

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ БУРОВЗРЫВНОЙ ПРОХОДКИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

RESEARCH OF TECHNOLOGIES AND TECHNICAL MEANS FOR DRILLING AND BLASTING OF HORIZONTAL MINE WORKINGS

O. Khomenko,

*doctor of engineering sciences,
professor;*

M. Kononenko,

*candidate of engineering sciences,
associate professor,*

*National Technical University «Dnipro Polytechnic»,
Dnipro, Ukraine;*

V. Lyashenko,

*candidate of engineering sciences,
senior researcher,*

*SE «UkrNIPPIPromtekhologii»,
Zhovti Vody, Ukraine.*

The main scientific and practical results of the study of technologies and technical means for drilling and blasting horizontal and inclined (up to 120°) mine workings based on high-performance self-propelled drilling, loading and delivery and auxiliary equipment taking into account the study of changing geomechanical, mining and hydro-geological conditions of the field are presented and new designs of prismatic cuts. A technological audit of drilling and blasting of horizontal openings and calculation of the parameters of drilling and blasting of prismatic cuts was performed, which is provided by self-propelled drilling machines, for example, Russian, Ukrainian and Belarusian manufacturers, as well as Atlas Copco, Sandvik, Tamrock and others. The research results can be used in underground mining of ore deposits of complex structure.

Keywords: ore masses, mine workings, drilling and blasting, prismatic cuts, safety, efficiency.

Наиболее сложными и трудоемкими в добыче полезного ископаемого, требующими постоянного изучения и совершенствования технологии и технических средств для ее осуществления являются буровзрывные работы (БВР) при проходке горных выработок [1, 2]. Она связана с выполнением целого цикла горных работ, в котором первыми выполняются БВР [3, 4]. Горные выработки различного назначения и сечения являются транспортными, ходовыми и доставочными артериями, обеспечивающими перемещение средств механизации, материалов, рабочих, подачи чистого и отвод загрязненного воздуха [5, 6]. Кроме этого, в выработках проложены водо- и энергетические ком-

О.Е. Хоменко,

*доктор технических наук,
профессор;*

М.Н. Кононенко,

*кандидат технических наук,
доцент,*

Национальный технический университет «Днепропетровская политехника»,

г. Днепр, Украина;

В.И. Ляшенко,

*кандидат технических наук,
старший научный сотрудник,*

*ГП «УкрНИПИИПромтехнологии»,
г. Желтые Воды, Украина.*

Ключевые слова: рудные массивы, горные выработки, буровзрывная проходка, призматические врубы, безопасность, эффективность.

муникации для питания всех средств механизации и освещения стационарных шахтных хозяйственных пунктов [7, 8]. Поэтому каждая выработка по ее назначению и в соответствии с проектом должна быть качественно пройдена с целью ее безопасной эксплуатации на протяжении ее срока существования, — важная научная и практическая задача, требующая оперативного решения [9, 10]. Данная работа является продолжением исследований с участием авторов, основные научные и практические результаты которых наиболее полно приведены в работах [11–14].

Целью работы является исследование технологий и технических средств для буровзрывной проходки горизонтальных и наклонных (до 12°) горных выработок на основе изучения изменяющихся геомеханических, горнотехнических и гидро-геологических условий месторождения и новых конструкций призматических врубов. Это обеспечит качественное проведение выработки с уходом за циклом не менее 3,3–3,5 м, повышение скорости проходки с 50–70 м/мес. (в настоящее время) до 300–500 м/мес на проходческий комплекс в ближайшей перспективе.

Задачи исследований:

1. Выполнить технологический аудит буровзрывной проходки горизонтальных и наклонных (до 12°) выработок и установить эффективность их проведения в цикле горнопроходческих работ в рудных массивах сложного строения.

2. Произвести расчет параметров БВР при проходке горизонтальных и наклонных (до 12°) выработок с применением высокопроизводительного самоходного оборудования.

3. Предложить перспективные направления исследований при буровзрывной проходке горизонтальных и наклонных (до 12°) выработок с применением высокопроизводительного самоходного оборудования.

Авторами использованы методы комплексного обобщения, анализа и оценки практического опыта и научных достижений в области подземной геотехнологии, теории и практики взрывного разрушения твердых сред, методов механики сплошных сред, математической статистики, а также методов исследования волновых процессов по стандартным и новым методикам ведущих специалистов развитых горнодобывающих стран мира с участием авторов [15, 16].

Основные положения

Технологический аудит буровзрывной проходки горизонтальных и наклонных (до 12°) выработок. В последнее время наибольшее распространение получили проходческие комплексы, в состав которых входит высокопроизводительное самоходное горно-проходческое оборудование. При проведении выработок используют проходческий комплекс, в состав которого входят бурильная установка типа DD и погрузочно-доставочных машин типа LH производства компании Sanvik (Финляндия). Для бурения шпуров в забое выработки используют бурильную установку DD311-40, после чего выполняют зарядание и взрывание шпуров. Затем горную массу убирают с помощью погрузочно-доставочных машин LH409E, доставляют ее к транспортным средствам или перепускным восстающим. Также для проведения горизонтальных выработок площадью сечения 7-40 м² могут использовать проходческий комплекс, в состав которого входят бурильная установка типа Boomer и погрузочно-доставочных машин типа ST (EST) производства компании «Atlas Copco» (Швеция). Для бурения шпуров в забое выработки используют бурильную установку Boomer 281, после чего выполняют зарядание и взрывание шпуров. Далее горную массу убирают с помощью погрузочно-доставочных машин ST-3,5, доставляют ее к транспортным средствам или к перепускным восстающим. При проведении указанных выработок может использоваться разнообразная комбинация самоходных бурильных установок и погрузочно-доставочных машин различного производства [17, 18].

Самоходные установки бурильные шахтные предназначены для бурения шпуров в породах различной крепости при проведении горных выработок, а также при ведении очистных работ в рудных шахтах (рис. 1).

Бурильные установки полностью механизмируют процесс бурения, улучшают санитарно-гигиенические условия труда и частично механизмируют процессы зарядания шпуров и крепления горных выработок [19, 20]. Бурильные установки разделяют на фронтальные и радиально-фронтальные. Фронтальными установками бурят шпуров вдоль оси выработки, а радиально-фронтальными — вдоль оси и перпендикулярно оси выработки (табл. 1).

При взрывных работах наиболее трудоемким процессом являются доставка ВВ и зарядание шпуров (рис. 2) [21, 22]. Зарядание шпуров может быть ручным (патронированным ВВ) и механизированным россыпным или экологически чистых бестротилового патронированных и наливных эмульсионных ЭВВ (табл. 2 и рис. 3) [23, 24]. При механизированном зарядании применяют зарядчики, допущенные к применению Госнадзорохрантруда Украины, при ручном — в шпур патроны ВВ до-

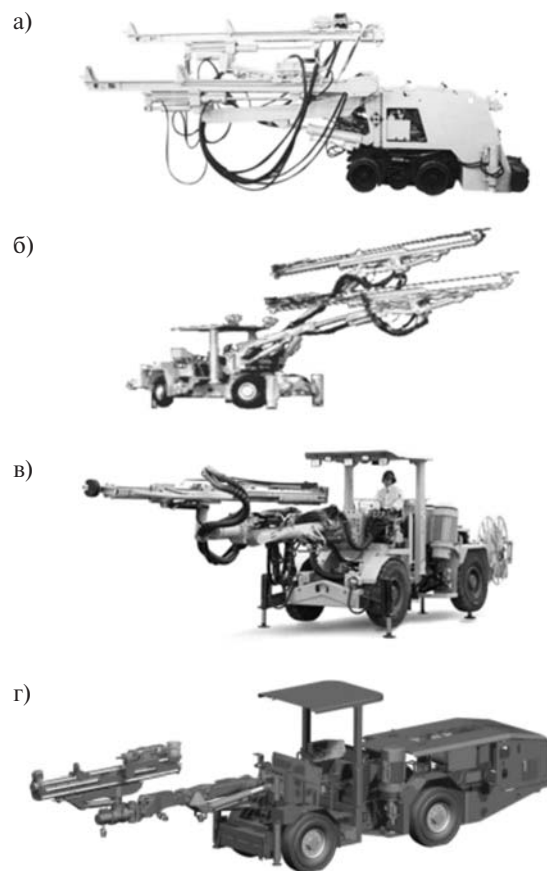


Рис. 1. Внешний вид самоходных бурильных шахтных установок: а - УБШ-207; б - УБШ-312А; в - Boomer 281; г - DD311-40.

сылают забойником (табл. 3) [25, 26]. В настоящее время при проведении горных выработок широкое применение получили транспортно-доставочные машины, которые заменяют комплексы из погрузочного и транспортного оборудования

Таблица 1

Характеристика установок бурильных шахтных.

Тип	Зона бурения (высота × ширина), м	Глубина бурения, м	Количество бурильных машин, шт	Тип бурильной машины	Тип ходовой части	Длина, м	Ширина, м	Высота, м
Производства Украины и России								
УБШ-207	3,2×4	2,5	2	Б106	КР	6,5	1,3	1,5
УБШ-227	3,5×4	2,7	1	Б106	КР	6,9	1,3	1,65
УБШ-308У	4×5	2,8-3,2	2	БГА-2М	Г	7,8	1,6	1,7
УБШ-201А	3,3×4	2,2	2	Б106	П	6,05	1,45	1,6
УБШ-312А	5×7	3,9	2	Б106	П	12	2	2,5
Производства Atlas Copco (Швеция)								
Boomer 104	4,7×4,8	2,5-3,7	1	СОР 1838	П	9,7	1,2	2,7
Boomer 281	6,1×6,1	3,1-4,9	1	СОР 1838	П	10,7	1,65	2,8
Boomer 282	6,4×8,7	3,1-4,9	2	СОР 1838	П	11,8	2	3
Boomer M2C	6,8×8,7	5	2	СОР 1838	П	13,6	2,2	3
Производства Sandvik (Финляндия)								
DD311-40	5,83×7,2	4,66	1	HLX5	П	11,87	1,85	3,1
DD321-40	6,06×8,82	4,66	2	HLX5	П	12,55	2,15	3,2
DD421-60	6,69×9,97	4,66	2	HLX5	П	13	2,31	3,42

(рис. 4) [27, 28]. Транспортно-доставочные машины по сравнению с другими средствами погрузки и транспортировки имеют ряд существенных преимуществ (табл. 4) [29, 30].

Расчет параметров БВР. Величина сопротивления для отбойного шпура, работающего на вруб определяется согласно выражения:

$$W_{вд} = 47 \cdot K_m \cdot K_z \cdot d_z \cdot \sqrt{\frac{\Delta}{\gamma \cdot e}}, \text{ м}, \quad (1)$$

где K_m — коэффициент местных геологических условий; K_z — коэффициент зажима, равный 0,6 при $S_{np} < 4 \text{ м}^2$, 0,7-0,8 при $S_{np} = 4-60 \text{ м}^2$ и 0,9 при $S_{np} \leq 60 \text{ м}^2$; d_z — диаметр заряда, м; Δ — плотность заряжения, т / м³; e — коэффициент работоспособности ВВ, равной $380/P_{ВВ}$ или $4316/Q_{ВВ}$; $P_{ВВ}$ — работа ВВ, см³; $Q_{ВВ}$ — теплота взрыва, кДж / кг; γ — плотность горных пород, т/м³.

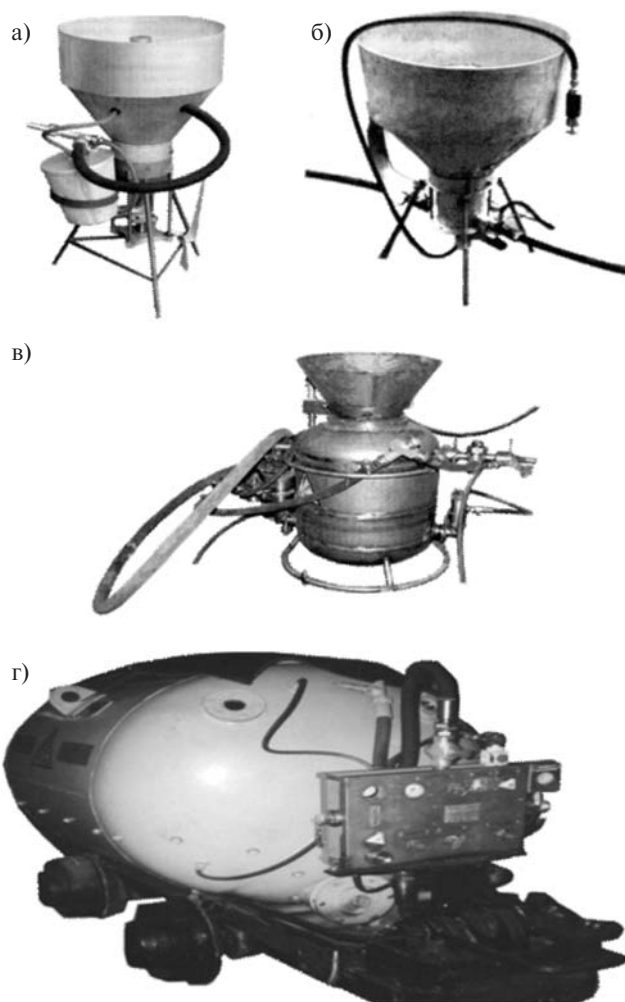


Рис. 2. Внешний вид пневматических зарядчиков для механизированного заряжения шпуров: а - УЗП-2; б - УЗП-3; в - МЗП-1; г - машина зарядная УТЗ-2.

Шпуры в призматических врубов могут располагаться в вершинах или гранях различных фигур (квадрат, треугольник, крест, круг и др.). Шпуры располагают близко друг от друга на расстоянии

$$a = 0,2...0,5 W_{вд}, \text{ м}. \quad (2)$$

Меньшие значения расстояния следует применять для крепких пород. Отдельные шпуры могут не заряжаться, такие шпуры называют компенсационными (холостыми). Компенсационные шпуры создают полости ослабления в породном массиве и облегчают работу зарядов в других шпурах врубая. Площадь врубая рассчитывается согласно геометрической фигуры, за которой расположены врубовые шпуры. Для однородного забоя определения параметров БВР устанавливают расчетным путем с учетом существующей практики ведения взрывных работ в аналогичных горно- геологических и горнотехнических условиях.

Таблица 2

Технические характеристики зарядчика ЗЭВС-1.

Наименование показателя	Значение
Тип шасси	Самоходное шасси СШ-2540 (доработанное и аналогичное)
Мощность дизеля самоходного шасси, кВт (л. с.)	18,4 (25,0)
Мощность дизеля маслостанции (для заряжании шпуров), кВт (л.с)	4,4 (6,0)
Максимальная производительность зарядчика по ЭВВ при вязкости эмульсионной композиции до 25 000 сП, кг/мин., до	60,0
Количество агрегатов насосных для заряжания ЭВВ, шт.	2
Длина транспортирования ЭВВ, м, не более	12,0
Масса перевозимого ЭК, при 90% загрузке, кг, не более	400,0
Масса перевозимого ГГД при 90% загрузке, кг, не более	10,0
Масса перевозимой воды технической, кг, не более	40,0
Габаритные размеры зарядчика (в транспортном положении), мм, не более	4500×1900×2300
Полная масса зарядчика в снаряженном состоянии, кг, не более	3400,0

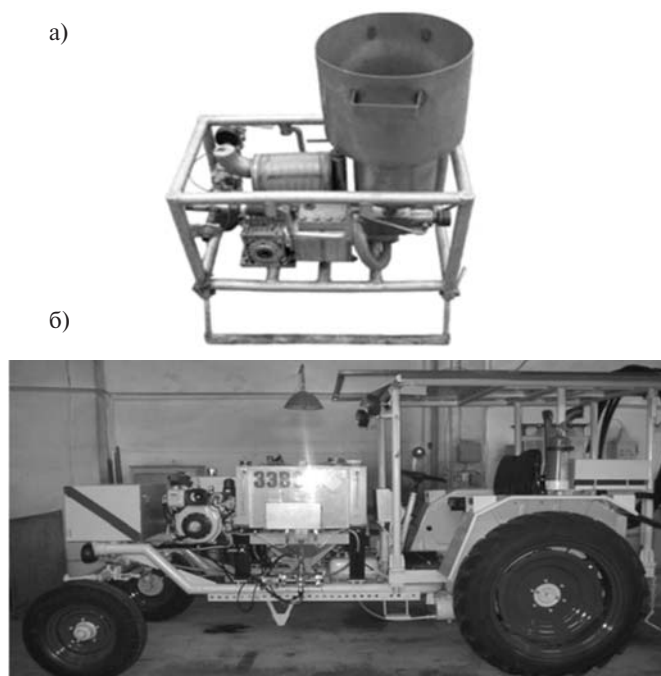


Рис. 3. Переносной малогабаритный зарядчик ЗЭП-15 (а) и зарядчик эмульсионных ВВ самоходный (шпуровой) мод. ЗЭВС-1 (б)(общий вид).

Таблица 3

Технические характеристики пневматических зарядчиков.

Наименование зарядчика	Диаметр шпуров, мм	Глубина шпуров, м, не более	Производительность техническая, кг/с	Длина транспортируемая ВВ, м, не более	Масса, кг
УЗП-2	≤ 50	5	0,5-0,6	100	20
УРЗ-1Б ЭРА	≤ 52	3	0,6	10	7
ЗЭП-1 («Курама 7»)	34-60	3	0,3	-	2-2,2
ЗЭП-В («Курама 8»)	34-50	3	0,2	-	2,5
ЗЭП-15-01	≥ 36	-	0,6-0,9	8	40
ЗМК-1А	35-85	-	0,33	70	25
ЗП-1	32-50	5	0,25-0,5	-	15
ЗП-2	≤ 56	≤ 25	0,3-0,8	30	17
УЗП-3	≤ 50	5	0,6	100	16
МЗП-1	32-56	5	0,6-1	60	60
ПСЗ-10	≥ 36	-	0,6	6	15

Расчет паспорта ведения БВР проводится в следующей последовательности [31, 32]:

- ✦ выбор типа ВВ;
- ✦ определение диаметра и глубины шпуров (по заданным темпам проведения выработки) и коэффициента использования шпуров;
- ✦ установление типа и количеству бурильных и погрузочных машин;
- ✦ выполняется расчет общего количества ВВ;
- ✦ производится выбор типа врубая;
- ✦ осуществляется расчет количества шпуров на забой;
- ✦ проводится расположения шпуров в забое выработки;
- ✦ выполняется расчет заряда ВВ на шпур;
- ✦ выполняется расчет общего количества ВВ на забой;

Таблица 4

Техническая характеристика транспортно-доставочных погрузочных машин.

Тип машины	Грузоподъемность, т	Вместимость ковша, м ³	Вместимость кузова, м ³	Высота разгрузки, м	Мощность привода, кВт	Длина, м	Ширина, м	Высота, м	Масса, т
Производства Украины, России и Белоруссии									
ПТ-4	4	0,2	1,5	2,2	42,7	3,02	1,8	1,8	4,6
ПД-2Э	2,6	1,4	-	2,8	45	6,25	1,5	1,9	6,9
МПД-4	9,2	3,8	-	1,85	170	9,71	2,54	2,35	24
ПД-5А	6	3	-	1,53	100	8	2,2	1,85	15
ПД-8	8	4	-	2,2	147	9	2,5	2,5	22,4
МоАЗ-4055	9	2,7	-	1,84	190	9,96	2,65	2,3	24
Производства Strojarnе Prievidza (Словакия)									
PNE-900	2	0,9	-	1,03	30	5,15	1,25	1,99	9
PNE-1700	6	1,7	-	1,6	55	7,39	1,65	2	18,6
PNE-2500	10	2,4	-	1,6	75	7,39	2	2	22
Производства Atlas Copco (Швеция)									
EST2D	3,6	2	-	2,54	56	6,88	1,52	2,09	11,4
EST3,5	6	3,4	-	2,70	74,6	8,85	2,12	2,12	17
ST2D	3,6	2	-	2,54	63	6,88	1,56	2,09	11,5
ST3,5	6	3,4	-	2,70	136	8,85	2,12	2,12	17,5
ST8C	14,5	7,6	-	3,52	136	-	2,76	2,69	39,1
ST710	6,5	3,4	-	3,15	149	8,83	2,14	2,11	18,2
ST1030	10	5,6	-	3,4	186	9,75	2,56	2,36	26,3
ST1520	15	7,5	-	4,13	298	11,32	2,92	2,65	41,3
Производства Sandvik (Финляндия)									
LH203	3,5	1,75	-	-	63	6,97	1,48	1,84	8,7
LH203E	3,5	1,75	-	-	55	7	1,48	1,84	9,4
LH409E	9,6	4,6	-	-	110	9,74	2,53	2,32	24,5
LH514	14	6	-	-	243	10,51	2,84	2,54	33,7
LH307	6,7	3,3	-	-	142	8,61	2,23	2,2	17,2
LH410	10	5,4	-	-	187	9,68	2,55	2,4	26,2
LH517	17,2	8,4	-	-	298	11,12	3	2,75	44

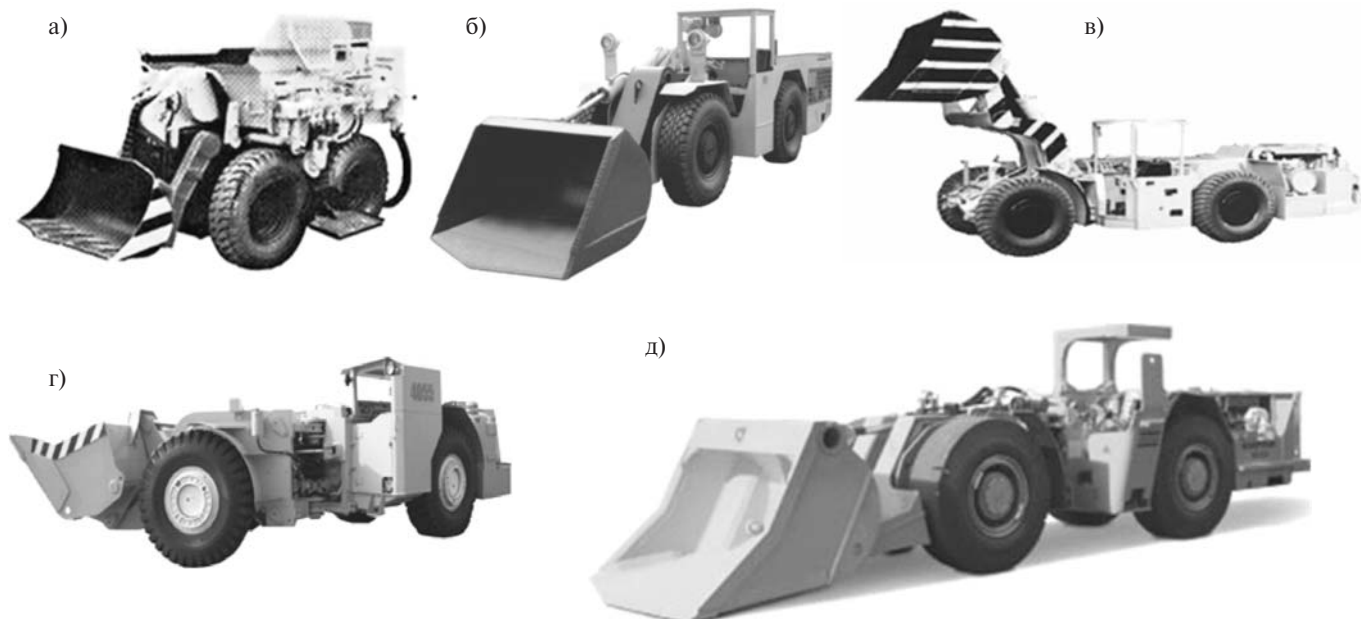


Рис. 4. Внешний вид транспортно-доставочных погрузочных машин: а - ПТ-4; б - ПД-2Э; в - ПД-5А; г - МоАЗ-4055; д - ST3,5; е - LH409E.

- ✦ производится выбор конструкции заряда ВВ в шпуре и типа забивки;
- ✦ определяется оптимальное время замедления и выбор средств инициирования зарядов;
- ✦ производится расчет подрывной сети;
- ✦ разрабатывают необходимые меры предосторожности, места хранения и расстановки постов охраны;
- ✦ осуществляется расчет времени проветривания забоя;
- ✦ производится заполнение паспорта БВР.

Шпуровой заряд, особенно если линия наименьшего сопротивления совпадает с осью шпура, разрушает породу только в ближайшей к забою части. Донная часть остается в неразрушимой породе в виде так называемого «стакана» [33]. Это приводит к тому, что за одно подрыва забой выработки подвигается не на полную глубину шпуров. Один из важнейших параметров взрывных работ это длина заходки — подвижки забоя за одно взрывание (за один цикл), при этом $l_{зах} < l_{ш}$. Коэффициентом использования шпуров (КИШ) — это отношение подвижки забоя за одно взрывание до глубины шпуров

$$\eta = \frac{l_{зах}}{l_{ш}}. \quad (3)$$

КИШ — это безразмерная величина, характеризующая эффективность действия подрыва зарядов ВВ, один из основных критериев качества взрыва, правильности выбранной схемы расположения шпуров и удельных расходов ВР. Нормативное значение КИШ равна 0,8 [18, 19]. По данным практики ведения БВР в породах монолитных, с коэффициентом прочности по шкале проф. М.М. Протодяконова $f=15-20$ удовлетворительным может считаться КИШ в пределах 0,75-0,8; в породах средней прочности — до 0,9; в слабых породах эта величина должна приближаться к единице. В некоторых «стаканах» может оставаться ВВ. Поэтому нельзя бурить шпуры следующего цикла через «стаканы», то есть запрещается их разбуривать, это может вызвать несанкционированный взрыв ВВ с трагическими последствиями. При проектировании БВР рекомендуют следующие значения КИШ. На одну открытую поверхность — 0,8-0,85; на две — 0,90-0,95. При проведении промышленных испытаний новых типов ВВ и новых технологий ведения взрывных работ, КИШ устанавливают по подвиганию забоя в определенный период времени, равный 10 взрывом (циклом)

$$\eta = \frac{l_{y}}{n_{ц} \cdot l_{ш,ср}}, \quad (4)$$

где l_y — уход (подвижка) забоя выработки в заданный период времени (устанавливается маркшейдерскими измерениями), м; $n_{ц}$ — количество взрываний за контрольный период; $l_{ш,ср}$ — средняя глубина шпуров, м.

Глубина шпуров в неустойчивых породах определяется требованиями безопасного проведения работ. На криволинейных участках — требованиями механического порядка, состоящие в обеспечении снижения влияния взрыва на крепление выработок и недопущения увеличения площади сечения более регламентированных норм. В случае, если выработка проводится с заданными темпами проходки то глубина шпуров

$$l_{ш} = \frac{L}{k \cdot m \cdot n \cdot \eta}, \text{ м}, \quad (5)$$

где L — среднемесячные темпы проведения выработки, м/мес.; k — количество рабочих дней в месяц, суток; m — количество рабочих смен по проходке выработки в сутки, изменений; n — количество циклов в смену η — коэффициент использования шпуров.

Горизонтальные и наклонные (до 12°) горные выработки по технологическому назначению в эксплуатационном блоке подразделяются на следующие:

- ✦ наклонный съезд, соединяющий подэтажи блока, а при централизованной подготовке группу блоков отдельных залежей;
- ✦ полевая подэтажная горизонтальная выработка является хозяйственной по назначению соединяющей со съездами сбойками отдельные блоки; проходит параллельно подэтажной буровой выработке блока (подэтажные штреки) или перпендикулярно (подэтажные орты);
- ✦ буровая подэтажная выработка предназначена для разбуривания горного массива в границах подэтажа и размещения в скважинах зарядов для отбойки балансовых запасов руд. Сечение выработки определяется габаритными размерами буровой техники в рабочем состоянии;
- ✦ вентиляционная горизонтальная горная выработка, сечение которой определяется требованиями по объему проходящего свежего воздуха на подэтажи в эксплуатационных блоках в соответствии с нормативами по безопасности.

Комплекс оборудования для проходки, доставки горной массы, бурения скважин, транспортирования материалов и горной массы и минимальные сечения горизонтальных горных выработок приведены в *табл. 5*.

Повышение эффективности проходки горных выработок может быть достигнуто решением следующих задач [34, 35]:

- ✦ обеспечение многозабойной организации труда за счет высокой производительности бурения шпуров и уборки отбитой горной массы в забое;
- ✦ возможность свободного доступа до нескольких забоев с обеспечением работ комплекса самоходной техники на разных уровнях в эксплуатационном блоке (блоках) посредством централизованной подготовки залежей наклонным съездом;
- ✦ повышение уровня коэффициента загрузки бурового самоходного оборудования, обеспечивающего обслуживание 2-3-х забоев с максимальной глубиной бурения шпуров (по его технической характеристике). Коэффициент загрузки с обслуживанием машин должен быть не менее 0,8-0,85;
- ✦ обеспечение разбуривания забоя с одной установки при проходке капитальных выработок;
- ✦ разработка конструкций врубов, обеспечивающих максимальную уходку за цикл при максимальной глубине бурения по технической характеристике оборудования. Коэффициент использования шпура должен быть не менее 0,9-0,95;
- ✦ обеспечение безопасности заряжания и эффективности взрывания горного массива в объеме проектируе-

мой уходки забоя за цикл подбором ВВ и средств взрывания;

- ✦ применение технологий проходки горных выработок с контурным взрыванием, исключая переборы породы и разрушения массива за пределами их контура.

Таблица 5

Минимальные сечения горизонтальных горных выработок.

Наименование горных выработок и вид крепления	Сечение выработки, м ²		Комплекс оборудования
	в свету	в черне	
Наклонный съезд-выработка со свободным проходом людей: Без крепи Крепль - торкрет-бетон, железобетонные штанги и металлическая сетка Крепль - бетон	12,1	12,1	Boomer-281(282), ST-3,5(ST-710) SIMBA M4C, Robbins44RM
	12,1	12,6	
Полевая горная выработка, сбойка различного назначения без свободного прохода людей Без крепи Крепль - торкрет-бетон, железобетонные штанги и металлическая сетка Крепль - бетон	9,8	9,8	Boomer-281(282), ST-3,5(ST-710), SIMBA M4C
	9,8	10,2	
Полевая горная выработка, сбойка различного назначения, со свободным проходом для людей Без крепи Крепль - торкрет-бетон, железобетонные штанги и металлическая сетка Крепль - бетон	12,1	12,1	Boomer-281(282), ST-3,5(ST-710), SIMBA M4C
	12,1	12,6	
Буровая подэтажная выработка со свободным проходом для людей Без крепи S=(3,9×4,915) м ² Крепль - торкрет-бетон, железобетонные штанги и металлическая сетка	18,2	18,2	Boomer-281(282), ST-3,5(ST-710), SIMBA M4C
	18,2	19,2	
Буровая выработка отрезной щели S=(5,0×4,915) м ² Без крепи Крепль - торкрет-бетон, железобетонные штанги и металлическая сетка	23,3	23,3	Boomer-281(282), ST-3,5(ST-710), SIMBA M4C
	23,3	24,5	
Вентиляционная и закладочная выработки, вентиляционная сбойка Без крепи Крепль - торкрет-бетон, железобетонные штанги и металлическая сетка Крепль - бетон	9,8	9,8	Boomer-281(282), ST-3,5(ST-710)
	9,8	10,2	
Транспортная выработка для автосамосвала МТ-2000 со свободным проходом для людей Без крепи Крепль - торкрет-бетон, железобетонные штанги и металлическая сетка Крепль - бетон	15,7	16,6	Boomer-281(282), ST-3,5(ST-710), МТ-2000
	15,7	17,1	
	15,7	18,6	
Транспортная выработка для автосамосвала МТ-2000 без свободного прохода для людей Без крепи Крепль - торкрет-бетон, железобетонные штанги и металлическая сетка Крепль - бетон	13,3	14,1	Boomer-281(282), ST-3,5(ST-710), МТ-2000
	13,3	14,6	
	13,3	16,0	
Разминовка для автосамосвала МТ-2000 Крепль - бетон	27,2	31,0	Boomer-281(282), ST-3,5(ST-710), МТ-2000

Наименование горных выработок и вид крепления	Сечение выработки, м ²		Комплекс оборудования
	в свету	в черне	
Транспортная выработка для автосамосвала ТОРО 40 Без крепи Крепль - торкрет-бетон, железобетонные штанги и металлическая сетка Крепль - бетон	19,4	19,4	Boomer-281(282), ST-3,5(ST-710), ТОРО 40
	19,4	23,2	
Разминовка для автосамосвала ТОРО 40 Крепль - бетон	37,7	43,7	Boomer-281(282), ST-3,5(ST-710), ТОРО 40

Порядок взрывания шпуровых зарядов ВВ в забое при буровзрывной проходке горизонтальной горной выработки сечением (4300×3600 мм) для условий шахты Новоконостантиновская «ГП ВостГОК», Украина приведен в табл. 6.

Таблица 6

Порядок взрывания шпуровых зарядов ВВ в забое.

Наименование шпуров	Номера		Степень замедления
	шпуров	замедлений	
Врубовые	1	0	0 0,025 0,050
	2, 3	1	
	4, 5	2	
Вспомогательные	6-9	3	0,075 0,100 0,150 0,250
	10-11	4	
	12-15	5	
	16, 17	6	
Отбойные	18-27	7	0,500 0,750
	28-41	8	
Оконтуривающие: стеновые и потолочные; почвенные (полосовые); почвенные (угловые)	42-61	9	1,000 1,500 2,000
	62-68	10	
	69-70	11	

Таким образом, основными исходными данными для проектирования безопасной технологии проведения горных выработок, по которым разрабатывается паспорт буровзрывных работ являются [41, 42]:

- ✦ оценка геомеханических условий в т. ч. коэффициент крепости по М.М. Протодяконову, блочность массива (тип трещиноватости), направление слоистости и т.д.);
- ✦ скорость проходки горной выработки, от которой зависит длина уходки за цикл до 3,5 м;
- ✦ тип вруба в зависимости от длины уходки за цикл; все разработанные врубы применяются для уходки за цикл в пределах 2,5-3,5 м и более; эффективность вруба с уходкой более 3,5 м оценивается после опытной проверки.

Перспективные направления исследований

Проведение работ в новых геомеханических условиях все расчеты, связанные с эмпирическими зависимостями по нагружению горного массива энергией взрыва, должны уточняться и обосновываться опытно-промышленными работами. Поэтому призматические врубы и параметры буровзрывных работ на проходку горных и наклонных (до 12°) выработок должна быть разработаны на коронки диамет-

ром 40-36 мм, а глубина шпуров в забоях — не менее 3,5 м, что обеспечивается буровыми самоходными машинами, например, например, Российского, Украинского и Белорусского производства, а также фирм «Atlas Copco», «Sandvik», «Tamrock» и др. [36-43].

Выводы

1. *Приведены* основные научные и практические результаты исследования технологий и технических средств для буровзрывной проходки горизонтальных и полого-наклонных горных выработок на базе высокопроизводительного самоходного бурового, пгрузочно-доставочного и вспомогательного оборудования, например, Российского, Украинского и Белорусского производства, а также фирм «Atlas Copco», «Sandvik», «Tamrock» и др.

2. *Установлено*, что повышение уровня коэффициента загрузки бурового самоходного оборудования, обеспечивающего обслуживание 2-3-х забоев с максимальной глубиной бурения шпуров (по его технической характеристике). Коэффициент загрузки с обслуживанием машин должен быть не менее 0,8-0,85.



3. *Определено*, что повышение эффективности производства взрывных работ на шахтах достигается интенсификацией технологических процессов с применением высокопроизводительной самоходной и малогабаритной зарядной техники нового поколения, таких как машины зарядные переносные моделей МЗП-1, УЗП-2 и УЗП-3 и механизации взрывных работ с применением переносного зарядчика модели ЗЭП-15 и самоходного модели ЗЭВС-1 и вагона-доставщика мод. ВДЭК-3 для перевозки и хранения эмульсионной композиции (ЭК) ЭВВ Украинит-ПП-2 с помощью экологически чистых бестроиловых патронированных и наливных ЭВВ при буровзрывной проходке горных выработок и добыче полезных ископаемых на рудных шахтах Украины.

4. *Показано*, что эффективность буровзрывной проходки горных выработок с помощью высокопроизводительного самоходного оборудования проявится в повышении скорости проходки с 50-70 м/мес. (в настоящее время) до 300-500 м/мес на проходческий комплекс в ближайшей перспективе. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Jonson D. Controlled shock waves and vibrations during large and intensive blasting operations under Stockholm city / Workshop on Tunneling by Drilling and Blasting hosted by the 10th Int. Symp. On Fragmentation due to Blasting (Fragblast 10), New Delhi, India, 24-25 November, 2012. Pp. 49-58.
2. Monalas F. I., Arusu T. Blasting works in urban area A Singapore case study / Workshop on Tunneling by Drilling and Blasting hosted by the 10th Int. Symp. On Fragmentation due to Blasting (Fragblast 10), New Delhi, India, 24-25 November, 2012, Pp. 23-30.
3. Gupta I. D., Trapathy G. R. Comparison of construction and mining blast with specific reference to structural safety // Indian Mining and Engineering Journal. 2013. Vol. 54. No. 4. Pp. 13-17.
4. Kelly B. Stress analysis for boreholes on department of defense lands in the western united states: a study in stress heterogeneity / Proceedings, Thirty-Eighth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering Stanford University. Stanford: Stanford University, 2013. Pp. 139-150.
5. Reiter K., Heidbach O. 3-D geomechanical-numerical model of the contemporary crustal stress state in the Alberta Basin (Canada) // Solid Earth. 2014. No. 5. Pp. 1123-1149.
6. Reiter K., Heidbach O. 3-D geomechanical-numerical model of the contemporary crustal stress state in the Alberta Basin (Canada) // Solid Earth. 2014. No. 5. Pp. 1123-1149.
7. Polak C. International Symposium on 23-27 June 2014 Vienna, Austria Uranium Raw Material for the Nuclear Fuel Cycle: Exploration, Mining, Production, Supply and Demand, Economics and Environmental Issues / International Atomic Energy Agency. Vienna, 2014. Pp. 8-9. URL: <http://www-pub.iaea.org/iaea meetings/46085/> (дата обращения: 19.08.2016).
8. Techno-economic Comparison of Geological Disposal of Carbon Dioxide and Radioactive Waste / Marketing and Sales Unit, Publishing Section International Atomic Energy Agency. Vienna, 2014. Pp. 246. URL: <http://www.iaea.org/books> (дата обращения: 19.08.2016).
9. Сафонов О. П., Шкроба О. П. Вероятностный метод оценки сейсмического эффекта промышленных взрывов. - М.: Недра, 1970. - 56 с.
10. Шашурин С. П., Плакса Н. В., Лебедев А. П. Разработка мощных рудных месторождений системами с одностадийной выемкой. - М.: Недра, 1971. - 201 с.
11. Ляшенко В.И., Франчук В.П., Кислый Б.П. Модернизация технико-технологического комплекса уранодобывающего производства// Горный журнал. - 2015. - № 1. - С. 26-32.
12. Ляшенко В.И., Голик В.И., Кислый П.А. Повышение эффективности производства буровых работ на шахтах (Сообщение 1)// Горный информационно-аналитический бюллетень.-2015.-№10.-С.27-37.
13. Ляшенко В.И., Кислый Б.П., Алехин А.И. Повышение эффективности производства взрывных работ на шахтах (Сообщение 2)// Горный информационно-аналитический бюллетень.-2015.-№11-С.259-268.
14. Ляшенко В.И., Кислый П.А., Кислый Б.П. Повышение безопасности горного производства на основе надежного технологического и технического обеспечения// Безопасность труда в промышленности. - 2017. - № 1. - С. 28-30
15. Мосинец В. Н. Дробящее и сейсмическое действие взрыва в горных породах. - М.: Недра, 1976. - 271 с.
16. Цейтлин Я. И., Смолий Н. И. Сейсмические и ударные воздушные волны промышленных взрывов. - М.: Недра, 1981. - 192 с.
17. Богацкий В. Ф., Фридман А. Г. Охрана сооружений и окружающей среды от вредного действия промышленных взрывов. - М.: Недра, 1982. - 162 с.
18. Мосинец В. Н., Абрамов А. В. Разрушение трещиноватых и нарушенных пород. - М.: Недра, 1982. - 248 с.
19. Ляшенко В. И., Кислый П.А., Голик В.И., Комащенко В.И. Повышение эффективности взрывных работ на шахтах //Научно-технический сборник Взрывное дело. - 2018. - №119/76. - С.129 -142.
20. Ляшенко В. И., Голик В.И., Комащенко В.И., Небогин В.З. Повышение эффективности производства взрывных работ с помощью эмульсионных взрывчатых веществ на шахтах//Научно-технический сборник Взрывное дело. - 2018. - №119/76. - С.143 -163.

21. Ляшенко В. И., Голик В.И., Комащенко В.И., Рахманов Р.А. Разработка технологий и технических средств для буровзрывной отбойки скальных руд при камерных системах с закладкой // Научно-технический сборник Взрывное дело. - 2020. - №126/83. - С.123-150.
22. Садовский М.А. Геофизика и физика взрыва. М.: Недра, 1997. - 334 с.
23. Khomenko O., Tsendjav L., Kononenko M., Janchiv V. Nuclear-and-fuel power industry of Ukraine: production, science, education // Mining of Mineral Deposits, 2017. No 11(4), Pp. 86- 95. DOI: 10.15407/mining11.04.086.
24. Слепцов М. Н., Азимов Р. Ш., Мосинец В. Н. Подземная разработка месторождений цветных и редких металлов. - М.: Недра, 1986. - 206 с.
25. Khomenko O., Kononenko M., Danylchenko M. Modeling of bearing massif condition during chamber mining of ore deposits // Mining of Mineral Deposits, 2016. No 10(2), Pp. 40- 47. DOI: 10.15407/mining10.02.040.
26. Добыча и переработка урановых руд в Украине. Монография / Под общ. ред. А.П. Чернова. - Киев: АДЕФ-Украина, 2001. - 238 с.
27. Zhanchiv B., Rudakov D., Khomenko O., Tsendzhav L. Substantiation of mining parameters of Mongolia uranium deposits // Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, 2013. No 4, Pp. 10-18.
28. Кутузов Б. Н., Белин В. А. Проектирование и организация взрывных работ. - М.: МГГУ, 2011. - 410 с.
29. Сивенков В. И., Иляхин С. В., Маслов И. Ю. Эмульсионные взрывчатые вещества и неэлектрические системы инициирования. - М.: Щит-М, 2013. - 320 с.
30. Трубецкой К. Н., Захаров В. Н., Викторов С. Д., Жариков И. Ф., Закалинский В. М. Взрывное разрушение горных пород при освоении недр // Проблемы недропользования. 2014. № 3. С. 80-95.
31. Трубецкой К. Н. Развитие ресурсосберегающих и ресурсовоспроизводящих геотехнологий комплексного освоения месторождений полезных ископаемых. - М.: ИПКОН РАН, 2014. - 196 с.
32. Франтов А. Е., Бригадин И. В., Тучков Е. Н., Дорошенко С. И. О связи энергетических и взрывчатых характеристик при оценке действия взрыва в сложных горнотехнических условиях // Взрывное дело. 2015. № 113/70. С. 204-216.
33. Оверченко М. Н., Мозер С. П., Галушко Ф. И., Луньков А. Г. Развитие схем контурного взрывания для проходки подземных горных выработок // Взрывное дело. 2016. № 115/72. С. 202-214.
34. Lyashenko V., Vorob'ev A., Nebohin V., Vorob'ev K. Published by the National Mining University on behalf of Mining of Mineral Deposits. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (2018) // Mining of Mineral Deposits, 12(1), 95-102 (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted reuse, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
35. Ракишев Б. Р., Ракишева З. Б., Ауэзова А. М. Скорости и время расширения цилиндрической взрывной полости в массиве пород // Взрывное дело. - 2014. - № 111/68. - С. 3-17.
36. Иляхин С. В., Норов А. Ю., Якшибаев Т. М. Определение радиуса зон трещинообразования горного массива при камуфлетном взрыве // Взрывное дело. - 2016. - № 116/73. - С. 29-36.
37. Хоменко О.Е., Кононенко М.Н., Савченко Н.В. Технология подземной разработки рудных месторождений. М-во образования и науки Украины. Нац. техн. ун-т «Днепропетровская политехника». - Днепр: НТУ «ДП», 2018. - 450 с. DOI: 10.33271/DUT.001
38. Ляшенко В.И., Голик В.И. Научное и конструкторско-технологическое сопровождение развития уранового производства. Достижения и задачи // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2017. - № 7. - С. 137-152.
39. Ляшенко В. И., Хоменко О. Е., Кислый П.А. Повышение сейсмической безопасности подземной разработки скальных месторождений на основе применения новых зарядов взрывчатых веществ // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2019. Т. 75. № 8. С. 912-922. Doi: 10.32339/0135-5910-2019-8-912-922.
40. Ляшенко В. И., Хоменко О. Е. Повышение эффективности буровзрывной отбойки руды в зажатой среде // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2019. - № 11. - С. 59-72. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-11-0-59-72.
41. Умаров Ф. Я., Насиров У. Ф., Нутфуллоев Г. С., Назаров З. С., Шарипов Л. О. Повышение эффективности проходки подземных горных выработок с использованием шпуровых зарядов с кумулятивным эффектом // Известия вузов. Горный журнал. 2020. № 3. С. 15-23. DOI: 10.21440/0536-1028-2020-3-15-23.
42. Ляшенко В. И., Хоменко О. Е., Голик В. И. Развитие природоохранных и ресурсосберегающих технологий подземной добычи руд в энергонарушенных массивах // Горные науки и технологии. - 2020. - Том 5, № 2. DOI: 10.17073/2500-0632-2020-2.
43. Ляшенко В.И., Хоменко О.Е., Дудченко А.Х., Рахманов Р.А. Совершенствование технологий и технических средств для буровзрывной проходки горизонтальных горных выработок в скальных массивах // Научно-технический сборник Взрывное дело. - 2020. - №127/84.

	<p style="text-align: center;">ОСОБЕННОСТИ ТАХЕОМЕТРА: БЫСТРОЕ И ТОЧНОЕ ИЗМЕРЕНИЕ РАССТОЯНИЙ; ИНТУИТИВНО ПОНЯТНОЕ МОЩНОЕ ПО; ДВА ВНУТРЕННИХ АККУМУЛЯТОРА; ВОЗМОЖНОСТЬ ЗАМЕНЫ ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ БЕЗ ВЫКЛЮЧЕНИЯ ПРИБОРА; КОМПАКТНЫЙ, ПРОЧНЫЙ И ЛЁГКИЙ КОРПУС (3,7 КГ).</p>	
<p>ООО «Геомар Недра», 127521, Москва, 17-й проезд Марьиной рощи, д.9. Тел./факс (495) 618-7001, 618-6207, e-mail: geomarnedra@mail.ru</p>		