

DOI: 10.24000/0409-2961-2021-2-41-48

УДК 622.26.016.34

© О.Е. Хоменко, М.Н. Кононенко, В.И. Ляшенко, 2021

Повышение безопасности проходки подземных вертикальных выработок



О.Е. Хоменко,
д-р техн. наук,
проф.



М.Н. Кононенко,
канд. техн. наук,
доцент



В.И. Ляшенко,
канд. техн. наук,
ст. науч. сотрудник,
vilyashenko2017@gmail.com

НТУ «Днепровская политехника»,
Днепр, Украина

ГП «УкрНИПИИ
промтехнологии»,
Желтые Воды, Украина

Приведены основные научные и практические выкладки, используемые для повышения эффективности проходки вертикальных горных выработок на основе изучения работы проходческих комплексов и комбайнов, а также путем секционного взрывания глубоких скважин. Предложено новое устройство для бесконтактной передачи электроэнергии от неподвижного объекта к подвижному, которое позволит улучшить условия эксплуатации комплекса проходческого КПВ-4А, лифта шахтного типа ЛМШ-1, задействованного для подъема и спуска людей, мелкого оборудования и материалов вертикальных выработок за счет простоты его исполнения и наружного расположения кабелеперемагивающего механизма, а также повысит эффективность и безопасность проходки таких выработок.

Ключевые слова: вертикальные выработки, буровзрывная проходка, проходческие комплексы, комбайны, секционное взрывание, безопасность работ.

Для цитирования: Хоменко О.Е., Кононенко М.Н., Ляшенко В.И. Повышение безопасности проходки подземных вертикальных выработок // Безопасность труда в промышленности. — 2021. — № 2. — С. 41–48. DOI: 10.24000/0409-2961-2021-2-41-48

Введение

При добыче полезного ископаемого к наиболее сложным и трудоемким, требующим постоянного изучения, совершенствования технологий и технических средств для их реализации работам относятся буровзрывные работы (БВР) при проходке горных выработок [1]. Это связано с необходимостью последовательного выполнения целого цикла горных работ, первыми среди которых являются БВР [2]. Горные выработки различного назначения используются как транспортные, ходовые и доставочные артерии, обеспечивающие перемещение средств механизации, материалов, рабочих, подачу чистого и отвод загрязненного воздуха [3]. Кроме того, в выработках проложены водо- и энергетические коммуникации, необходимые для питания средств механизации и освещения стационарных шахтных пунктов [4]. Поэтому каждая выработка перед ее применением в соответствии с проектом должна быть качественно пройдена в целях ее безопасной эксплуатации на протяжении всего срока службы, что является важной научной и практической задачей, требующей оперативного решения [5].

Цель работы — повышение эффективности и безопасности проходки вертикальных горных выработок на основе изучения работы проходческих комплексов и комбайнов, а также путем секционного взрывания глубоких скважин.

В работе использованы методы комплексного обобщения, анализа и оценки практического опыта и научных достижений в области подземной геотехнологии, теории и практики взрывного разрушения твердых сред, механики сплошных сред, математической статистики, а также исследования волновых процессов по стандартным и новым методикам, разработанным ведущими специалистами из развитых горнодобывающих стран мира, в том числе с участием авторов [6].

Теория вопроса

С помощью БВР восстающие вертикальные выработки проходят обычным (с оборудованием в период прохождения лестничного и породопропускного отделений рабочего и предохранительного полков) и механизированным способами, а также путем секционного взрывания глубоких скважин [7]. В качестве исходных данных для разработки паспорта БВР на контурное взрывание можно использовать действующий паспорт для обычного метода с внесением в него скорректированных данных для шпуров контурного ряда. Удельный расход взрывчатого вещества (ВВ) контурных шпуров q_k , кг/м³, определяется по формуле М.М. Протодьяконова:

$$q_k = 0,15\sqrt{f} \left(\sqrt{0,2f} + \frac{1}{P} \right) e, \quad (1)$$

где f — коэффициент крепости пород по шкале проф. М.М. Протодьяконова, ед.; P — периметр выработ-

ки в проходке, кроме ширины в подошве, если там не применяют контурное взрывание, м; e — коэффициент работоспособности ВВ.

Масса заряда ВВ в контуре шпура $Q_{ш.к}$, кг, определяется по формуле:

$$Q_{ш.к} = l_{ш} k_{зап.к} \gamma_k \quad (2)$$

где $l_{ш}$ — глубина шпура, м; $k_{зап.к}$ — коэффициент заполнения шпура контурного ряда, находится в пределах 0,6–0,7; γ_k — масса 1 м заряда ВВ контурного шпура, кг:

$$\gamma_k = \frac{\pi d_n^2}{4} \Delta, \quad (3)$$

где d_n — диаметр патрона ВВ в шпурах контурного ряда, м; Δ — плотность ВВ в патроне, кг/м³.

Расчетная масса заряда ВВ в шпуре контурного ряда уточняется округлением до целого числа патронов. Глубина шпуров при переходе на контурное взрывание остается такой же, какая принята для данной выработки при обычном подрыве. Расстояние между контурными шпурами a_k , м, определяется по формуле:

$$a_k = \sqrt{\frac{k_{зап.к} \gamma_k m}{q_k}}, \quad (4)$$

где m — коэффициент сближения зарядов, находится в пределах 0,6–0,8. А линия наименьшего сопротивления (ЛНС) контурных шпуров W_k , м, соответственно:

$$W_k = \sqrt{\frac{k_{зап.к} \gamma_k}{q_k m}}. \quad (5)$$

Полученные значения расстояния между контурными шпурами и ЛНС контурных шпуров округляют до ближайшего числа, кратного 0,05 м.

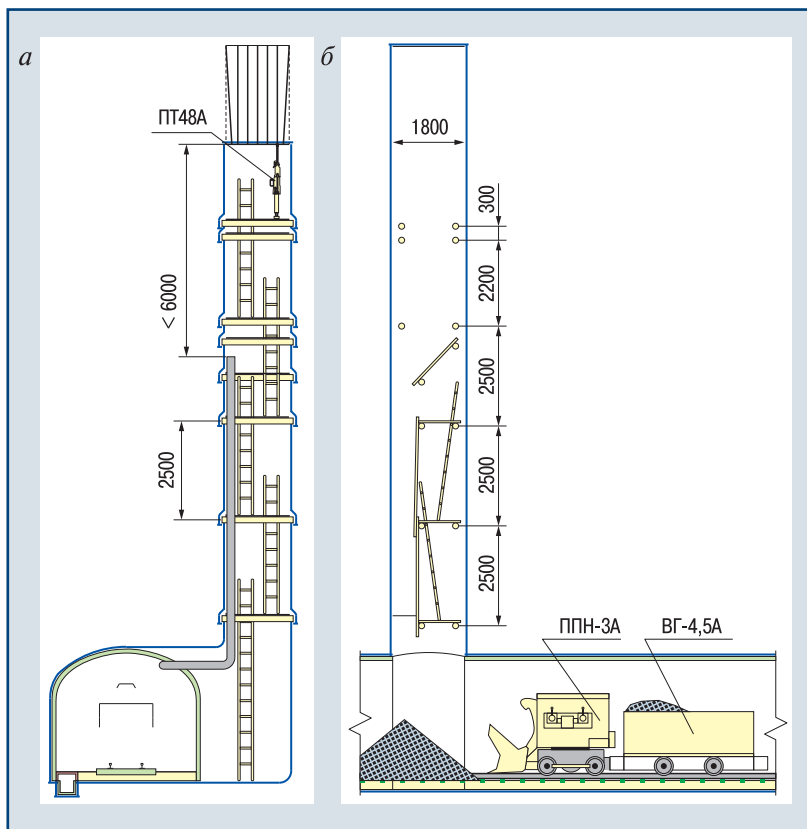
Число шпуров в контурном ряду N_k :

$$N_k = P/a_k + 1; \quad (6)$$

$$a_k = P/(N_k - 1). \quad (7)$$

Анализ результатов

Обычный способ применяют при проведении восстающих выработок высотой до 30 м, а также дучек (рис. 1). С горизонтальной выработки проводят заходку длиной до 2 м, с помощью которой проходят восстающую выработку на высоту до 7 м. Затем по мере проведения восстающей выработки



▲ Рис. 1. Технологическая схема проведения восстающих выработок обычным способом:

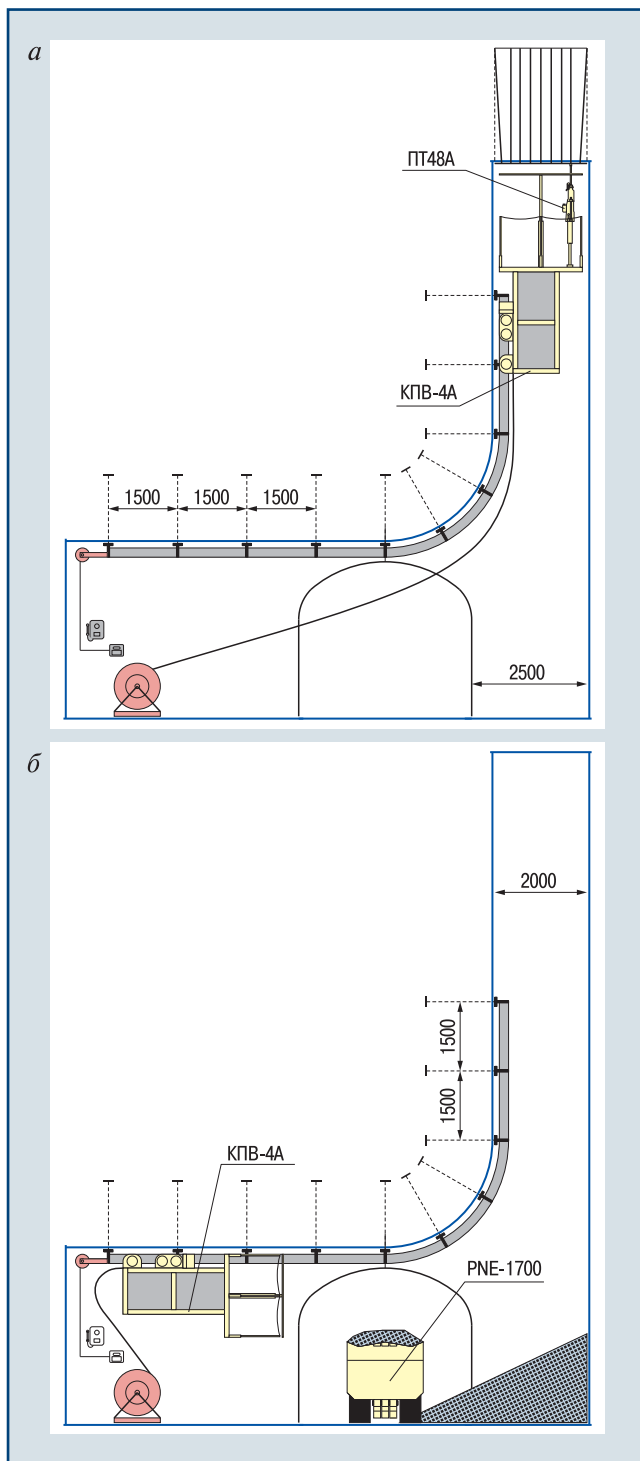
a — бурение шпуров в забое перфоратором телескопического типа ПТ48А; b — погрузка горной массы погрузочной машиной типа ППН-3А

▲ Fig. 1. Technological scheme for carrying out rise workings in the usual way:

a — drilling holes in the face with a telescopic puncher of PT48A type; b — loading of rock mass with a loading machine of PPN-3A type

ее разделяют на два отделения: материально-ходовое и рудоспускное (породоспускное), с установлением расстрелов, лестниц и отшивкой их досками. От забоя, восстающего на расстояние 2–4 м, ходовое отделение перекрывают предохранительным и отбойным полками, а для выполнения работ по бурению шпуров и их заряданию устраивают рабочий помост. Перед взрывом забоя рабочий помост убирают, а ходовое отделение перекрывают отбойным помостом. Подорванная горная масса падает на подошву выработки, откуда ее убирают погрузочной машиной типа ППН-3А в вагонетки или скреперной лебедкой типа 55ЛС-2С в рудоспуски. Иногда в устье восстающих рудоперепускных отделений устанавливают шахтный люк, и горную массу грузят непосредственно в вагонетки [8].

Проветривание забоя осуществляют посредством вентиляторов местного проветривания и трубопроводов диаметром 300–400 мм. Скорость проходки восстающих выработок обычным способом не превышает 25–30 м/мес. Механизированным способом проходку выполняют с помощью комплексов проходческих типа КПВ-4А (рис. 2). Для этого сначала с одной сто-



▲ **Рис. 2. Технологическая схема проведения восстающих выработок с помощью проходческого комплекса КПВ-4А:** а — бурение шпуров в забое перфоратором телескопическим типа ПТ48А; б — погрузка горной массы погрузочно-доставочной машиной типа PNE-1700

▲ **Fig. 2. Technological scheme of carrying out rise workings with the tunnelling complex KPV-4A:**

а — drilling holes in the bottom by the hammer telescopic of PT 48A type; б — loading of the rock by the mass load-haul-dump machine of PNE-1700 type

роны в горизонтальной выработке образуют камеру длиной до 5–6 м, которую используют для укрытия

помоста во время взрывов, размещения шланговой лебедки и вспомогательного оборудования.

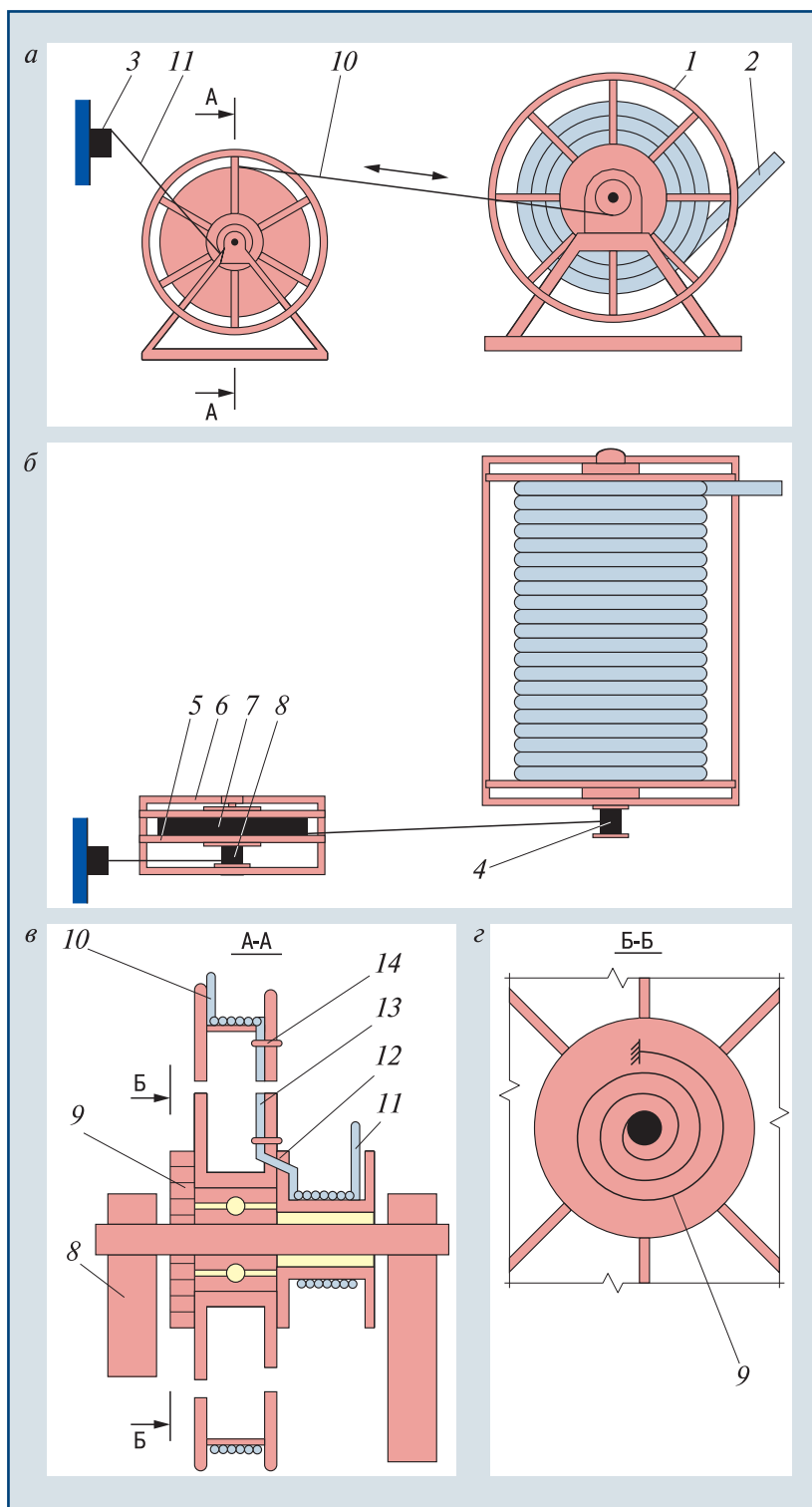
Одновременно с другой стороны обычным способом проходят восстающие выработки высотой до 4 м с установкой в них усиленной секции монорельса [9]. Для наращивания монорельса шпуров бурят с платформы помоста. После заряжания шпуров в забое и коммутации взрывной сети помост опускают и убирают в камеру, а затем проводят подрыв забоя. Горную массу убирают с подошвы горизонтальной выработки с помощью погрузочной машины. Проветривание забоя осуществляют посредством вентиляторов местного проветривания. После прохождения восстающего забоя на его проектную высоту комплекс демонтируют. Одним из недостатков в работе проходческого комплекса типа КПВ является низкая надежность передачи электроэнергии от источника питания посредством гибких кабелей к подвижным приемникам энергии. Передача электроэнергии от источника питания к подвижным приемникам энергии в горных условиях (повышенная влажность и запыленность рудничного воздуха) при наличии контактного устройства в виде щеток сопровождается засорением последних и их частыми поломками, что существенно снижает надежность и безопасность работы КПВ.

Для устранения этих недостатков предлагается новое устройство для бесконтактной передачи электроэнергии от неподвижного объекта к подвижному (рис. 3). Оно содержит барабан 1, на котором намотан кабель-трос 2, предназначенный для передачи электроэнергии на подвижный полук, а также кабелеперематывающий механизм для обеспечения электрической связи кабель-троса 2 с источником питания 3. Кабелеперематывающий механизм содержит барабан 4, жестко закрепленный на одной оси с барабаном 1, вращающийся вместе с ним двухступенчатый барабан 5, установленный на раме 6 с помощью неподвижной оси, расположенной параллельно оси вращения барабана 1.

Барабан 5 имеет два участка разного диаметра: 7 и 8. Участок 7 с большим диаметром расположен напротив барабана 4 и имеет одинаковую с ним длину. На барабане 5 установлена силовая пружина 9, жестко закрепленная одним концом к вращающейся части барабана, а другим — к его неподвижной части, например, оси.

Запасовка гибкого кабель-шлейфа 10 выполнена следующим образом. Ходовой конец кабеля 11 от источника питания 3 через участок 8 меньшего диаметра барабана 5 переходит на участок 7 большего диаметра через отверстие 12. Внутри участка барабана неподвижный конец кабеля 13 жестко закреплен, например, скобами 14. Кабель 10 с участка 7 барабана 5 переходит на барабан 4. Неподвижный конец кабеля через отверстие в барабане 4 и в полном валу, на котором он закреплен, выведен к кабель-тросу.

Устройство работает следующим образом. В исходном положении весь кабель намотан на участ-



▲ Рис. 3. Устройство для бесконтактной передачи электроэнергии от неподвижного объекта к подвижному:
a — общий вид; *б* — то же, вид сверху; *в, г* — разрезы А-А и Б-Б соответственно
▲ Fig. 3. Device for contactless transmission of electricity from a stationary object to a mobile one:
a — general view; *б* — the same, top view; *в, г* — sections А-А and Б-Б, respectively

ке 7 большего диаметра барабана 5, а на барабане 4 намотаны один-два витка. Свободный ход кабеля 11 выбран и намотан с участка меньшего диаметра

барбана 5. При вращении барабана 1 на сматывание кабель-троса 2 вместе с ним вращается барабан 4. При этом кабели 5 и 10 сматываются с участка 7 барабана 5 и наматываются на барабан 4, а силовая пружина 9 сжимается и таким образом постоянно поддерживает кабель 10 в натяжении. Ходовые концы кабелей 10 и 11 сматываются с участка меньшего диаметра барабана 5 и провисают между источником питания 3 и участком 8, образуя при этом свободный ход кабеля. При прохождении подвижного полка через промежуточное и среднее положения ходовой конец кабеля 11 начинает наматываться на участок 8 барабана 5.

При максимальном удалении подвижного полка от источника питания 3 весь кабель 10 с участка 7 с большим диаметром барабана 5 перематывается на барабан 4, при этом свободный ход кабеля выбран и намотан на участок 8 меньшего диаметра барабана 5. При вращении барабана 1 обратно описанному кабель-трос 2 наматывается на барабан 1, а кабель — в первоначальное положение под действием силовой пружины 9. Так происходит перемещение приемника энергии с одновременной непрерывной передачей электроэнергии к нему по кабель-тросу 2 и кабелю 10. Предлагаемое устройство позволит улучшить условия эксплуатации проходческого комплекса и другого задействованного оборудования за счет наружного расположения в нем кабелеперематывающего механизма и отсутствия сложных, например, планетарных механизмов [10].

Способом секционного взрывания ВВ в глубоких скважинах проходят восстающие выработки в устойчивых породах, не требующие крепления и имеющие разное назначение (рис. 4). В основном это отрезные, рудоперепускные и вентиляционные восстающие выработки. Сущность метода заключается в последовательном взрывании отдельных секций длиной по 2–4 м в направлении снизу вверх или подрыве скважин за один раз на всю высоту восстающей выработки, если она составляет до 30 м. Преимуществами данного способа являются высокая производительность и безопасность работ [11].

Для снижения числа вспомогательных (отбойных) скважин целесообразно применение рас-

рителя типа РС-220 [12, 13], который в комплекте с буровым станком НКР-100МПА предназначен для проходки скважин нисходящего направления диаметром 220 мм в породах с коэффициентом крепости $f = 8-14$ по шкале проф. М.М. Протодяконова при наличии опережающей скважины диаметром 105 мм. Технические характеристики расширителя РС-220 приведены ниже.

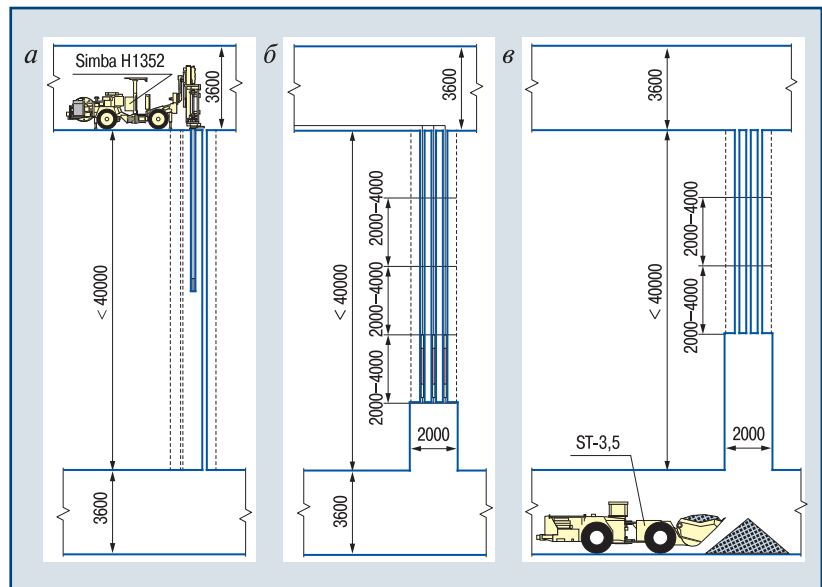
Глубина бурения, м, не более.....	50
Направление бурения ... нижний полувеер	
Номинальное давление сжатого воздуха, МПа.....	0,5
Энергия удара, Дж.....	100
Частота удара, с ⁻¹ :	
одного ударного механизма.....	22,5
общая частота удара всех трех механизмов.....	67,5
Ударная мощность, кВт.....	6,75
Удельный расход воздуха, м ³ /мин.....	15
Частота вращения бурового става, с ⁻¹	0,5
Усилие подачи на забой, кН.....	4,5
Диаметр штанги, мм.....	68 (89)
Масса (без коронок), кг.....	78

Он представляет собой мощный буровой снаряд погружного типа с тремя ударными механизмами, размещенными в общем корпусе. Воздухораспределительное устройство клапанного типа обеспечивает синхронную работу механизмов. Передний и задний направляющие фонари центрируют расширитель по оси скважины.

Машинный способ проходки вертикальных выработок заключается в бурении выработки с помощью комбайнов отечественного или зарубежного производства (рис. 5). Для этого на верхнем горизонте сначала проходят камеру, в которой на бетонном основании монтируют комбайн, а затем в направлении сверху вниз бурят передовую (пилотную) скважину, которая имеет диаметр 200–350 мм, до ее выхода в нижнюю камеру или выработку. Затем на буровой став монтируют шарошечный расширитель и в направлении снизу вверх расширяют восстающую выработку на полное сечение [14, 15].

Результаты внедрения

Устройство для бесконтактной передачи электроэнергии от неподвижного объекта к подвижному прошло апробирование и показало

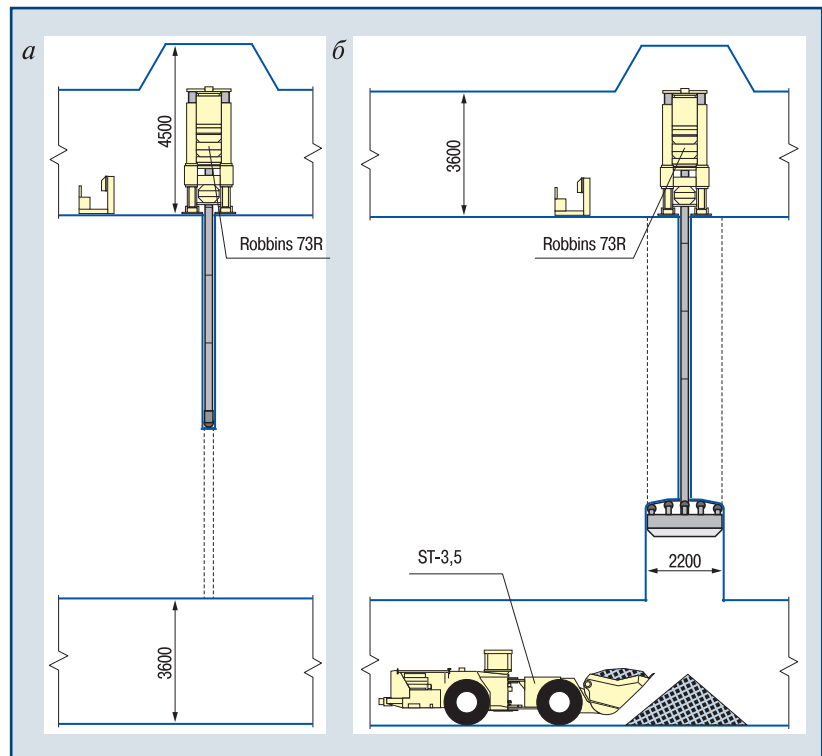


▲ Рис. 4. Технологическая схема проведения восстающих выработок способом секционного взрывания глубоких скважин:

a — бурение скважин буровым станком типа Simba H1352; *б* — зарядка скважин; *в* — погрузка горной массы погрузочно-доставочной машиной типа ST-3,5

▲ Fig. 4. Technological scheme of the rise workings excavation by the method of sectional blasting deep wells:

a — the holes drilling with the drilling machine of Simba H1352 type; *б* — charging wells; *в* — loading of the rock mass by load-haul-dump machine of ST-3.5 type



▲ Рис. 5. Технологическая схема проведения вертикальных выработок комбайном типа Robbins 73R:

a — бурение передовой скважины в направлении сверху вниз; *б* — расширение восстающего на полное сечение в направлении снизу вверх

▲ Fig. 5. Technological scheme of conducting vertical workings by Robbins 73R type machine:

a — drilling of an advanced well in the top – down direction; *б* — expansion of the rise one to the full cross-section from bottom to top

положительные результаты на шахтах «Новая» и «Новая-Глубокая» (г. Желтые Воды, Украина) при прохождении восстающих выработок с помощью проходческого комплекса КПВ-4А с использованием лифта шахтного типа ЛМШ-1 [16, 17]. Расширитель скважин РС-220 для проходки (в комплекте со станком НКР-100МПА) скважин нисходящего направления диаметром 220 мм в породах с коэффициентом крепости $f=8-14$, согласно шкале проф. М.М. Протодьяконова, уже находит применение на шахтах Украины, России, Республики Казахстан и других стран [18, 19].

Заключение

Проведен технологический аудит буровзрывной проходки вертикальных выработок с помощью проходческого комплекса КПВ-4А и комбайна типа Robbins 73R, установлена ее эффективность в цикле горнопроходческих работ.

Выполнены математическое моделирование и расчет параметров буровзрывных работ с использованием контурного взрывания зарядов взрывного вещества при буровзрывной проходке вертикальных горных выработок.

Рекомендован расширитель скважин типа РС-220 для проходки (в комплекте со станком НКР-100МПА) скважин нисходящего направления диаметром 220 мм в породах с коэффициентом крепости $f=8-14$ по шкале проф. М.М. Протодьяконова.

Предложено новое устройство для бесконтактной передачи электроэнергии от неподвижного объекта к подвижному, которое позволит улучшить условия эксплуатации проходческого комплекса КПВ-4А, лифта шахтного типа ЛМШ-1, задействованного для подъема и спуска людей, мелкого оборудования и материалов восстающих выработок, что достигается за счет наружного расположения кабелеперематывающего механизма и отсутствия сложных, например, планетарных механизмов. Оно также повысит эффективность и безопасность проходки вертикальных горных выработок в скальных массивах.

Список литературы

1. Ляшенко В.И., Франчук В.П., Кислый Б.П. Модернизация технико-технологического комплекса уранодобывающего производства// Горный журнал. — 2015. — № 1. — С. 26–32.
2. Khorolskyi A., Hrinov V., Kaliushenko O. Network models for searching for optimal economic and environmental strategies for field development// Procedia Environmental Science, Engineering and Management. — 2019. — Vol. 6. — № 3. — P. 463–471.
3. Rymarchuk B., Shepel O. Ways of increase of efficiency of drilling-and-blasting// E3S Web of Conferences. — 2020. — Vol. 166. — P. 1–6. DOI: 10.1051/e3sconf/202016603001
4. Stability of the overworked slightly metamorphosed massif around mine working/ I. Kovalevska, V. Samusia, D. Kolosov et al.// Mining of Mineral Deposits. — 2020. — Vol. 14. — № 2. — P. 43–52. DOI: 10.33271/mining14.02.043

5. Голинько В.И., Лутс И.О., Яворская Е.А. Исследование воздушного и пылевого баланса в наклонном стволе шахты № 9–10 Марганецкого горно-обогатительного комбината// Науковий вісник Національного гірничого університету. — 2012. — № 3. — P. 98–101.

6. Hrinov V., Khorolskyi A. Improving the process of coal extraction based on the parameter optimization of mining equipment// E3S Web of Conferences. — 2018. — Vol. 60. — P. 1–10. DOI: 10.1051/e3sconf/20186000017

7. Хоменко О.Е., Ляшенко В.И. Повышение горнотехнической безопасности проведения подземных выработок// Безопасность труда в промышленности. — 2019. — № 4. — С. 43–51. DOI: 10.24000/0409-2961-2019-4-43-51

8. Хоменко О.Е., Кононенко М.Н., Ляшенко В.И. Повышение безопасности горно-подготовительных работ на рудных шахтах// Безопасность труда в промышленности. — 2018. — № 5. — С. 53–59. DOI: 10.24000/0409-2961-2018-5-53-59

9. Reasons for breaking of chemical bonds of gas molecules during movement of explosion products in cracks formed in rock mass/ V. Sobolev, N. Bilan, R. Dychkovskiy et al.// International Journal of Mining Science and Technology. — 2020. — Vol. 30. — Iss. 2. — P. 265–269. DOI: 10.1016/j.ijmst.2020.01.002

10. Multivariance solutions for designing new levels of coal mines/ V. Lozynskiy, V. Medianyuk, P. Saik, K. Rysbekov// Rudarsko Geolosko Naftni Zbornik. — 2020. — Vol. 35. — № 2. — P. 23–31. DOI: 10.17794/rgn.2020.2.3

11. Selective mining of complex structured ore deposits by open stope systems/ M. Stupnik, V. Kolosov, S. Pysmennyi, K. Kostiantyn// E3S Web of Conferences. — 2019. — № 123. — P. 1–10. DOI: 10.1051/e3sconf/201912301007

12. Research into stress-strain state of the rock mass condition in the process of the operation of double-unit longwalls/ R. Dychkovskiy, I. Shavarskiy, P. Saik et al.// Mining of Mineral Deposits. — 2020. — Vol. 14. — Iss. 2. — P. 85–94. DOI: 10.33271/mining14.02.085

13. Predicting the producing well stability in the place of its curving at the underground coal seams gasification/ M. Petlovanyi, V. Lozynskiy, P. Saik, K. Sai// E3S Web of Conferences. — 2019. — № 123. — P. 1–15. DOI: 10.1051/e3sconf/201912301019

14. 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. — № 4. — P. 13–17.

15. 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.

16. 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

17. Кулікова Д.В., Павличенко А.В. Оцінка екологічного стану поверхневих водойм вугледобувного регіону за комплексом гідрохімічних показників// Науковий вісник Національного гірничого університету. — 2016. — № 4. — P. 62–70.

18. Повышение эффективности проходки подземных горных выработок с использованием шпуровых зарядов с кумулятивным эффектом/ Ф.Я. Умаров, Г.С. Нутфуллоев,

З.С. Назаров, Л.О. Шарипов// Горный вестник Узбекистана. — 2019. — № 1. — С. 82–85.

19. *Повышение эффективности проходки подземных горных выработок с использованием шпуровых зарядов с кумулятивным эффектом*/ Ф.Я. Умаров, У.Ф. Насиров, Г.С. Нутфуллоев и др.// Известия вузов. Горный журнал. — 2020. — № 3. — С. 15–23. DOI: 10.21440/0536-1028-2020-3-15-23

vilyashenko2017@gmail.com

Материал поступил в редакцию 9 июня 2020 г.

Доработанная версия — 13 января 2021 г.

«Bezopasnost Truda v Promyshlennosti»/ «Occupational Safety in Industry», 2021, № 2, pp. 41–48.
DOI: 10.24000/0409-2961-2021-2-41-48

Improvement of Safety for the Underground Vertical Workings

O.E. Khomenko, Dr. Sci. (Eng.), Prof.

M.N. Kononenko, Cand. Sci. (Eng.), Assoc. Prof.

National Technical University «Dneprovskaya Politehnika»,
Dnepr, Ukraine

V.I. Lyashenko, Cand. Sci. (Eng.), Senior Research Assistant,
vilyashenko2017@gmail.com

GP «UkrNIPPII promtehnologii», Zheltuye Vody, Ukraine

Abstract

The main scientific and practical calculations used to increase the efficiency of vertical mine workings based on studying the operation of tunneling complexes and road-heading machines, as well as by sectional blasting of the deep wells are presented in the article. This will ensure high-quality mine workings in accordance with the design and improve the operational safety throughout the entire service life. The methods are used related to the complex generalization, analysis and assessment of the practical experience and scientific achievements in the field of the underground geotechnology, theory and practice of explosive destruction of the solid media, mechanics of continuous media, mathematical statistics, as well as studies of the wave processes according to the standard and new methods developed by the leading experts from the leading mining countries of the world, including with the authors participation.

Technological audit of the vertical working drilling and blasting was conducted using KPV-4A tunneling complex and the tunneling machine Robbins 73R, as well as the efficiency of conducting them in the cycle of mining operations was established. Mathematical modeling and calculation of the parameters of drilling and blasting operations were carried out using the contour blasting of explosive charges when driving vertical mine workings. Rounding of RS-220 type for the hole boring was recommended (complete with machine tool NKR-100MPA) of the downward wells with a diameter of 220 mm in rocks with a coefficient of $f = 8-14$ according to the scale of M.M. Protodyakonov, which is already being used at the mines of Ukraine, Russia, the Republic of Kazakhstan, and other countries.

The new device for the contactless transmission of electricity from the stationary object to a mobile one was proposed, which will allow to improve the operating conditions of KPV-

4A tunneling complex, LMSH-1 mine type elevator used for lifting and lowering people, small equipment, and materials along the rise workings, which is achieved due to external location of the cable rewinding mechanism and the absence of complex, for example, planetary mechanisms. It will also improve the efficiency and safety of work for the vertical mine workings in the rock massifs.

Key words: vertical workings, drilling and blasting technique, tunneling complexes, tunneling machines, sectional blasting, work safety.

References

1. Lyashenko V.I., Franchuk V.P., Kislyy B.P. Modernization of the technical and technological complex of the uranium mining production. *Gornyy zhurnal = Mining Journal*. 2015. № 1. pp. 26–32. (In Russ.).
2. Khorolskyi A., Hrinov V., Kaliushenko O. Network models for searching for optimal economic and environmental strategies for field development. *Procedia Environmental Science, Engineering and Management*. 2019. Vol. 6. № 3. pp. 463–471.
3. Rymarchuk B., Shepel O. Ways of increase of efficiency of drilling-and-blasting. *E3S Web of Conferences*. 2020. Vol. 166. pp. 1–6. DOI: 10.1051/e3sconf/202016603001
4. Kovalevska I., Samusia V., Kolosov D., Snihur V., Pysmenkova T. Stability of the overworked slightly metamorphosed massif around mine working. *Mining of Mineral Deposits*. 2020. Vol. 14. № 2. pp. 43–52. DOI: 10.33271/mining14.02.043
5. Golinko V.I., Luts I.O., Yavorskaya Ye.A. Reserch of air and dust balance in inclined shaft of the mine № 9–10 at Manganese dressing plant. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu = Scientific Bulletin of the National Mining University*. 2012. № 3. pp. 98–101. (In Russ.).
6. Hrinov V., Khorolskyi A. Improving the process of coal extraction based on the parameter optimization of mining equipment. *E3S Web of Conferences*. 2018. Vol. 60. pp. 1–10. DOI: 10.1051/e3sconf/20186000017
7. Khomenko O.E., Lyashenko V.I. Improvement of the Mine Technical Safety for the Underground Workings. *Bezopasnost Truda v Promyshlennosti = Occupational Safety in Industry*. 2019. № 4. pp. 43–51. (In Russ.). DOI: 10.24000/0409-2961-2019-4-43-51
8. Khomenko O.E., Kononenko M.N., Lyashenko V.I. Safety Improving of Mine Preparation Works at the Ore Mines. *Bezopasnost Truda v Promyshlennosti = Occupational Safety in Industry*. 2018. № 5. pp. 53–59. (In Russ.). DOI: 10.24000/0409-2961-2018-5-53-59
9. Sobolev V., Bilan N., Dychkovskiy R., Cabana E.C., Smolinski A. Reasons for breaking of chemical bonds of gas molecules during movement of explosion products in cracks formed in rock mass. *International Journal of Mining Science and Technology*. 2020. Vol. 30. Iss. 2. pp. 265–269. DOI: 10.1016/j.ijmst.2020.01.002
10. Lozynskiy V., Medyanik V., Saik P., Rysbekov K. Multivariate solutions for designing new levels of coal mines. *Rudarsko Geolosko Naftni Zbornik*. 2020. Vol. 35. № 2. pp. 23–31. DOI: 10.17794/rgn.2020.2.3
11. Stupnik M., Kolosov V., Pysmennyi S., Kostiantyn K. Selective mining of complex structured ore deposits by open stope systems.

E3S Web of Conferences. 2019. № 123. pp. 1–10. DOI: 10.1051/e3sconf/201912301007

12. Dychkovskiy R., Shavarskiy I., Saik P., Lozynskiy V., Falshtynskiy V., Cabana E. Research into stress-strain state of the rock mass condition in the process of the operation of double-unit longwalls. *Mining of Mineral Deposits*. 2020. Vol. 14. Iss. 2. pp. 85–94. DOI: 10.33271/mining14.02.085

13. Petlovanyi M., Lozynskiy V., Saik P., Sai K. Predicting the producing well stability in the place of its curving at the underground coal seams gasification. *E3S Web of Conferences*. 2019. № 123. pp. 1–15. DOI: 10.1051/e3sconf/201912301019

14. 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. № 4. pp. 13–17.

15. Rakishev B.R., Rakisheva Z.B., Auezova A.M. Velocities and time of expansion of a cylindrical explosive cavity in a rock mass. *Vzryvnoe delo = Blasting work*. 2014. № 111/68. pp. 3–17. (In Russ.).

16. Lyashenko V.I., Khomenko O.E. Enhancement of confined blasting of ore. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten = Mining Informational and Analytical Bulletin*. 2019. № 11. pp. 59–72. (In Russ.). DOI: 10.25018/0236-1493-2019-11-0-59-72

17. Kulikova D.V., Pavlychenko A.V. Estimation of ecological state of surface water bodies in coal mining region as based on the complex of hydrochemical indicators. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu = Scientific Bulletin of National Mining University*. 2016. № 4. pp. 62–70. (In Ukr.).

18. Umarov F.Ya., Nutfulloev G.S., Nazarov Z.S., Sharipov L.O. Improving the efficiency of tunneling underground mine workings with the use of blasthole charges with Munroe effect. *Gornyy vestnik Uzbekistana = Mining Bulletin of Uzbekistan*. 2019. № 1. pp. 82–85. (In Russ.).

19. Umarov F.Ya., Nasirov U.F., Nutfulloev G.S., Nazarov Z.S., Sharipov L.O. Improving the efficiency of tunneling underground mine workings with the use of blasthole charges with Munroe effect. *Izvestiya vuzov. Gornyy zhurnal = News of the Higher Institutions. Mining Journal*. 2020. № 3. pp. 15–23. (In Russ.). DOI: 10.21440/0536-1028-2020-3-15-23

Received June 9, 2020

In final form — January 13, 2021

По страницам научно-технических журналов // февраль 2021 г.

Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов (специализированный научный журнал)

Разработка математической модели определения оптимального шага измерений при проведении съемки глубины заложения подземного трубопровода с поверхности грунта / Р.В. Агиней, Р.Р. Исламов, А.А. Фирстов и др. — 2020. — Т. 10. — № 4. — С. 364–371.

Проведены исследования по совершенствованию методики определения изгибных напряжений с учетом конструктивных особенностей трубопровода и используемого трассопоискового оборудования. Предложены математические модели, позволяющие по заданному значению максимальной погрешности при определении изгибных напряжений для конкретного трубопровода подобрать оптимальный шаг измерений перед проведением съемки, что позволит нивелировать возникающую погрешность. Приведены пояснения по выбору максимального шага исследования, исходя из прочностных характеристик трубопровода. Представлен расчет, подтверждающий адекватность разработанных математических моделей и возможность их применения на практике.

Определение и прогнозирование напряженно-деформированного состояния трубопровода с учетом грунтовых изменений в процессе эксплуатации / А.К. Гумеров, Р.М. Каримов, Р.М. Аскарлов и др. — 2020. — Т. 10. — № 4. — С. 372–378.

Проведены исследования по разработке математического аппарата и методики расчета напряженно-деформированного состояния участка трубопровода,

проложенного в сложных инженерно-геологических условиях, с учетом всех плано-высотных изменений и воздействий в различные моменты эксплуатации, а также в ходе ремонта и по его окончании. В качестве примера приводится решение задачи о напряженно-деформированном участке трубопровода с использованием разработанного математического аппарата. В процессе расчета определяются места, где нижняя образующая трубы не касается грунта, и места, где реакция опоры становится выше заданного предела. Проведен сравнительный анализ, выбран оптимальный метод ремонта участка.

Ремонт наплавкой при дефектах металла трубы и сварных соединений / Н.Г. Гончаров, А.А. Юшин, О.И. Колесников и др. — 2020. — Т. 10. — № 4. — С. 379–385.

Проведены исследования по разработке технологии эффективного и безопасного ремонта наплавкой при дефектах в виде локальных коррозионных поражений металла трубы и дефектах сварных соединений типов «неполное заполнение кромки», «подрез», «поры», «кратеры», «шлаковые включения». Решены следующие задачи: исследование термических циклов при сварочной наплавке, исследование режимов сварочной наплавки, разработка технологии многопроходного ремонта, определение допустимых параметров дефектов, выявление оптимальных методов контроля качества отремонтированных локальных зон. Проведены испытания натуральных образцов труб и кольцевых стыков труб с имитацией поверхностных дефектов после ремонта наплавкой. Показано, что данная технология может использоваться при проведении работ как на остановленном, так и на действующем трубопроводе.