (пористую) аммиачную селитру или смеси типа ANFO (АСДТ – смесь аммиачной селитры с дизельным топливом). В этом случае процентное содержание эмульсии может варьироваться от 30% до 70%. За счет этой особенности ЭВВ являются более безопасными в изготовлении и применении по сравнению со штатными промышленными взрывчатыми веществами⁸.

Обсуждение результатов

Из изложенного следует, что при увеличении высоты уступа для обеспечения прежней интенсивности отработки месторождения необходимо увеличить производительность экскаватора. Это можно сделать посредством отработки высокого вскрышного уступа комплектом экскаваторов, составленным из выемочно-погрузочных машин, отрабатывавших смежные вскрышные уступы обычной высоты.

Но, кроме достоинств увеличения высоты уступа, отмечены также и недостатки:

- увеличение объема проходки вскрышных траншей и, как следствие, времени подготовки новых горизонтов;
- снижение скорости подвигания забоев и фронтов работ уступа, а также темпа углубления карьера;
- рост потерь и разубоживания минерального сырья.

Опыт применения эмульсионных ВВ показал ряд преимуществ перед другими классами ПВВ:

- высокая безопасность по отношению к механическим и тепловым воздействиям (удару, трению, теплу, огню, прострелу пуль и т. д.);
- возможность регулирования взрывчатых характеристик с широким интервалом рабочих плотностей от 0,5 г/см³ до 1,5 г/см³;
- высокая водоустойчивость, сохраняющаяся в проточных водах и на большой глубине;
- избирательная чувствительность при инициировании от стандартного капсюля, а при необходимости – только от промежуточного детонатора [2];
- отсутствие пыления, электролиза, эксудации компонентов и контакта с токсичными материалами;
- полная механизация взрывных работ; близкий к нулевому кислородный баланс системы, обеспечивающий при взрыве газовыделение с низкой токсичностью;
- возможность создания комбинированных и смешанных составов на основе матричной эмульсии, введение различных добавок;
- варьирование реологических свойств эмульсий, позволяющее выпускать их в виде патронов разнообразных типоразмеров, изготавливать на местах применения с заливкой на полное сечение;
- доступная и дешевая сырьевая база, что дает возможность получить ВВ с высокой технико-экономической эффективностью применения.

Заключение

В результате проведенных исследований сделан вывод о том, что к настоящему времени на разрезах с транспортной и комбинированной технологиями отработки имеются предпосылки для перехода к работе с высокими уступами, основными из которых являются:

- сравнительно высокие прочностные характеристики вмещающих пород, имеющие большой запас устойчивости отколов отдельных уступов и бортов выработок в целом;
- приобретение разрезами более эффективных типов и моделей выемочных машин, позволяющих, в том числе, работать с верхним и нижним черпанием и погрузкой;
- наличие высокопроизводительных буровых станков с глубиной бурения до 60 м;
- наличие излишнего на один экскаватор фронта горных работ, что при требуемой скорости его подвигания позволяет укрупнить уступы (резерв фронта горных работ на разрезах достигает 50-60%);
- значительный опыт, накопленный производителями по сдвиганию, страиванию уступов с последующей послойной их отработкой.

Перечисленные факторы создают благоприятные условия для успешного и эффективного перехода на отработку месторождений высокими вскрышными уступами, однако, в свою очередь, отработка высоких уступов требует поиска новых решений при производстве буровзрывных работ.

Экономическая эффективность взрывных работ определяется эффективностью применяемых ВВ

⁸Рассел Дж. Взрывчатые вещества. – 2012. – 137с.

и возможностью максимальной механизации процессов, связанных с их изготовлением и применением.

Экспериментальными исследованиями доказано, что при применении ЭВВ в комплексе с ANFO (АСДТ) повышается эффективность буровзрывных работ в условиях с высокими уступами за счет увеличения работоспособности комбинированного заряда относительно однородного на 15%; в 1,5...2,0 раза уменьшается

смещение границы руды и вмещающих пород; улучшается качество дробления горной массы при одновременном снижении затрат на ВВ на 0,9%.

С переходом взрывных работ на применение ЭВВ в комплексе с неэлектрическими системами инициирования заряда качество дробления пород улучшается со снижением среднего размера взорванного куска в развале на 15,8% и затрат на ВВ на 0,8%.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Хань Чж.-В., Сэнь С., Се Л.Ф., Хань Ю.Ч. Применение эмульсионных взрывчатых веществ для синтеза наночастиц оксида церия. // Физика горения и взрыва. – 2014. – Т. 50. – №4. – С. 117-123 (на русском языке)
2. Golik V., Komashchenko V., Morkun V., Zaalishvili V. Повышение эффективности добычи потерянной руды за счет использования навесов // Металлургическая и горнодобывающая промышленность. – 2015. – Т. 7. – №4. – С. 325-329 (на английском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Хань Чж.-В., Сэнь С., Се Л.Ф., Хань Ю.Ч. Церий оксидінің нанобөлшектерін синтездеу үшін эмульсиялық жарылғыш заттарды қолдану. // Жану және жарылыс физикасы. – 2014. – Т. 50. – №4. – Б. 117-123 (орыс тілінде)
2. Golik V., Komashchenko V., Morkun V., Zaalishvili V. Шатырларды пайдалану арқылы жоғалған кенді өндірудің тиімділігін арттыру. // Металлургия және тау-кен өнеркәсібі. – 2015. – Т. 7. – №4. – Б. 325-329 (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. Han Zhi-Wei, Xu Sen, Xie Li-feng, Han Yu-Chong. Primenenie e'mul'sionnykh vzryvchatykh veshhestv dlya sinteza nanochastic oksida ceriya [The use of emulsion explosives for the synthesis of cerium oxide nanoparticles]. // Fizika goreniya i vzryva = Physics of combustion and explosion. – 2014. – T. 50. – №4. – P. 117-123 (in Russian)
2. Golik V., Komashchenko V., Morkun V., Zaalishvili V. Enhancement of lost ore production efficiency by usage of canopies // Metallurgical and Mining Industry. – 2015. – Vol. 7. – №4. – P. 325-329 (in English)

Сведения об авторах:

Каржауова Э.К., магистрант 2 курса технологического факультета по специальности «Горное дело» кафедры «Химия, химическая технология и экология» Казахского университета технологии и бизнеса (г. Нур-Султан, Казахстан), karzhauova.81@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3733-2749>

Авторлар туралы мәлімет:

Каржауова Э.К., Қазақ технология және бизнес университетінің, «Химия, химиялық технология және экология» кафедрасының, «Тау-кен ісі» мамандығы бойынша технологиялық факультетінің 2 курс магистранты (Нұр-сұлтан қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Karzhauova E.K., 2nd year Master's Student of the Faculty of Technology, Specialty «Mining» at the Department «Chemistry, Chemical Technology and Ecology» of the Kazakh University of Technology and Business (Nur-Sultan, Kazakhstan)

Исследования проводились в рамках магистерской диссертации на тему «Разработка эффективного способа взрывания высоких уступов на угольных разрезах с использованием эмульсионных взрывчатых веществ».